



Grey Scale #13



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



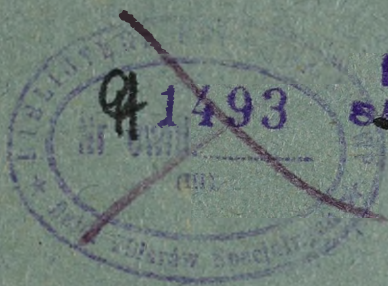
LEGUT

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA TAKTYKI LOTNICTWA

JAWNE

ASG WP wewn. 3740/83

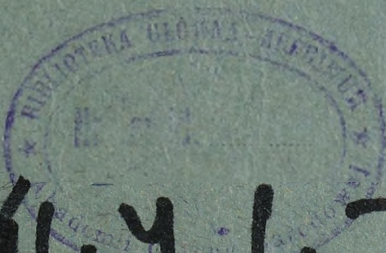


~~Do użytku służbowego~~

Egz. nr 1

Pplk dr nawig. Jerzy LEGUT

KRYTERIA I WSKAŹNIKI
SKUTECZNOŚCI ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO
ORAZ
ICH ZASTOSOWANIE W OCENIE PLANOWANYCH
ZADAŃ TAKTYCZNYCH



47471

WARSZAWA

1983



Colour Chart #13



LEGUT

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA TAKTYKI LOTNICTWA

JAWNE

ASG WP wewn. 3740/83



~~Do użytku służbowego~~

Egz. nr.....

1

Pplk dr nawig. Jerzy LEGUT

KRYTERIA I WSKAŹNIKI SKUTECZNOŚCI ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO ORAZ ICH ZASTOSOWANIE W OCENIE PLANOWANYCH ZADAŃ TAKTYCZNYCH



47471

WARSZAWA

1983

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK
KATEDRA TYKTYKI LOTNICTWA

JAWNE

PRZEKLASYFIKOWANO

ASG WP wewn. 3740/83

Protokół Nr 54305

PRZEKLASYFIKOWANO
Protokół Nr 12657



Ppłk dr nawig. Jerzy LEGUT

KRYTERIA I WSKAŹNIKI
SKUTECZNOŚCI ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO
ORAZ
ICH ZASTOSOWANIE W OCENIE PLANOWANYCH
ZADAŃ TAKTYCZNYCH



SPIS TREŚCI

	Strona
WSTĘP	3
1. KRYTERIA OCENY SKUTECZNOŚCI /EFEKTYWNOŚCI/ ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO	3
2. WSKAŹNIKI SKUTECZNOŚCI /EFEKTYWNOŚCI/ ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO.	6
2.1. Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania	6
2.2. Prawdopodobieństwo pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela	9
2.3. Prawdopodobieństwo wykrycia	10
2.4. Prawdopodobieństwo wykonania zadania	25
2.5. Oczekiwana część rozpoznanej powierzchni	27
2.6. Oczekiwana /średnia/ liczba elementów prostych wykrytych w obiekcie złożonym	34
2.7. Oczekiwana /potrzebna/ do wykonania zadania liczba samolotów.	40
2.8. Oczekiwane straty własne	44
2.9. Oczekiwana /potrzebna/ liczba lotów rozpoznawczych	46
3. SPRECYZOWANIE FUNKCJI KRYTERIUM ROZPOZNANIA OBIEKTÓW I SPOSOBU WYBORU WSKAŹNIKÓW SKUTECZNOŚCI ZADAŃ TAKTYCZNYCH	47
3.1. Opis ilościowy funkcji kryterium rozpoznania obiektów	50
3.2. Opis jakościowy funkcji kryterium rozpoznania obiektów	52
4. PRZYKŁAD OCENY SKUTECZNOŚCI PLANOWANYCH ZADAŃ ROZPOZNAWCZYCH ..	53
ZAKOŃCZENIE	68
BIBLIOGRAFIA	69
ZAŁĄCZNIKI:	
1. Prawdopodobieństwo przenikania pary samolotów przez strefy naziemnych środków OPL nieprzyjaciela	71
2. Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy naziemnych środków OPL nieprzyjaciela	72
3. Wykresy służące do określania współczynnika przezroczystości i rzeczywistej widzialności obiektów rozpoznania w różnych warunkach stanu atmosfery	73

W S T Ę P

Kryteriami oceny skuteczności bojowej nazywane są mierniki pozwalające na stwierdzenie, czy osiągnięty rezultat lub powzięte decyzje są właściwe. W ocenie konkretnych zadań taktycznych wykorzystywane są one w postaci wskaźników /prawdopodobieństwa zdarzeń, wartości oczekiwanych/. Przy ich ustalaniu każdorazowo powinny być brane pod uwagę czynniki mające wpływ na skuteczność działań bojowych.

Posiadanie jednolitej i obiektywnej miary skuteczności działań bojowych wymaga kontynuowania przeprowadzonych do tej pory studiów i badań.

Niniejszy materiał opracowany został na podstawie wyników badań dotyczących tematu "Ocena skuteczności wzrokowego rozpoznania powietrznego". Składa się z czterech części. W pierwszej części scharakteryzowano podstawy wyboru kryteriów oceny skuteczności planowanych /wykonywanych/ zadań rozpoznawczych. Część druga zawiera opis wskaźników skuteczności i sposób wyznaczania ich wartości liczbowych w zależności od charakteru zadania taktycznego. W części trzeciej przedstawiono ogólne zasady wyboru wskaźników oceny skuteczności oraz scharakteryzowano sposób wyboru zakładanego wskaźnika skuteczności zadań rozpoznawczych. W części czwartej zamieszczono opis praktycznego zastosowania kryteriów i wskaźników w ocenie skuteczności planowanych zadań rozpoznawczych.

Opracowanie to może być pomocne przy wykonywaniu materiałów naukowych, dotyczących problematyki skuteczności działań. Może też być wykorzystywane jako materiał pomocniczy w procesie dydaktycznym w ASG WP, a także w szkoleniu wojsk.

1. KRYTERIA OCENY SKUTECZNOŚCI /EFEKTYWNOŚCI/ ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO

Skuteczność dowolnego działania oceniana jest zawsze na podstawie stopnia osiągnięcia celu działania oraz poniesionych kosztów. Można w związku z tym uznać, że skuteczność rozpoznania powietrznego będzie tym większa, im wyższy osiągnię się stopień realizacji zadania rozpoznawczego i im mniejszy będzie wydatek posiadanych sił. Nie upoważnia to jednak do twierdzenia, że optymalizacja rozpoznania powietrznego polega na zdobywaniu maksymalnej ilości informacji minimalnymi siłami, gdyż działanie takie w ostatecznym rozrachunku prowadzi do sprzeczności. Nie można bowiem osiągnąć czegoś najwięcej wydając przy tym najmniej, ponieważ z reguły zwiększonym zadaniom towarzyszyć musi wzrost nakładów.

Planując zadania bojowe dla jednostek lotnictwa rozpoznawczego, w każdym wypadku dążymy do ekonomicznego użycia sił /obniżenia kosztów/ lub takiego wykorzystania posiadanych sił, aby uzyskane rezultaty osiągnęły w danych warunkach maksymalną wartość.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenie, uznać należy, że skuteczność rozpoznania powietrznego można oceniać według dwóch podstawowych kryteriów:

- a/ stopnia wykonania zadania bojowego:
- b/ wydatku sił na wykonanie zadania bojowego.

Tak sprecyzowane kryteria oceny skuteczności rozpoznania powietrznego pozwalają rozwiązać każde zadanie według następującego schematu: optymalizując jedną wartość zadania rozpoznawczego, np. stopień wykonania zadania bojowego, czynimy to dla stałej liczby sił wydzielonych do jego wykonania lub mając ustalony stopień wykonania zadania dążymy do osiągnięcia go minimalnymi siłami.

Pierwsze kryterium - stopień wykonania zadania bojowego - określa poziom /granice/, który w trakcie realizacji zadania należy osiągnąć. Oceniając skuteczność wykonania zadania według tego kryterium, porównujemy osiągnięty rezultat z założonym /zaplanowanym/. Jeżeli ustalony stopień wykonania zadania bojowego został w rzeczywistości osiągnięty lub przekroczony, oceniane zadanie uważamy za efektywnie wykonane. W wypadku odwrotnym, gdy działalność w ramach postawionego zadania nie pozwoliła na osiągnięcie pożądanego /zaplanowanego/ rezultatu, zadanie takie możemy zaliczyć do zadań nieefektywnie zrealizowanych /częściowo wykonanych, nie wykonanych/.

Podstawowymi wskaźnikami skuteczności rozpoznania powietrznego ocenianego według stopnia wykonania zadania bojowego są:

- prawdopodobieństwo wykonania zadania bojowego;
- oczekiwana /średnia/ część rozpoznanej powierzchni;
- oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów /parametrów/ obiektu.

Im większe wartości posiadają te wskaźniki, tym większa jest skuteczność rozpoznania powietrznego.

Drugie kryterium - wydatek sił i środków na realizację zadania bojowego - umożliwia ocenę skuteczności wykonania zadań rozpoznawczych według ponoszonych kosztów. Pozwala ono przede wszystkim dowódcy ocenić możliwości bojowe podległych sił, a tym samym określić prognostyczny rezultat w wypadku ich użycia. Porównując ilość sił posiadaną lub wydzieloną do wykonania zadania bojowego z ilością obliczoną określić można przewidywany stopień wykonania zadania bojowego /oczekiwany re-

zultat/. Jeżeli wydzielona ilość sił jest większa od obliczonej, można uznać z dużym prawdopodobieństwem, iż zadanie zostanie wykonane w pełni, a więc skutecznie. Jeśli natomiast wydzielona /posiadana/ ilość sił jest mniejsza od obliczonej, oczekiwany rezultat ich działania będzie z zasady mniejszy od pożądanego; zadanie zostanie w takim wypadku wykonane częściowo, a więc nieskutecznie.

Do głównych wskaźników skuteczności rozpoznania powietrznego ocenianego według wydatku sił i środków zaliczyć możemy:

- oczekiwaną /potrzebną/ do wykonania zadania liczbę samolotów,
- oczekiwane straty własne;
- oczekiwaną /potrzebną/ liczbę lotów rozpoznawczych.

Im mniejsze wartości liczbowe posiadają te wskaźniki, tym większe będą koszty działania /mniejsza efektywność/.

Przedstawione kryteria oceny skuteczności rozpoznania powietrznego mogą być wykorzystywane razem i oddzielnie. Zależy to od przedmiotu oceny i jej zakresu. Z doświadczeń wynika, że w procesie planowania działań bojowych lotnictwa rozpoznawczego dowódcy i sztaby w większości wypadków rozwiązują dwa zadania:

- określają ilość sił potrzebną do wykonania postawionego zadania bojowego;
- określają możliwości bojowe podległych sił.

W takich sytuacjach w celu oceny skuteczności planowanych zadań rozpoznawczych zastosowanie mają obydwa kryteria. Jeżeli znane są możliwości bojowe podległych sił, skuteczność rozpoznania powietrznego jest oceniana według drugiego kryterium.

Przytoczone kryteria oceny skuteczności rozpoznania powietrznego nie są jedynymi. Można na przykład przyjąć kryteria oceny poszczególnych operacji /procesów/ lub elementów, a nie ogólne dla całego systemu. Z analizy systemu rozpoznania powietrznego oraz jego możliwości wynika, że przyjmując kryteria oceny np. cząstkowe, umożliwiające ocenę jednego z elementów badanego systemu, można doprowadzić do przecenienia lub niedoceny któregoś z elementów w rozważanym systemie. W efekcie końcowym osiągnięte wyniki mogłyby doprowadzić do mylnych wniosków, a tym samym niespełnienia warunku wynikającego z założeń, to jest skutecznego użycia sił lotnictwa rozpoznawczego.

Dowódca i sztab oceniający skuteczność i efektywność planowanych i realizowanych zadań rozpoznania powietrznego powinni wybierać takie wskaźniki, które w pełni odzwierciedlają skuteczność tych zadań. Będzie to możliwe w wypadku, gdy wybrane kryterium oraz zastosowane wskaźniki w pełni będą uwzględniały te czynniki, które w ocenianych zadaniach mają decydujący wpływ na ich skuteczne i efektywne wykonanie.

2. WSKAŹNIKI SKUTECZNOŚCI /EFEKTYWNOŚCI/ ROZPOZNANIA POWIETRZNEGO

W literaturze problemu wskaźnikami skuteczności/efektywności/ bojowej nazywane są mierniki liczbowe, charakteryzujące skuteczność działań bojowych. Ich wybór podporządkowany jest zazwyczaj przyjętym kryteriom oceny rozpoznania powietrznego. Założenie to odpowiada powszechnej zasadzie wyboru wskaźników, która mówi, że powinny wynikać z przyjętej do oceny miary i w pełni odzwierciedlać badane procesy /parametry/.

Do głównych wskaźników skuteczności rozpoznania powietrznego zalicza się:

- prawdopodobieństwo wykonania zadania;
- prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania;
- prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela;
- prawdopodobieństwo wykrycia /rozpoznania/;
- oczekiwaną część rozpoznanej powierzchni;
- oczekiwaną liczbę elementów prostych wykrytych w obiekcie złożonym;
- oczekiwaną /potrzebną/ do wykonania zadania liczbę samolotów;
- oczekiwane straty własne;
- oczekiwaną /potrzebną/ liczbę lotów rozpoznawczych.

Wskaźniki te umożliwiają ocenę lotu rozpoznawczego w całości lub jego etapów od startu do momentu przekazania danych rozpoznawczych z powietrza /drogą radiową/ lub w meldunku bezpośrednio po lądowaniu samolotu. Nie zapewniają oceny skuteczności procesu interpretacji zdobytych danych i ich obiegu.

2.1. Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy środka rozpoznania

a/ Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy samolotu

Przedmiotem oceny jest samolot startujący do lotu, a więc technicznie sprawny. Zastrzeżenie to wynika z przyjętego ograniczenia; dotyczy ono zakresu rozpatrywanej problematyki, to znaczy tylko lotu rozpoznawczego. Natomiast sprawność techniczna samolotu przed startem /podczas przygotowania go do lotu/ jest uwzględniana podczas oceny możliwości bojowych przyjętych do rozważań struktur organizacyjnych /np. eskadr, pułków itp./.

Niezawodnością samolotu /systemu/ nazywane jest prawdopodobieństwo tego, że dany samolot /system/ w danych warunkach lotu będzie "pracował" bezawaryjnie w ciągu czasu "t". Prawdopodobieństwo to oznaczane jest przez P_{ts} .

Niezawodność urządzenia zależy od sposobu połączenia jego elementów w system i stopnia sprawności każdego elementu, niezbędnego w pracy systemu jako całości. W samolotach, stanowiących systemy o wysokim stopniu niezawodności, sprawność oddzielnych elementów podwyższa się drogą ich dublowania /rezerwowania/. Jak z powyższego wynika, chcąc określić niezawodność samolotu w ciągu czasu "t", należy określić niezawodność poszczególnych jego elementów, których uszkodzenia są zdarzeniami od siebie niezależnymi. Występują z różnymi prawdopodobieństwami.

Zatem ogólną niezawodność samolotu możemy opisać wzorem:

$$p = 1 - /1 - p_1/ /1 - p_2/ /1 - p_3/ \dots /1 - p_n/$$

lub krócej

$$p = 1 - \prod_{i=1}^n /1 - p_i/$$

gdzie: p_i - prawdopodobieństwo niezawodności i - tego urządzenia.

Przytoczona prawidłowość, mimo swej prostoty, nie pozwala w warunkach jednostki na określenie prawdopodobieństwa niezawodności samolotu. Instytucją, która to wykonuje, jest zakład konstrukcyjny. Badania przeprowadza się w oparciu o założone wskaźniki niezawodności i zbierane przez użytkowników sprzętu statystyczne dane dotyczące ilości i rodzajów niesprawności w czasie eksploatacji.

Do podstawowych wskaźników niezawodności samolotu, zaliczanego do grupy sprzętu nienaprawialnego w czasie użytkowania /w locie/, zaliczane są:

- prawdopodobieństwo poprawnego działania /niezawodnego/ $P /t/$;
- prawdopodobieństwo wystąpienia niesprawności $Q /t/$;
- intensywność wystąpienia uszkodzeń $\lambda /t/$, które można określić z następujących zależności:

$$P_{ts} = P /t/ = \frac{n_s - n/t/}{n_s}$$

$$Q/t/ = 1 - P/t/;$$

$$\lambda /t/ = \frac{n/t/}{n_s \Delta t};$$

gdzie: n_s - liczba samolotów w eksploatacji /wyprodukowanych/;
 t - przedział czasowy, dla którego wykonywane są obliczenia;
 $n/t/$ - liczba uszkodzeń, które wystąpiły w czasie Δt .

Ogólnie dla samolotów założone prawdopodobieństwo poprawnej /niezawodnej/ pracy nie może być niższe od 0,98 w ciągu jednego lotu trwającego 4 godziny. Przytoczona wartość jest ogólna i dotyczy wszystkich samolotów. W wypadku rozważań szczegółowych, dotyczących konkretnych konstrukcji, wskaźnik ten przyjmuje inne wartości. Na przykład według wymagań angielskich, dla samolotu transportowego $P/t/ \geq 0,95$ przy locie o czasie trwania $t = 4h$, dla samolotu myśliwskiego $P/t/ \geq 0,93$ przy locie o czasie trwania $t = 1h$.

W rozwiązywanych zadaniach taktycznych uwzględnia się jeden wskaźnik $P/t/ = 0,98$.

b/ Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy pilota

W rozpatrywanym systemie elementem składowym środka rozpoznania jest pilot /załoga/. Do oceny niezawodności tego elementu wykorzystywane są najczęściej te same wskaźniki, które przedstawiono w poprzednich wywodach. Są to: $P/t/$, $Q/t/$, $\lambda /t/$. Wzajemne ich związki pozwalają przy znajomości dwóch z nich na określenie wartości trzeciego.

Mimo przyjętego uproszczenia, wykonanie tego zadania nie jest sprawą prostą. Wynika to ze zbyt małej pewności, w którym z elementów układu "pilot-samolot" wystąpiło uszkodzenie nie pozwalające na wykonanie zadania bojowego. Brak pełnych i wiarygodnych danych spowodowany jest następującymi przyczynami.

Po pierwsze, brak jest informacji, dotyczących rozkładu niesprawności pilota. Chodzi oczywiście o niesprawność w pełnym tego słowa znaczeniu. Omyłki popełniane np. przy odczytywaniu wskazań przyrządów nie mogą być określane mianem niesprawności, o ile tylko nie wykraczają poza pewien ustalony przedział. Niesprawnością pilota jest zatem w danym wypadku taki błąd, który zakłóca realizację założonego procesu /lotu/ lub funkcjonowanie całego układu /pilot-samolot/, a więc na przykład pełna utrata orientacji, wyłączenie silnika na małej wysokości lub użycie uzbrojenia bez określonego w zadaniu celu.

Po drugie, w spotykanych opisach eksperymentów z reguły nie ma wskazań dotyczących ogólnego czasu trwania doświadczenia. Uniemożliwia to weryfikację przydatności metod stosowanych w technice do oceny niezawodności pilota.

Uzyskane dane, aczkolwiek bardzo ograniczone, pozwalają przypuszczać, że w określonych warunkach /optymalne warunki środowiska, brak zakłóceń, dobry stan psychofizyczny pilota itp./ rozkład czasu między błędami pilota jest zbliżony do wykładniczego, wobec czego do oceny niezawodności pilota można wykorzystać w przybliżeniu wskaźnik intensywności popełnienia błędu $\lambda /t/$, podobnie jak w technice.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że czynnik ludzki jest przyczyną 60-90% wypadków lotniczych. Na przykład: przeprowadzona w 1950 roku analiza 700 wypadków w lotnictwie cywilnym Stanów Zjednoczonych ustaliła, że w 90% spowodowane były one błędami pilotów. Ponadto stwierdzono, że jedna katastrofa mająca miejsce w latach 1962-1977 "przypadała" średnio na 36 000 wylatanych godzin. Zatem godzinowy wskaźnik wystąpienia katastrofy spowodowanej przez człowieka /75% katastrof było spowodowanych przez człowieka/ wyniesie:

$$\lambda / t / = \frac{1 \cdot 75}{36000 \cdot 100} = 2,08 \cdot 10^{-5} \cdot h^{-1}$$

Przytoczone dane wskazują na stosunkowo dużą niezawodność człowieka. Należy jednak pamiętać, że dotyczą one w przeważającej części załóg wieloosobowych, a więc zespołów o dużym stopniu samokontroli, wykonujących swoje zadania w warunkach znacznie odbiegających od wojennych.

W zadaniach taktycznych przyjmuje się szacunkowy wskaźnik niezawodności pilota, o wartości 0,99.

2.2. Prawdopodobieństwo pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela

Wykonanie zadania rozpoznawczego niezależnie od sposobu jego realizacji uwarunkowane jest między innymi możliwością pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela. Operacje związane z realizacją przedsięwzięć mających na celu uniknięcie rażenia samolotu przez środki OPL i OP nieprzyjaciela wyrażane są wartościami prawdopodobieństw przeniknięcia przez strefy rażenia różnych środków osłony wojsk. Jak z powyższego wynika, koniecznością staje się określenie tych prawdopodobieństw w zależności od prawdopodobnych środków OPL i OP będących w uzbrojeniu wojsk oraz od przewidywanych warunków lotu rozpoznawczego.

Z analizy systemów OPL i OP nieprzyjaciela oraz sposobów ich użycia wynika, że rozpatrywanie ich oddzielnie może doprowadzić do mylnych wniosków. Przestrzeganie zasad ciągłości i wielowarstwowości stref ognia sprawia, że system OPL i OP nieprzyjaciela, niezależnie od rodzaju środków oraz ugrupowania i sposobu ich użycia, musi być w efekcie końcowym rozpatrywany kompleksowo na całej trasie lotu. Zatem w rozwiązywanych zadaniach taktycznych pod uwagę powinny być brane prawdopodobieństwa pokonania OPL i OP sumaryczne dla danych odcinków czy etapów lotu, z uwzględnieniem prawdopodobieństw elementarnych /jednostkowych/, wynikających ze specyfiki działania konkretnych środków OPL i OP nieprzyjaciela.

Prawdopodobieństwa pokonania OPL /OP/ będące - zgodnie z rachunkiem prawdopodobieństwa - iloczynem prawdopodobieństw przeniknięcia przez

strefy przeciwdziałania artylerii przeciwlotniczej i broni strzeleckiej, przeciwlotniczych rakiet kierowanych oraz lotnictwa myśliwskiego, możemy określić ze wzoru:

$$Q_{OPL/OP/} = Q_{art.plot} \cdot Q_{PRK} \cdot Q_{LM} \cdot$$

Danymi wyjściowymi, jak ze wzoru wynika, są przede wszystkim prawdopodobieństwa nierażenia samolotu przez wymienione środki, z uwzględnieniem czynników mających wpływ na skuteczność tych środków. Analiza tych czynników w odniesieniu do konkretnych środków OPL i OP będących w uzbrojeniu nieprzyjaciela oraz wartości liczbowe prawdopodobieństw przenikania - w zależności od wysokości i prędkości lotu - liczby samolotów w grupie, parametrów ugrupowania oraz głębokości przenikania zamieszczone są w podręczniku "Pokonanie obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela przez lotnictwo frontowe", wyd. Sztab Gen. WP, DWL 1978.

Wybrane dane niezbędne w obliczeniach prawdopodobieństwa wykonania zadania przez lotnictwo rozpoznawcze zestawiono w tabelach 1-2^{1/}.

Zamieszczone w tabelach dane pozwalają na rozwiązanie większości zadań taktycznych, głównie jednostkowych. W wypadku rozwiązywania zadań planistycznych o większym zakresie informacji wykorzystanie ich ze względu na różne warunki lotu i udział w nim samolotów staje się kłopotliwe. Dlatego też są wtedy wykorzystywane dwie wartości prawdopodobieństw pokonania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela, to jest 0,5 dla lotów na wysokościach średnich i 0,7 dla lotów na małych wysokościach.

2.3. Prawdopodobieństwo wykrycia

W procesie poszukiwania zdarzeniem elementarnym jest wykrycie obiektu w danym punkcie sektora obserwacji. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia uzależnione jest od przyjętego sposobu poszukiwania, który z kolei determinowany jest rodzajem środka obserwacji. Przyjmując jako kryterium podziału sposób działania /zbierania informacji o obiekcie/ w sektorze obserwacji, środki te można podzielić na:

- 1/ środki o działaniu ciągłym;
- 2/ środki o działaniu skokowym /impulsowym/.

Działanie ciągłe polega na tym, że informacje o obiekcie rozpoznania stwierdzające jego obecność lub umożliwiające identyfikację napływają do obserwatora w każdym, dowolnie małym przedziale czasu. Jako przykład można tu podać prowadzenie obserwacji w ściśle ustalonym sektorze

1/ W cytowanym wydawnictwie.

/kierunku/ bez przerwy w danym przedziale czasu /obserwacja przez pilota terenu z prawej lub lewej strony trasy lotu/.

Działanie skokowe występuje wówczas, gdy informacje o obiekcie w określonym sektorze obserwacji napływają do obserwatora z ustaloną lub zmienną częstotliwością przerw między kolejnymi przedziałami czasu działań ciągłych. Za przykład może tu służyć obserwacja przy użyciu stacji radiolokacyjnej w reżimie pracy obserwacji okrężnej. W tym wypadku częstotliwość przerw w czasie obserwacji określona jest liczbą obrotów anteny na jednostkę czasu względem ustalonego sektora obserwacji.

Istotnym czynnikiem, poza wymienionymi, jest określenie warunków, w jakich prowadzone jest wykrywanie, to znaczy udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy w czasie wykrywania warunki zewnętrzne będą stałe, czy też będą się zmieniać w sposób istotny.

Jak praktyka wykazuje, proces obserwacji i rozpoznania /fotografowania/ przebiega w stosunkowo krótkim czasie, nie przekraczającym jednorazowo kilkunastu minut. Zatem w obliczeniach można przyjąć stałość czynników mających wpływ na prawdopodobieństwo wykrycia.

W świetle przedstawionych założeń odpowiednie prawdopodobieństwa wykrycia obiektu wyniosą:

- w działaniu ciągłym prowadzonym w czasie t :

$$P/t/ = 1 - \exp /-p_t t/, \quad p_t = \text{const.},$$

gdzie: p_t - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu w danym punkcie w czasie $/t + \Delta t/$;

\exp - umowne oznaczenie funkcji wykładniczej, tj. $e = 2,718$ w odpowiedniej potędze argumentu $/-p_t t/$;

- w działaniu skokowym - w ciągu n skoków /impulsów; dla niewielkiej liczby $n/$:

$$P_w = 1 - /1 - p_1/ ^n, \quad p_1 = \text{const.}$$

gdzie: p_1 - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu w ciągu jednego skoku /impulsu/.

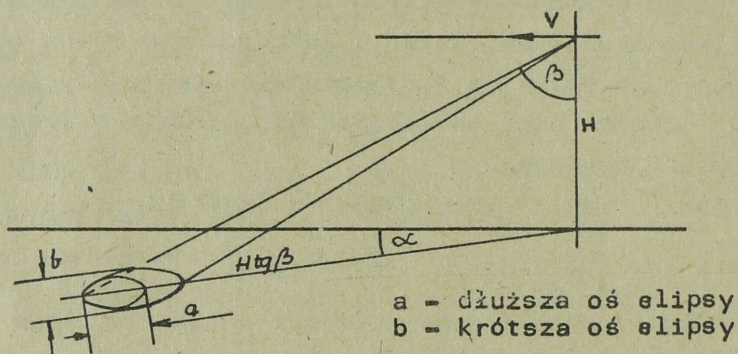
Przytoczone wzory, mimo poprawnej argumentacji, mogą być stosowane do określania prawdopodobieństwa wykrycia obiektów tylko w celach szacunkowych. Elementem, który nie pozwala na szersze ich stosowanie jest teren. Jego rzeźba i pokrycie /topografia/ stale się zmieniają w czasie lotu; powodują zmienność warunków obserwacji, a co za tym idzie zmienność argumentu $/-p_t t/$. Dotyczy to głównie prawdopodobieństwa wykrycia w działaniu ciągłym. Drugi wzór ma zastosowanie podczas obliczania sumarycznego prawdopodobieństwa wykrycia obiektu przez n środków.

Na prawdopodobieństwo wykrycia mają wpływ przede wszystkim takie czynniki, jak: jednostkowa płaszczyzna obserwacji, wielkość rejonu poszukiwania, czas niezbędny na rozpoznanie obiektu i ilość sił biorących udział w realizacji zadania. W takim wypadku prawdopodobieństwo wykrycia można obliczyć, wykorzystując następującą zależność:

$$P_w = 1 - \left(1 - \frac{n_s \cdot s \cdot t}{F} \right)^m$$

gdzie: n_s - liczba samolotów biorących udział w poszukiwaniu;
 t - czas poszukiwania w rejonie o powierzchni F ,
 F - powierzchnia rejonu poszukiwania;
 s - stosunek jednostkowej płaszczyzny obserwacji \acute{s} do czasu identyfikacji obiektu t_1 .

Jednostkową płaszczyznę obserwacji można obliczyć wychodząc z zależności przedstawionych na rys. 1 i ogólnego wzoru na powierzchnię elipsy.



Rys.1. Zależność jednostkowej płaszczyzny od warunków obserwacji

Zatem:

$$\acute{s} = \frac{\pi d_r}{12} / d_r - vt_1 \cos \alpha - H \operatorname{tg} \beta /;$$

gdzie: d_r - odległość rozpoznania obiektów;
 α - średni, dogodny kąt kursowy obiektu w czasie jego rozpoznania /w praktyce wynosi on około 30° /;
 β - średni kąt wizowania z kabiny samolotu /dla współczesnych samolotów przy locie na H około 300 m i dogodnej odległości rozpoznania obiektów pojedynczych /małych/ wynosi on około 65° /;
 t_1 - niezbędny czas identyfikacji obiektów.

Danymi wyjściowymi do obliczenia prawdopodobieństwa wykrycia według podanej zależności są: powierzchnia rejonu rozpoznania, ilość sił bio-

rących udział w jednoczesnym poszukiwaniu w nakazanym rejonie, wielokrotność przeszukiwania powierzchni rejonu rozpoznania, niezbędny czas identyfikacji obiektów, odległość rozpoznania obiektów oraz czas poszukiwania w rejonie rozpoznania.

Powierzchnia rejonu rozpoznania /F/ - w wypadku poszukiwania obiektów pojedynczych /małych/ wynosi średnio 40-60 km² i 100-120 km²; natomiast gdy obiekty pojedyncze /małe/ są elementami obiektów grupowych /złożonych/, np. bateria PR "Lance" lub "Parshing", liczy średnio 400-500 km².

Ilość sił biorących udział w jednoczesnym poszukiwaniu /n_s/ - obiekty małe poszukuje się najczęściej pojedynczymi załogami. W wypadku obiektów szczególnie ważnych oraz w celu skrócenia czasu rozpoznania poszukiwanie odbywa się najwyżej parą samolotów. Jeżeli jednak z zadania wynika konieczność przeszukania dużych obszarów, w których może jednocześnie przebywać więcej samolotów, rejon taki z zasady dzielony jest na kilka części. W takiej sytuacji jest to prowadzenie rozpoznania w oddzielnych rejonach /częściach dużego obszaru poszukiwania/ pojedynczymi samolotami lub ich parami.

Wielokrotność przeszukiwania powierzchni rejonu rozpoznania /m/. Z uwagi na OPL obiektów zadanie rozpoznawcze powinno być wykonane w pierwszym nalocie. Drugi nalot może mieć miejsce w wypadku słabszej OPL obiektu lub wykonania zadania ogniowego przez załogi rozpoznawcze.

Niezbędny czas identyfikacji obiektów /t_i/. Minimalny czas do identyfikacji wykrytego obiektu nie może być krótszy niż 4 s. Średni czas identyfikacji większości obiektów pola walki wynosi 6-8 s.

Odległość rozpoznania obiektów /d_r/ jest odległością, z której załoga samolotu ma możliwość stwierdzenia charakterystycznych dla danego obiektu szczegółów /cech/, zapewniających wyróżnienie go z otoczenia. Dla podstawowych grup obiektów wielkości te zestawione są w tabeli 1.

Czas poszukiwania w rejonie rozpoznania /t/. Jest czynnikiem określającym czas przebywania załogi nad rejonem rozpoznania oraz możliwą do przegłędnięcia część rejonu poszukiwania. Wielkością wyjściową do określenia czasu poszukiwania jest szerokość pasa skutecznego poszukiwania. Można ją obliczyć z zależności przedstawionych na rysunku 2.

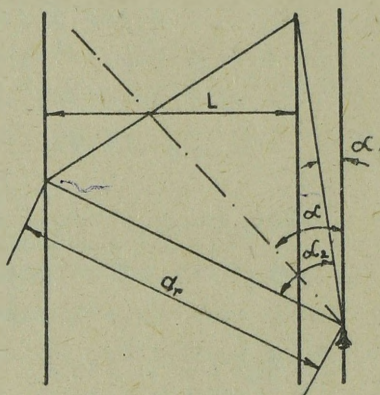
W obliczeniach prognostycznych przyjmuje się średni sektor obserwacji wynoszący 40° /średni sektor obserwacji oczu/ oraz średni kąt kursowy obiektów α równy 30°.

$$\text{Zatem: } L = d_r \sin \alpha_2$$

lub

$$L = 0,64 d_r$$

gdzie: $\alpha_2 = 40^\circ$.



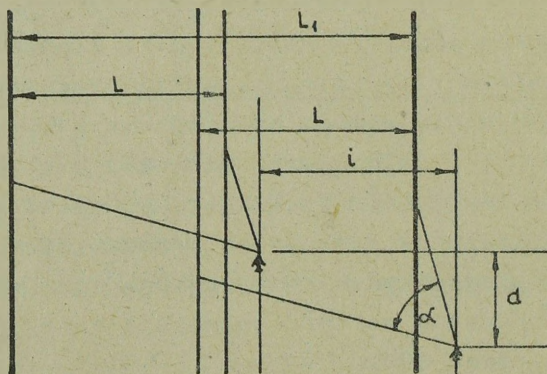
Rys.2. Szerokość pasa skutecznego poszukiwania przez załogę jednoosobową

Obliczone dla przytoczonych odległości rozpoznania wartości "L" zestawione są w tabeli 2.

W tej sytuacji poszukiwaną wartość "t" obliczyć można ze wzoru:

$$t = \frac{F}{0,9LV}$$

Podczas poszukiwania obiektów naziemnych przez grupę samolotów składającą się z pary samolotów jednomiejscowych, przy zachowaniu warunków, że prowadzący znajduje się w sektorze obserwacji prowadzonego, a ogólny pas poszukiwania zapewnia przeglądnięcie dużego obszaru terenu, czas poszukiwania w nakazanym rejonie można określić z następujących zależności:



Rys.3. Szerokość skutecznego poszukiwania przez parę samolotów jednomiejscowych / $i = 0,9L$ - odstęp między samolotami, $d = i \operatorname{ctg} \alpha$ - odległość między samolotami/

Tabela 1

Średnie odległości rozpoznania obiektów lądowych /widzialność dobra/

Lp.	Rodzaj obiektu	Odległość rozpoznania z H lotu w metrach								
		100	200	300	400	500	600	700	800	900
1.	Operacyjne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym	1400	1700	2000	2300	2600	2800	3000	3100	3200
2.	Punkty dowodzenia	1000	1400	1800	2100	2200	2300	2300	2300	2200
3.	Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie zakrytym /okopane/	1400	1600	1700	1800	1800	1800	1800	1800	1700
4.	Działa, czołgi, samochody, stacje radiolokacyjne w terenie odkrytym	1500	2100	2600	2800	3000	3100	3100	3100	3000
5.	Taktyczne pociski rakietowe na SS w terenie zakrytym	1000	1400	1800	2100	2200	2300	2300	2300	2200
6.	Przeciwlotnicze rakietki kierowane średniego i dużego zasięgu na SS	1400	1700	2000	2200	2300	2400	2400	2400	2300
7.	Samoloty na lotniskach /odkryte/	3000	3600	4100	4600	4800	5100	5200	5300	5300

Tabela 2

Szerokości pasów skutecznego poszukiwania w jednym nalocie

d_r /m/	L /m/	d_r /m/	L /m/
1000	642	2500	1606
1300	835	2600	1671
1400	899	2700	1735
1500	964	2800	1799
1600	1028	3000	1928
1700	1092	3100	1992
1800	1157	3200	2056
1900	1221	3600	2314
2000	1285	4100	2635
2100	1349	4600	2956
2200	1414	4800	3085
2300	1478	5100	3278
2400	1542	5200	3342

$$L_1 = 0,9 \cdot 2L = 1,8L,$$

$$t = \frac{F}{1,8LV}$$

gdzie: F - powierzchnia rejonu poszukiwania;

L - szerokość pasa skutecznego poszukiwania w jednym nalocie;
0,9- współczynnik uwzględniający 10% pokrycia sąsiednich pasów poszukiwania;

V - prędkość lotu.

Obliczone czasy poszukiwania według podanych wzorów zestawione są w tabeli 3.

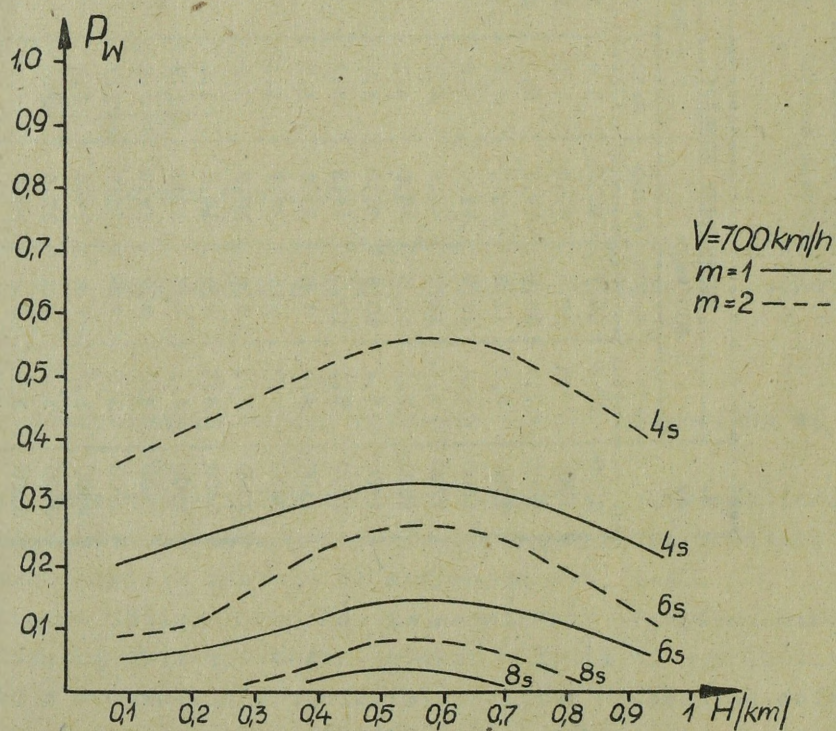
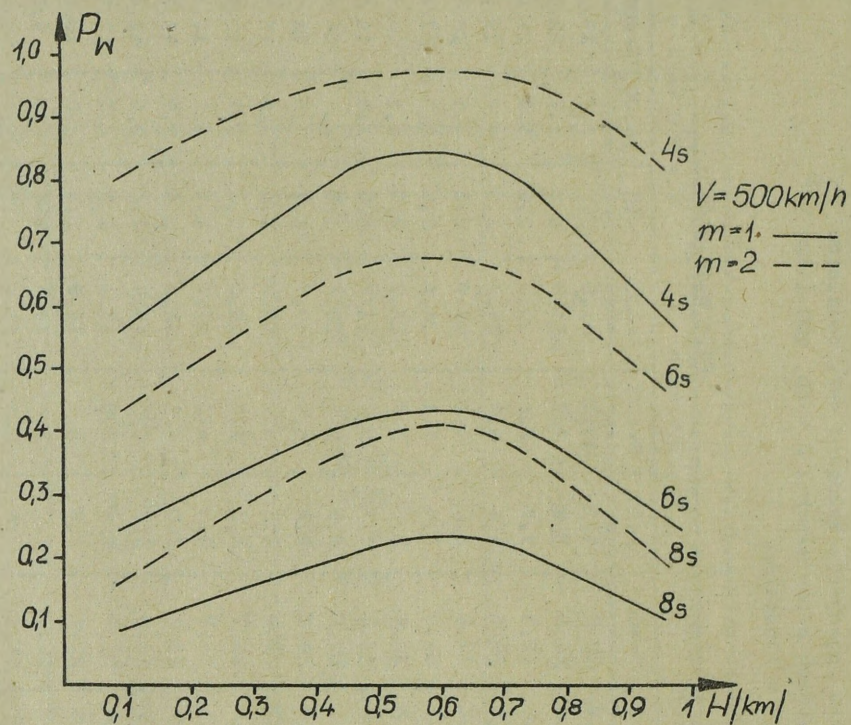
Wykorzystując przedstawione zależności oraz dane wyjściowe obliczono wartości prawdopodobieństw wykrycia typowych obiektów pola walki. Wyniki obliczeń przedstawione zostały na wykresach rys. 4-10.

Z analizy rezultatów obliczeń wynika, że największe prawdopodobieństwo wykrycia większości obiektów można uzyskać w locie na wysokościach w granicach 300-500 m w wypadku, gdy widzialność jest większa od odległości wykrycia. Istotny wpływ na wielkość prawdopodobieństwa ma prędkość lotu. Z analizy otrzymanych danych wynika, że wzrost prędkości o około 200 km/h powoduje zmniejszenie prawdopodobieństwa wykrycia o około 1/3.

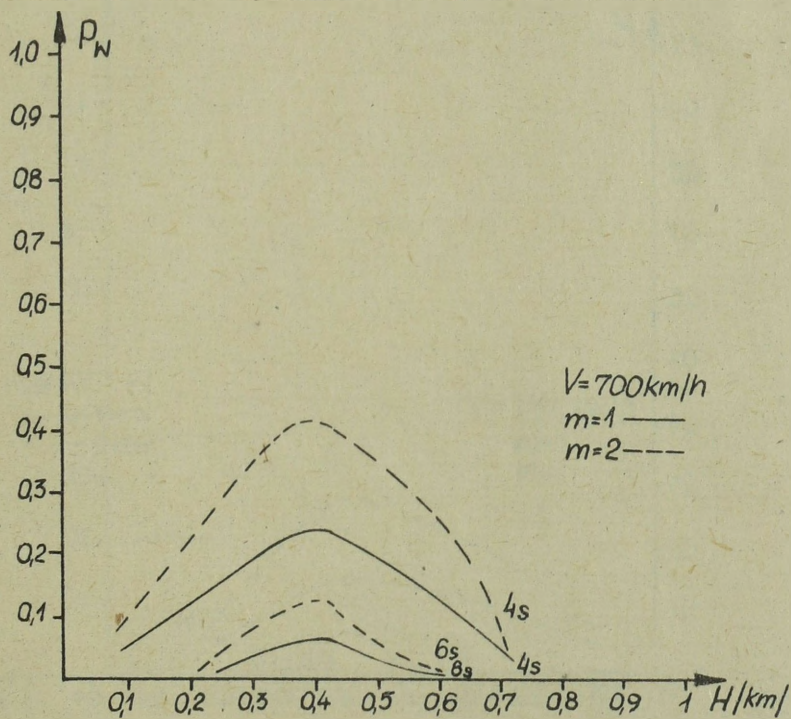
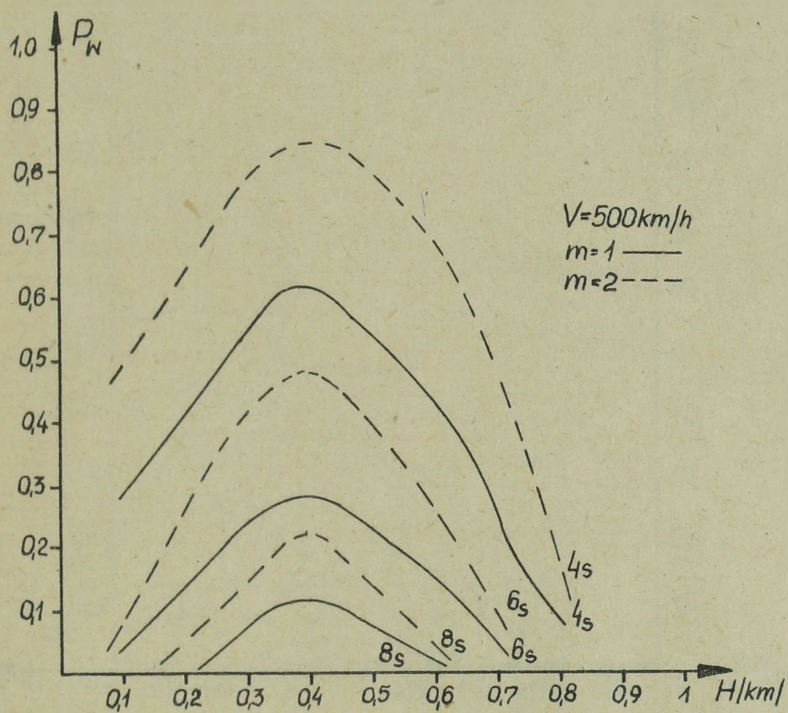
Tabela 3

Czasy poszukiwania przez pojedyncze załogi i pary samolotów
jednonajlejskowych w rejonach o powierzchni $F = 50, 100$ i 400 km^2
/t w minutach/

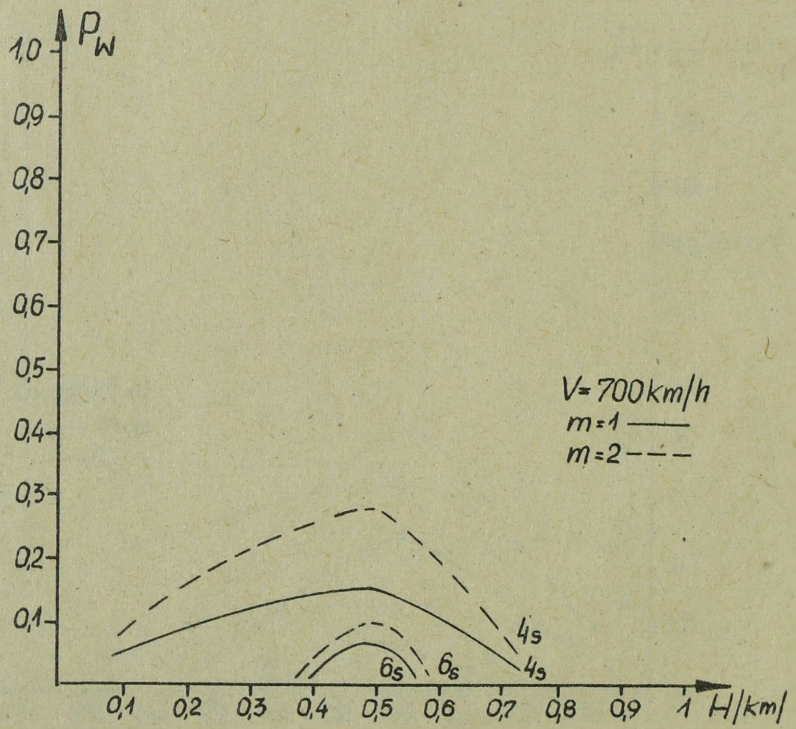
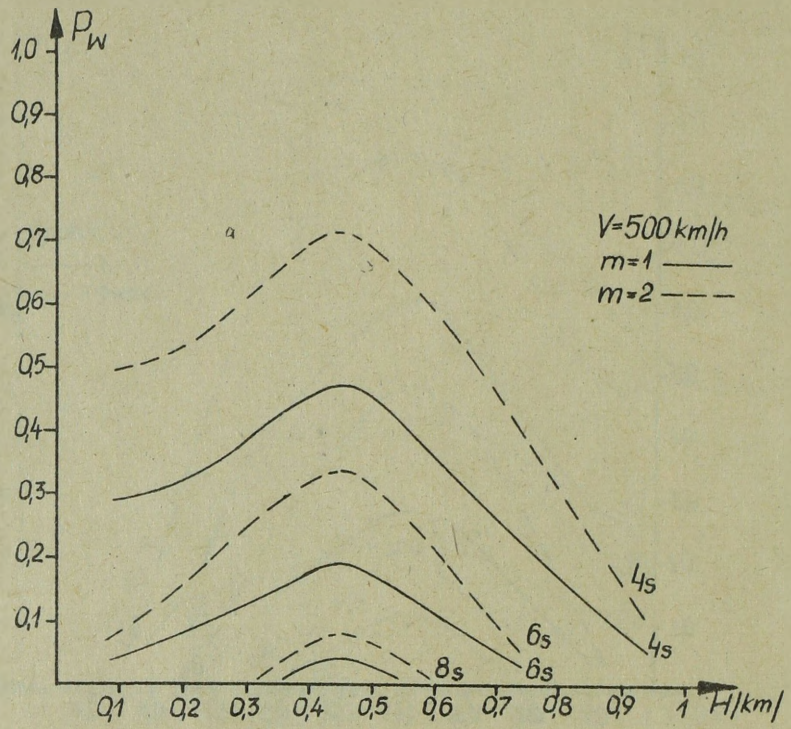
d_r /m/	Pojedynczy samolot						Para samolotów					
	V = 500 km/h			V = 700 km/h			V = 500 km/h			V = 700 km/h		
	F=50	F=100	F=400	F=50	F=100	F=400	F=50	F=100	F=400	F=50	F=100	F=400
1000	10,3	20,7	83,0	7,4	14,8	59,3	5,1	10,3	41,5	3,7	7,4	29,6
1300	7,9	15,9	63,8	5,7	11,4	45,6	3,9	7,9	31,9	2,8	5,7	22,8
1400	7,4	14,8	59,3	5,3	10,6	42,3	3,7	7,4	29,6	2,6	5,3	21,2
1500	6,9	13,8	55,3	4,8	9,8	39,5	3,4	6,9	27,6	2,3	4,9	19,7
1600	6,4	12,9	51,8	4,6	9,2	37,0	3,2	6,4	25,9	2,3	4,6	18,5
1700	6,1	12,2	48,8	4,3	8,7	34,8	3,0	6,1	24,4	2,2	4,3	17,4
1800	5,7	11,5	46,0	4,1	8,2	32,9	2,8	5,7	23,0	2,0	4,1	16,4
1900	5,4	10,9	43,6	3,9	7,8	31,2	2,7	5,4	21,8	1,9	3,9	15,6
2000	5,1	10,3	41,5	3,7	7,4	29,6	2,6	5,2	20,7	1,8	3,7	14,8
2100	4,9	9,8	39,5	3,5	7,0	28,2	2,5	4,9	19,7	1,7	3,5	14,1
2200	4,7	9,4	37,7	3,3	6,7	26,9	2,3	4,7	18,8	1,6	3,3	13,5
2300	4,5	9,0	36,0	3,2	6,4	25,7	2,2	4,5	18,0	1,6	3,2	12,9
2400	4,3	8,6	34,5	3,1	6,1	24,7	2,1	4,3	17,3	1,5	3,1	12,3
2500	4,1	8,3	33,2	2,9	5,9	23,7	2,0	4,1	16,6	1,4	2,9	11,8
2600	3,9	7,9	31,9	2,8	5,7	22,8	1,9	4,0	15,9	1,4	2,8	11,4
2700	3,8	7,6	30,7	2,7	5,4	21,9	1,9	3,8	15,3	1,3	2,7	10,9
2800	3,7	7,4	29,6	2,6	5,3	21,1	1,8	3,7	14,8	1,3	2,6	10,6
3000	3,4	6,9	27,6	2,4	4,9	19,7	1,7	3,4	13,8	1,2	2,4	9,9
3100	3,3	6,6	26,7	2,3	4,7	19,1	1,6	3,3	13,4	1,2	2,4	9,5
3200	3,2	6,4	25,9	2,3	4,6	18,5	1,6	3,2	12,9	1,1	2,3	9,2
3600	2,8	5,7	23,0	2,0	4,1	16,4	1,4	2,9	11,5	1,0	2,0	8,2
4100	2,5	5,0	20,2	1,8	3,6	14,4	1,2	2,5	10,1	0,9	1,8	7,2
4600	2,2	4,5	18,0	1,6	3,2	12,8	1,1	2,2	9,0	0,8	1,6	6,4
4800	2,1	4,3	17,2	1,5	3,0	12,3	1,1	2,1	8,6	0,8	1,5	6,1
5100	2,0	4,0	16,2	1,4	2,9	11,6	1,0	2,0	8,1	0,7	1,4	5,8
5200	1,9	3,9	15,9	1,4	2,8	11,3	1,0	2,0	8,0	0,7	1,4	5,7
5300	1,7	3,5	14,0	1,3	2,7	11,1	0,9	1,9	7,8	0,7	1,4	5,6



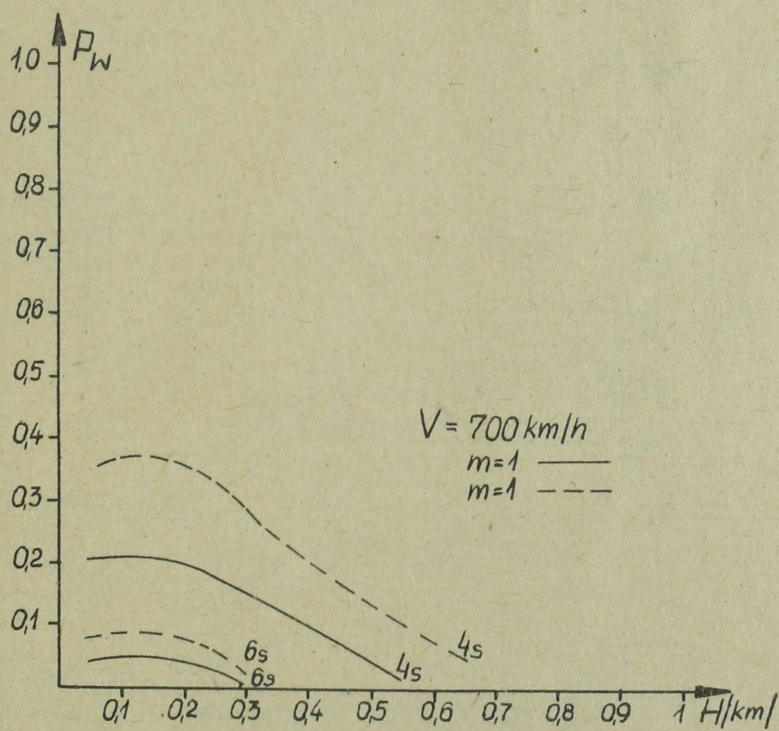
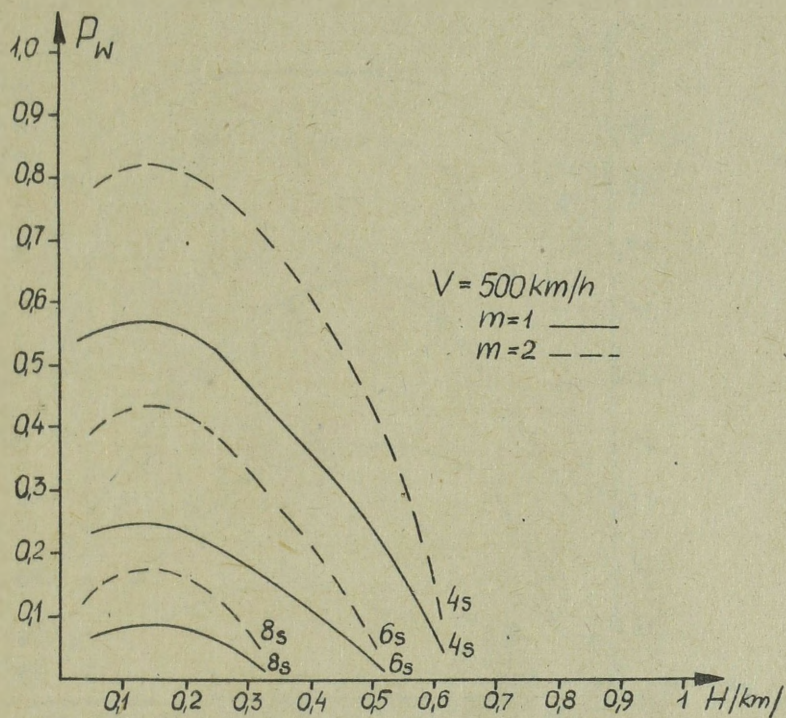
Rys.4. Wykres prawdopodobieństw wykrycia operacyjnych pocisków raketowych na SS w terenie zakrytym



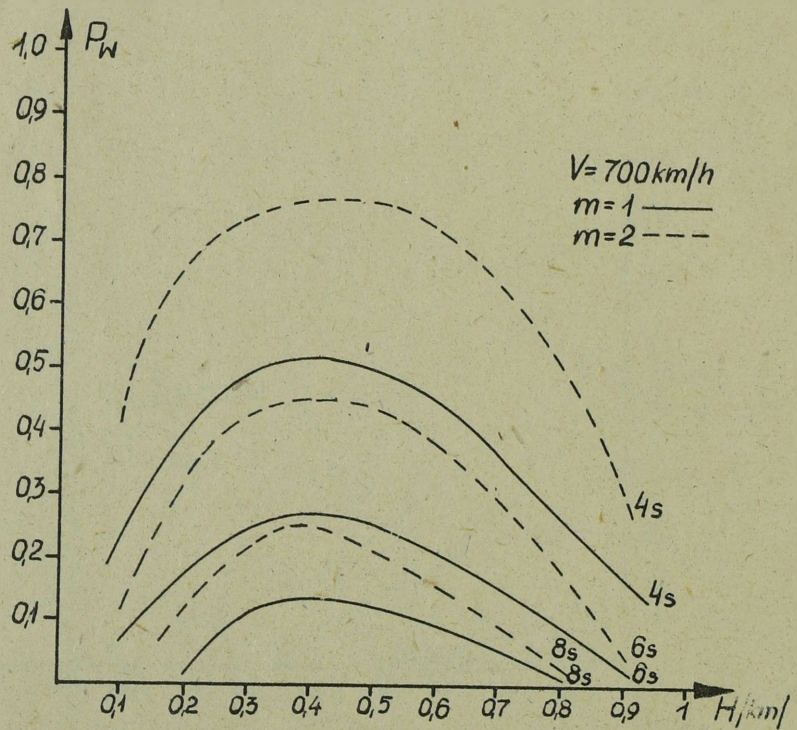
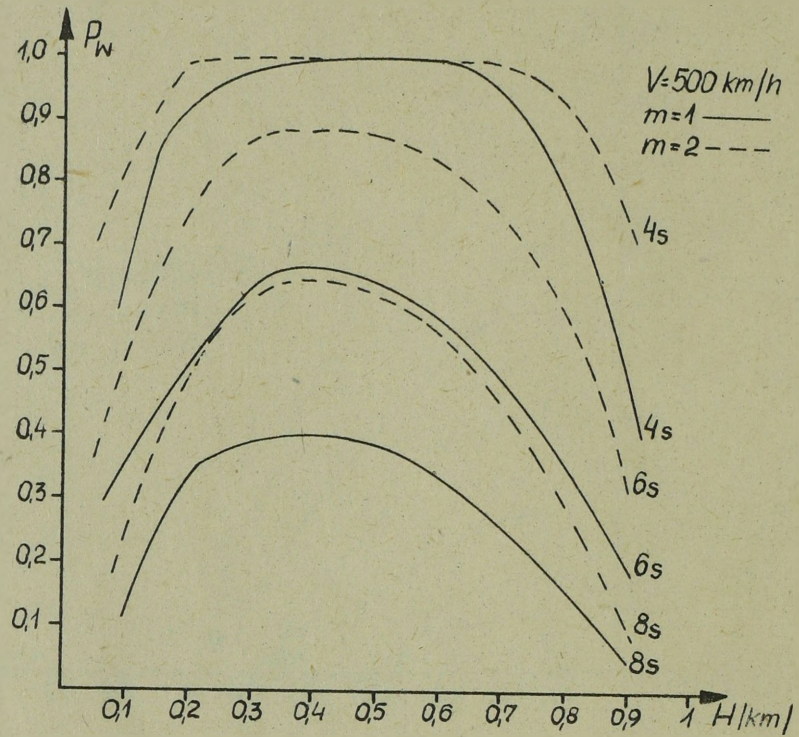
Rys. 5. Wykres prawdopodobieństw wykrycia taktycznych pocisków rakietowych na SS w terenie zakrytym



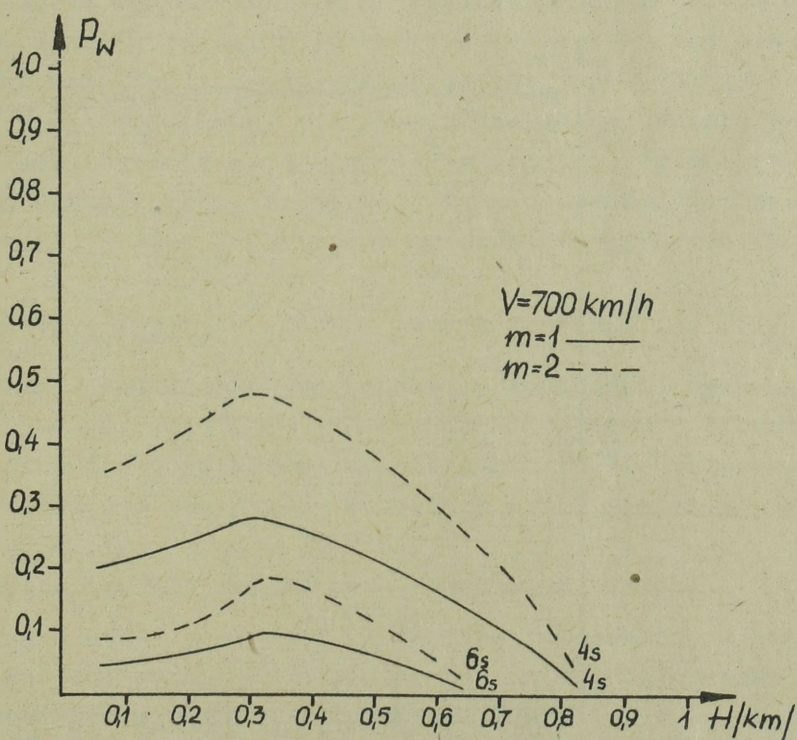
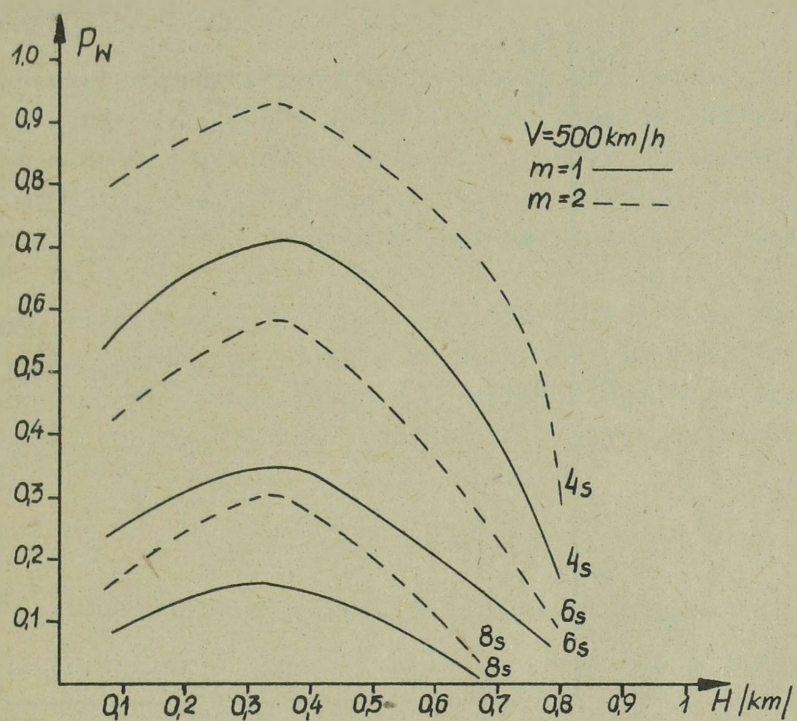
Rys. 6. Wykres prawdopodobieństw wykrycia punktów dowodzenia



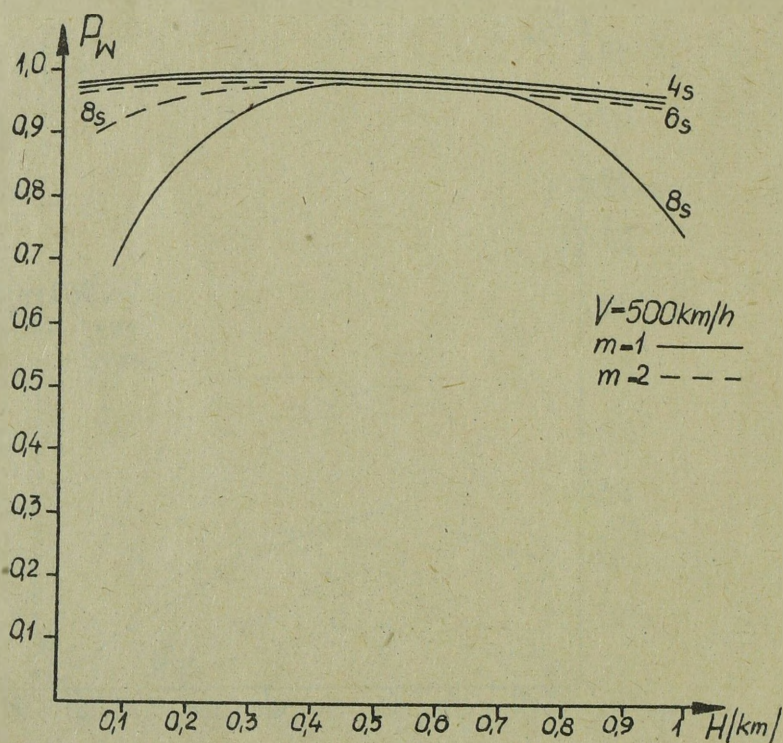
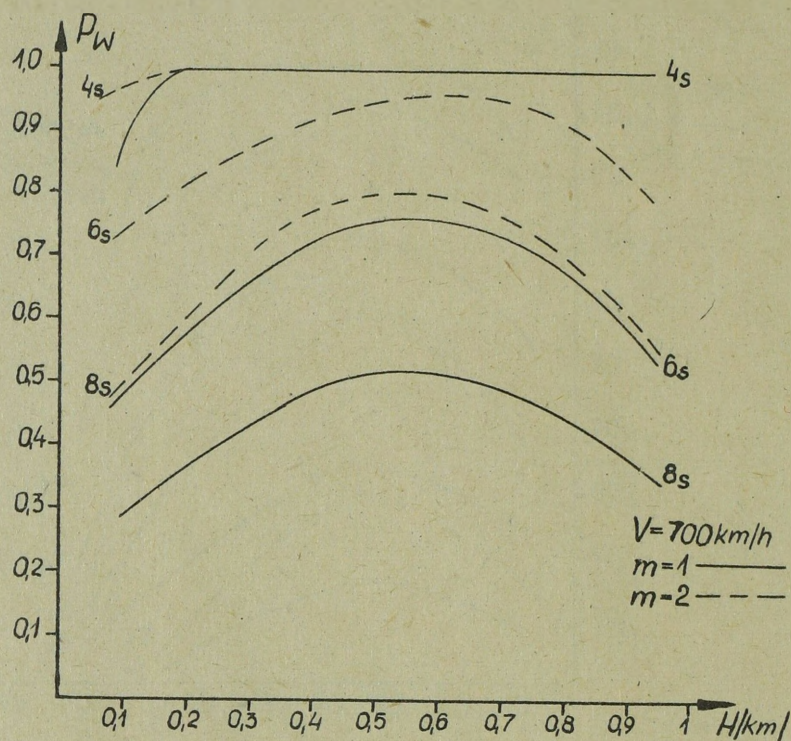
Rys.7. Wykres prawdopodobieństw wykrycia dział, czołgów, samochodów, RLS w terenie zakrytym /okopane/



Rys. 8. . Wykres prawdopodobieństw wykrycia dział, czołgów, samochodów, RLS w terenie odkrytym



Rys.9. Wykres prawdopodobieństw wykrycia przeciwlotniczych rakiet kierowanych na stanowiskach startowych



Rys.10. Wykres prawdopodobieństw wykrycia samolotów na lotniskach poza ukryciami

2.4. Prawdopodobieństwo wykonania zadania

Wykonanie zadania rozpoznawczego wymaga realizacji wielu różnorodnych procesów. Danymi wyjściowymi do wszelkiego rodzaju kalkulacji i oceny skuteczności tych procesów są prawdopodobieństwa elementarne poszczególnych zdarzeń, umożliwiające obliczenie łącznego wskaźnika, jakim jest prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę /samolot/.

Z analizy lotu rozpoznawczego wynika, że stanowi on ciąg zdarzeń wzajemnie od siebie zależnych i ściśle ze sobą powiązanych. Oznacza to, że prawdopodobieństwo wykonania zadania rozpoznawczego jest prawdopodobieństwem łącznej realizacji tych zdarzeń. Matematyczny zapis przyjmie więc postać:

$$P_{wz} = \prod_{i=1}^n P/A_i/.$$

gdzie: $P/A_i/$ - prawdopodobieństwo zdarzenia elementarnego.

Wzór ten jest prawdziwy w wypadku realizacji zadania przez jeden element rozpoznawczy - jedną załogę.

Wykonanie zadania rozpoznawczego najczęściej wymaga zaangażowania większej liczby środków rozpoznania, wykorzystywanych często w różny sposób. Podstawą kalkulacji i oceny skuteczności rozpoznania są wtedy prawdopodobieństwa jednostkowe, pozwalające na ocenę udziału poszczególnych sił w całokształcie przedsięwzięcia oraz obliczenie sumarycznych wskaźników skuteczności. Obliczenie prawdopodobieństwa sumarycznego zapewnia wzór, będący odpowiednim wyrazem rozwiniętego dwumianu:

$$P_s = \frac{n!}{m!(n-m)!} p^m /1-p/n-m/, p = \text{const.}$$

gdzie: P_s - prawdopodobieństwo sumaryczne /prawdopodobieństwo dowolnej liczby $/m/$ realizacji zdarzenia A w próbie o liczebności $n/$,

m - liczba próby, w której obiekt powinien być rozpoznany /interesuje nas przede wszystkim próba pierwsza - pierwszy nalot/;

n - liczba środków rozpoznania /samolotów, załóg/.

Stosowanie tego wzoru jest dość kłopotliwe, chociażby ze względu na dużą liczbę czynności rachunkowych. Dlatego też wygodniej jest określać prawdopodobieństwo niewykonania zadania, czyli dla $m = 0$. Wtedy

$$P_{s/m=0/} = /1 - p/n^n \quad p = \text{const.}$$

zatem prawdopodobieństwo wykonania zadania przez n samolotów co najmniej jeden raz będzie równe:

$$P_s = 1 - (1 - p)^n \quad p = \text{const.}$$

pod warunkiem, że wszystkie n samolotów wykonuje zadanie z tym samym prawdopodobieństwem p .

Gdy każdy ze środków rozpoznania wykonuje zadanie z innym prawdopodobieństwem, wówczas prawdopodobieństwo sumaryczne obliczamy ze wzoru, który jest rozwinięciem poprzedniego:

$$P_s = 1 - (1 - p_1) (1 - p_2) \dots (1 - p_n)$$

czyli

$$P_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad p = \text{const.}$$

gdzie: P_s - prawdopodobieństwo sumaryczne;

p_i - prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę /prawdopodobieństwo jednostkowe/.

Obliczenie wartości liczbowej prawdopodobieństwa sumarycznego wymaga określenia niezbędnych do rozwiązania zdarzeń elementarnych oraz prawdopodobieństw ich zajścia.

Rozpatrując lot rozpoznawczy, możemy wyróżnić według kolejności realizacji następujące główne jego etapy /procesy/:

- lot do rejonu rozpoznania;
- poszukiwanie obiektu i jego rozpoznanie;
- lot powrotny do momentu przekazania danych np. drogą radiową.

Sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania w tym wypadku będzie więc iloczynem następujących wskaźników:

- niezawodności sprzętu technicznego /samolotu/;
- niezawodności pracy pilota;
- prawdopodobieństwa wykrycia /rozpoznania/;
- prawdopodobieństwa pokonania OPL na trasie lotu.

Zapis matematyczny prawdopodobieństwa wykonania zadania przyjmie więc postać:

$$P_{wz} = \prod_{i=1}^n P/A_i/ = P_{ts} P_{tp} P_w Q_{OPL}$$

gdzie: P_{ts} - prawdopodobieństwo niezawodnej pracy samolotu podczas jego eksploatacji w powietrzu;

P_{tp} - prawdopodobieństwo niezawodnej pracy pilota;

P_w - prawdopodobieństwo wykrycia;

Q_{OPL} - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela.

Podstawiając do wzoru, umożliwiającego obliczenie prawdopodobieństwa wykonania zadania, przyjęte wartości stałe, to jest prawdopodobieństwo niezawodnego działania samolotu, równe 0,98 i prawdopodobieństwo niezawodności pilota 0,99, otrzymamy w wypadku realizacji zadania przez jeden samolot następującą postać tego wzoru:

$$P_{WZ} = 0,97 P_W Q_{OPL}$$

Natomiast gdy zadanie realizuje większa ilość sił z tym samym prawdopodobieństwem $/n_s > 1, P_{WZ} = \text{const.}/$, sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania obliczyć można ze wzoru:

$$P_s = 1 - /1 - P_{WZ}/^{n_s}$$

lub

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 P_W Q_{OPL}/^{n_s}$$

Jeśli każdy ze środków rozpoznania wykonuje zadanie z innym prawdopodobieństwem $/n_s > 1, P_{WZ} \neq \text{const.}/$, prawdopodobieństwo sumaryczne obliczymy ze wzoru, będącego rozwinięciem poprzedniego:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 P_W^{1/Q_{OPL}} / /1 - 0,97 P_W^{2/Q_{OPL}} / \dots /1 - 0,97 P_W^{n/Q_{OPL}} /.$$

czyli

$$P_s = 1 - \prod_{i=1}^n /1 - 0,97 P_W^{i/Q_{OPL}} / \quad P_W \neq \text{const.}$$

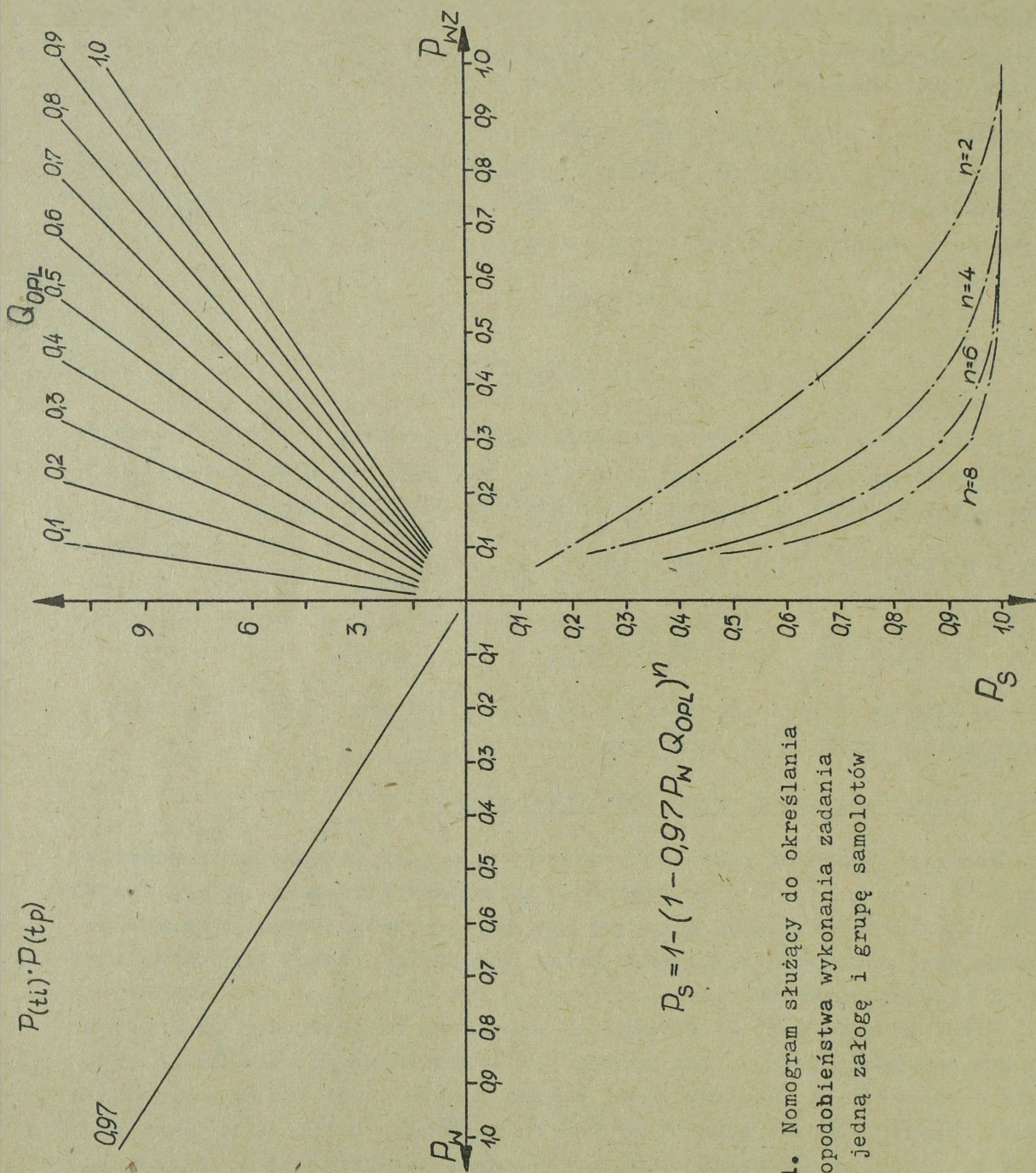
Określenie prawdopodobieństwa wykonania zadania przez jedną załogę oraz sumarycznego umożliwia nomogram - rys. 11.

2.5. Oczekiwana część rozpoznanej powierzchni

Realizacja części zadań rozpoznawczych wymaga przeszukania określonego, czasem bardzo dużego rejonu, w granicach którego mogą się znajdować obiekty rozpoznania. W takiej sytuacji zadanie rozpoznawcze sprowadza się do uzyskania możliwie dużej ilości informacji o nieprzyjacielu i o jego obiektach rozmieszczonych w tym rejonie.

W takich wypadkach w charakterze wskaźnika skuteczności często jest brana pod uwagę średnia rozpoznana powierzchnia $M/Sr/$. W celu uniknięcia niejasności w interpretacji, o jaką powierzchnię chodzi, wygodniej jest rozpatrywać nie absolutną /jak poprzednia/, a względną średnią powierzchnię, a właściwie udział rozpoznanej powierzchni w całości powierzchni rejonu rozpoznania. Zależność tę możemy zapisać następująco:

$$M_r = \frac{M/Sr/}{S_D}$$



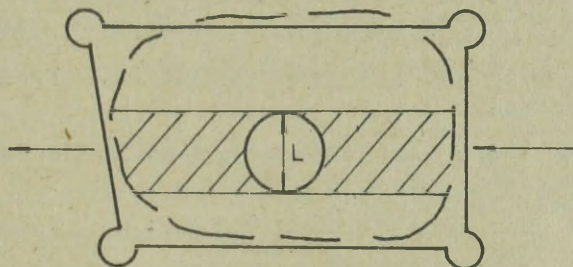
Rys.11. Nomogram służący do określania prawdopodobieństwa wykonania zadania przez jedną załogę i grupę samolotów

gdzie: M/S_r - rozpoznana powierzchnia /nakazana, możliwa/;

S_D - całkowita powierzchnia rejonu rozpoznania.

Rozwiązanie tego zadania wymaga rozpatrzenia kilku sytuacji, uwzględniających podstawowe manewry załóg w rejonie rozpoznania.

W sytuacji pierwszej /rys.12/ przyjęto następujące założenia: odcinki lotu przebiegające przez rejon rozpoznania nigdzie się ze sobą nie przecinają, a każda z części rejonu jest rozpoznawana tylko raz. W tym wypadku załoga samolotu przeszukuje pas terenu o szerokości $2R_{rozp} = L$ i rozpoznaje położone w nim obiekty z prawdopodobieństwem P_w .



Rys.12. Schemat rozpoznania przez jedną załogę w jednym nalocie

Zatem średnia część powierzchni rejonu rozpoznana przez jedną załogę jest równa:

$$M_r = \frac{S_{pr}}{S_D} P_w,$$

gdzie: S_{pr} - przeszukana przez jedną załogę powierzchnia.

Wielkościami zmiennymi, uwzględnianymi w zadaniach tego typu są S_{pr} i P_w . Od tych samych czynników zależy prawdopodobieństwo wykrycia. Dlatego też skuteczność rozpoznania najwygodniej jest oceniać dla najmniej sprzyjających warunków, mając na uwadze najbardziej trudne do wykrycia obiekty.

Przykład: $L = 4$ km, długość trasy w rejonie rozpoznania 20 km, jeden nalot, średnie prawdopodobieństwo wykrycia obiektów w rejonie rozpoznania $P_w = 0,8$, całkowita powierzchnia rejonu rozpoznania $S_D = 100$ km².

$$S_{pr} = 4 \cdot 20 = 80 \text{ km}^2$$

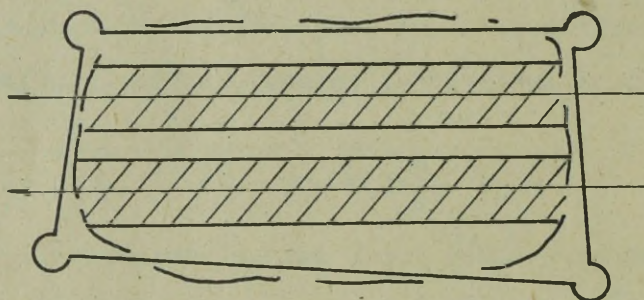
$$M_r = \frac{80}{100} 0,8 = 0,64$$

Wniosek: Jeden samolot wykryje średnio 64% obiektów, znajdujących się prawdopodobnie w rejonie "D". Nie popełni się też większego błędu twierdząc, że każdy z obiektów położonych w pasie przeszukiwania zostanie rozpoznany ze średnim prawdopodobieństwem 0,64.

Omówiony przypadek dotyczy wykonania zadania przez jedną załogę w jednym nalocie /przelocie przez rejon rozpoznania/. Może on mieć miejsce zawsze wtedy, gdy zasadnicza część rejonu rozpoznania mieści się w przeszukiwanej przez jedną załogę w jednym nalocie powierzchni lub jest do niej zbliżona. W każdej innej sytuacji do wykonania wyznacza się kilka załóg lub jednej załodze nakazuje się kilkakrotny przelot nad rejonem rozpoznania.

Rozwiązanie tej problematyki wymaga, jak poprzednio, przyjęcia założenia, że załogi charakteryzują się takimi samymi właściwościami, to jest rozpoznają obiekty w pasie skutecznego rozpoznania L i wykrywają takie same obiekty z identycznym prawdopodobieństwem. Jeżeli przyjmie-my do wstępnych założeń dwie załogi, zadanie może być wykonane w dwóch wariantach.

W wariacie pierwszym trasy samolotów nie przecinają się, a powierzchnie się nie pokrywają /rys. 13/.



Rys.13. Schemat rozpoznania po kilku trasach nie pokrywających się

Zatem sumaryczna średnia część rozpoznanej powierzchni M_r jest równa sumie części powierzchni rozpoznanych przez obydwie samoloty /wszystkie samoloty wykonujące zadanie w ten sposób/.

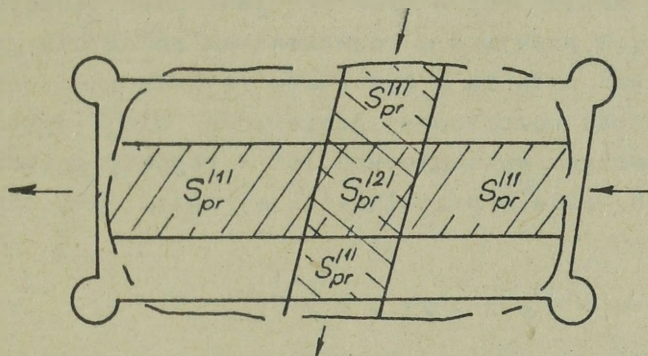
$$M_r = M_r^{/1/} + M_r^{/2/}$$

lub

$$M_r = \frac{S_{pr}^{/1/}}{S_D} P + \frac{S_{pr}^{/2/}}{S_D} P,$$

gdzie: $M_r^{/1/}$, $M_r^{/2/}$ - średnie części powierzchni rozpoznane oddzielnie przez pierwszy i drugi /kolejny/ samolot.

W wariacie drugim sytuacja jest inna. Przeszukiwane strefy pokrywają się /przecinają się/ - rys. 14.



Rys.14. Schemat rozpoznania po trasach przecinających się

W tym wypadku przeszukiwana strefa składa się z dwóch różnych części. Do pierwszej zaliczyć należy te jej elementy, które przeszukiwane są tylko przez jedną załogę /jeden raz/. Są to $S_{pr}^{1/1}$, w których wszystkie zależności pozostają jak poprzednio. Druga część strefy, jak to wynika ze schematu, przeszukiwana jest dwa razy - $S_{pr}^{1/2}$. W jej granicach prawdopodobieństwo wykrycia obiektu będzie większe, gdyż obiekt może być wykryty zarówno przez pierwszy, jak i drugi samolot. Jeżeli wziąć pod uwagę, że samoloty wykrywają niezależnie jeden od drugiego, to w granicach dwukrotnie przeszukiwanej strefy prawdopodobieństwo wykrycia obiektu jest równe:

$$P_w = 1 - (1 - p)^2$$

Podstawiając P_w do wzoru na sumaryczną średnią część rozpoznanej powierzchni M_r , otrzymamy zależność umożliwiającą obliczenie ogólnej średniej części rozpoznanej powierzchni:

$$M_r = \frac{S_{pr}^{1/1}}{S_D} P_w + \frac{S_{pr}^{1/2}}{S_D} [1 - (1 - P_w)] \quad , \quad P_w = \text{const.}$$

Rozwijając dalej powyższą zależność o kolejne człony, otrzymamy wzór mogący mieć zastosowanie w przypadku ogólnym, gdy rejon rozpoznania "przeczesuje" n_s samolotów. Wzór umożliwiający w tym wypadku obliczenie średniej części rozpoznanej powierzchni przyjmie postać:

$$M_r = \frac{S_{pr}^{1/1}}{S_D} P_w + \frac{S_{pr}^{1/2}}{S_D} [1 - (1 - P_w)^2] + \dots + \frac{S_{pr}^{1/n}}{S_D} [1 - (1 - P_w)^n]$$

czyli

$$M_r = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^{n_s} S_{pr}^{1/n} [1 - (1 - P_w)^n]$$

gdzie: $S_{pr}^{1/1}$, $S_{pr}^{1/2}$, ..., $S_{pr}^{1/n}$ - strefa przeszukiwana przez jeden, dwa n samolotów.

Stosowanie powyższej zależności w praktyce jest dość kłopotliwe. Dlatego też, uwzględniając przyjęte w rozważaniach założenia /to znaczy dla załóg wykonujących zadania w tym samym rejonie $L = \text{const.}$ i $P_w = \text{const.}$ /, średnią część rozpoznanej powierzchni dla wszystkich " n_s " samolotów rozpoznawczych wykonujących lot w rejonie rozpoznania po przypadkowych trasach można w przybliżeniu określić, wykorzystując zależność:

$$M_r / n / = 1 - / 1 - M_r / n_s$$

gdzie: M_r - średnia część rozpoznanej powierzchni przypadająca na jeden samolot;

n_s - liczba samolotów biorących udział w poszukiwaniu.

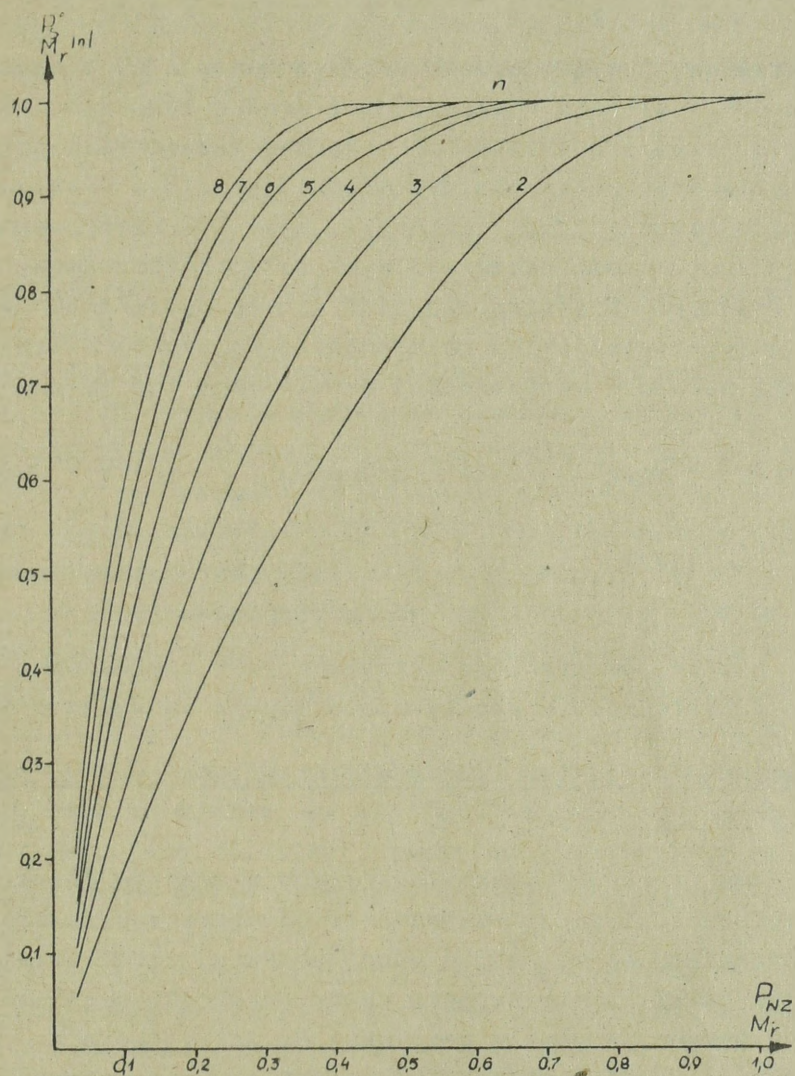
Otrzymane przy użyciu powyższego wzoru wyniki są wystarczająco dokładne, aby mogły być wykorzystywane w kalkulacjach. Ponadto zaletą tego wzoru jest ograniczona do dwóch liczb zmiennych, co pozwala na łatwe wykonywanie obliczeń, tabelaryczne ich zestawienie lub sporządzenie - na podstawie otrzymanych prognostycznych wyników - wykresów. Do określenia średniej części rozpoznanej powierzchni dla n_s samolotów rozpoznawczych mogą być wykorzystane wartości funkcji podstawowej $/P_s = 1 - / 1 - p / n /$, zapewniające określenie sumarycznego wskaźnika wykonania zadania - wspólny dla P_s i $M_r / n /$ wykres - rys. 15.

Oceniając skuteczność rozpoznania powietrznego lub planując zadania rozpoznawcze według średniej rozpoznanej powierzchni jako wskaźnika, należy uwzględniać, podobnie jak w innych zadaniach, wszystkie te czynniki, które mają decydujący wpływ na wykonanie zadania rozpoznawczego. Z poprzednich rozważań wynika, że są to: prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela oraz sumaryczny wskaźnik niezawodności układu "pilot - samolot".

Jak wykazano wcześniej, skuteczność załogi bez uwzględnienia przeciwdziałania nieprzyjaciela oraz możliwości zaistnienia zakłóceń w pracy środka rozpoznania jest wyrażana względną średnią powierzchnią M_r . Z chwilą wystąpienia tych zdarzeń skuteczność załogi maleje i w efekcie końcowym zostaje przez nie pomniejszana.

Zatem wzór zapewniający określenie średniej części rozpoznanej powierzchni w wypadku przeszukiwania rejonu przez grupę samolotów, których wymienione czynniki mają te same wartości, przyjmie postać:

$$M_r / n / = 1 - / 1 - 0,97 Q_{OPL} M_r / n_s$$



Rys.15. Wykres funkcji $P_s = 1 - (1 - P_{wz})^n$

gdzie: M_r - średni udział powierzchni rozpoznanej przez jeden samolot;

Q_{OPL} - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela przez jedną załogę;

0,97 - współczynnik niezawodności układu "pilot-samolot".

Przykład: Biorąc za podstawę warunki jak w poprzednim przykładzie obliczyć średnią część rozpoznanej powierzchni, gdy zadanie wykonują trzy załogi, które pokonują OPL nieprzyjaciela z $Q_{OPL} = 0,7$.

$$M_r = 0,64$$

$$M_r^{/3/} = 1 - /1 - 0,97 \cdot 0,7 \cdot 0,64/^{/3/} = 0,82$$

Przedstawiony powyżej sposób uwzględniania w wyliczeniach przeciwdziałania OPL i stopnia niezawodności środka rozpoznania, polegający na mnożeniu wskaźnika skuteczności każdej jednostki bojowej przez prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela i niezawodnej pracy układu "pilot-samolot" tej jednostki, może być zastosowany i w przypadku, gdy skuteczność poszczególnych załóg rozpoznawczych oraz wymienione prawdopodobieństwa dla nich nie są jednakowe. Jeżeli przyjmiemy warunek, że jednostki rozpoznawcze są rażone niezależnie jedna od drugiej, wskaźnik skuteczności będzie mógł być wyrażony wzorem:

$$M_r^{/n/} = 1 - /1 - 0,97 Q_{OPL} M_r^{/1/} / \cdot /1 - 0,97 Q_{OPL} M_r^{/2/} / \cdot \dots /1 - 0,97 Q_{OPL} M_r^{/n/} /$$

gdzie: $M_r^{/1/}$, $M_r^{/2/}$, ..., $M_r^{/n/}$ - wskaźniki skuteczności poszczególnych załóg rozpoznawczych.

Należy jednak pamiętać, że otrzymane przy zastosowaniu tych wzorów wyniki są przybliżone, z reguły nieco niższe od rzeczywistych.

2.6. Oczekiwana /średnia/ liczba elementów prostych wykrytych w obiekcie złożonym

Oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów obiektu jest wskaźnikiem skuteczności zadań rozpoznania powietrznego zawsze wtedy, kiedy w rozważaniach są brane pod uwagę obiekty głównie wieloelementowe - złożone /grupowe/. W tym wypadku wybór wskaźnika powinien być podporządkowany przede wszystkim możliwemu do osiągnięcia w danych warunkach celowi zadania rozpoznawczego. Najczęściej wykorzystywanym w kalkulacjach wskaźnikiem dla obiektów złożonych /grupowych/ jest oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych /rozpoznanych/ elementów obiektu:

$$M_r = M / X_r /$$

gdzie: X_r - jest zmienną losową, liczbą wykrytych /rozpoznanych/ elementów obiektu.

Rozwiązanie tego zadania, zmierzające do określenia oczekiwanej liczby wykrytych elementów obiektów jako wskaźnika skuteczności, wymaga rozważenia dwóch podstawowych schematów zadań rozpoznawczych. Zadania te są rozwiązywane w większości przypadków w czasie planowania

rozpoznania powietrznego. Wspólnym członem tych schematów, a jednocześnie warunkiem ograniczającym, jest ogólna możliwa do rozpoznania liczba elementów obiektu X_r , którą możemy przedstawić w postaci sumy "N" zmiennych losowych, czyli sumy wszystkich elementów obiektu:

$$X_r = X_1 + X_2 + \dots + X_n = \sum_{i=1}^n X_i$$

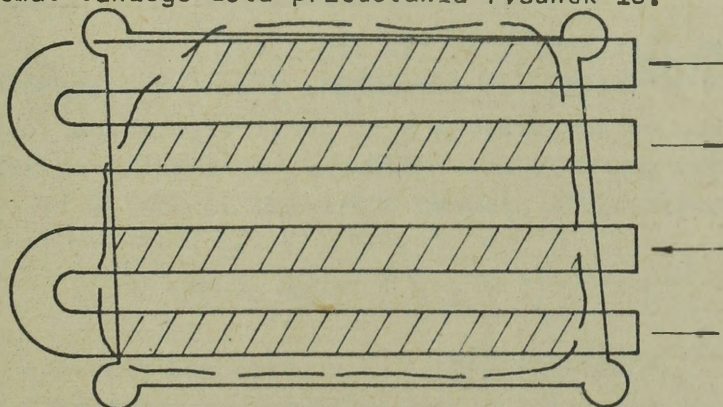
gdzie: X_1, X_2, \dots, X_n - liczba poszczególnych typów elementów obiektu.

Powyzsze stwierdzenie jest prawdziwe, gdyż nie można wykryć więcej elementów niż w ogóle ich jest.

Konstrukcja powyższego schematu zadania rozpoznawczego podporządkowana jest ogólnemu sposobowi organizacji rozpoznania obiektu złożonego rozśrodkowanego. Z charakterystyk obiektów tego typu wynika, że jego elementy mogą być rozmieszczane w różnych od siebie odległościach, w wielu wypadkach - dość znacznych. Wynika z tego, że ogólna zajmowana przez obiekt powierzchnia może być dość duża, zwykle wielokrotnie przekraczająca powierzchnię przegładaną przez załogę w czasie jednorazowego przelotu nad obiektem. Stosunek tych powierzchni uzależniony jest od wysokości lotu, która nie może być dowolnie zwiększana. Powinna ona przede wszystkim zapewniać dogodne warunki rozpoznania nawet najmniejszych elementów obiektu, niezbędnych do jego identyfikacji.

Z powyższych ustaleń wynika, że schemat rozpoznania obiektu grupowego rozśrodkowanego jest zbliżony do schematu rozpoznania obiektów powierzchniowych. Zatem obiekty tego typu mogą być rozpoznawane według dwóch wariantów.

W wariantcie pierwszym lot samolotu /samolotów/ odbywa się po trasach nie przecinających się, a przeszukiwane powierzchnie nie pokrywają się. Schemat takiego lotu przedstawia rysunek 16.



Rys.16. Rozpoznanie obiektu złożonego /grupowego/ w locie po trasach nie przecinających się

W celu określenia oczekiwanej liczby rozpoznawczych elementów niezbędne staje się obliczenie powierzchni rozpoznanej przez załogę w czasie jednego przelotu:

$$S_{pr} /1/ = L \cdot d;$$

gdzie: L - szerokość pasa skutecznego poszukiwania /rozpoznania/;
 d - długość trasy jednorazowego przelotu przez rejon rozpoznania.

Zatem powierzchnia rozpoznana przez jedną załogę wyniesie:

$$S_{pr} = S_{pr} /1/ \cdot n_t,$$

gdzie: n_t - liczba przelotów przez rejon rozpoznania.

Przyjmując do dalszych rozważań założenie, że elementy obiektu są względnie równomiernie rozłożone na całej powierzchni rejonu S_D i są wykrywane ze średnim prawdopodobieństwem P_w , możemy stwierdzić, że średnia oczekiwana liczba rozpoznanych elementów obiektu jest równa wartości względnej średniej rozpoznanej powierzchni. Zatem:

$$M_r = \frac{S_{pr}}{S_D} P_w \quad / \% \text{ rozpoznanych elementów obiektu rozmieszczonych na powierzchni } S_D /.$$

W przypadku gdy obiekt rozpoznawany jest przez n_s załóg o tych samych właściwościach $/L = \text{const. i } P_w = \text{const.}/$, wzór przyjmie postać:

$$M_r = M_r /1/ + M_r /2/ + \dots + M_r /n/ ,$$

gdzie: $M_r /1/$, $M_r /2/$, ..., $M_r /n/$ - średnie części powierzchni, rozpoznane oddzielnie przez pierwszy, drugi..., kolejny samolot.

Wyprowadzony wzór jest prawdziwy dla przyjętych założeń, a obliczone wartości $M_r /1/$, $M_r /2/$ itd. są równoważne średniej rozpoznanej części elementów obiektu na powierzchni S_{pr} . Jeśli więc znana jest liczba elementów rozmieszczonych w rejonie rozpoznania, średnią oczekiwaną liczbę rozpoznanych elementów obiektu obliczamy ze wzoru:

$$M_r /X/ = X M_r /1/ + X M_r /2/ + \dots + X M_r /n/ ,$$

gdzie: X - liczba elementów obiektu.

Przykład: Rejon o powierzchni $S_D = 100 \text{ km}^2$ jest przeszukiwany przez parę samolotów, która wykrywa rozmieszczone elementy z

$P_w = 0,6$. Każda z załóg przelatuje przez rejon dwukrotnie po wyznaczonych dla siebie trasach, przeszukując pas o szerokości $L = 2$ km i długości $d = 10$ km. Obliczyć średnią powierzchnię rozpoznaną przez oba samoloty oraz liczbę prawdopodobnie wykrytych elementów jeżeli obiekt składa się z 6 elementów.

$$S_{pr} /1/ = 2 \cdot 10 = 20 \text{ km}^2$$

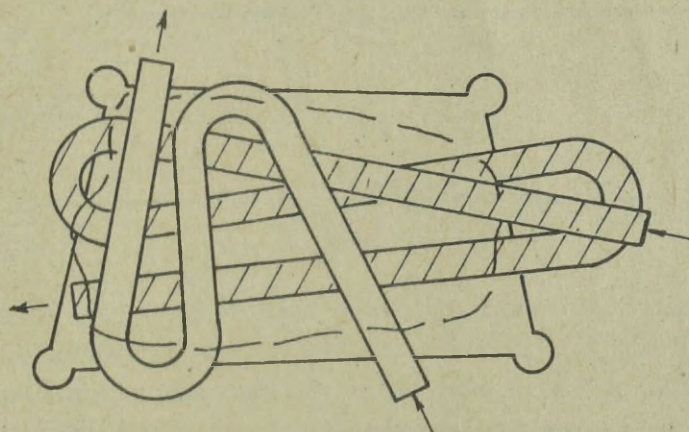
$$S_{pr} /2/ = 20 \cdot 2 = 40 \text{ km}^2$$

$$M_r /1/ = M_r /2/ = \frac{40}{100} 0,6 = 0,24$$

$$M_r /n/ = 0,24 + 0,24 = 0,48$$

$$M_r /x/ = 6 \cdot 0,48 + 2,88 = 3 \text{ elementy.}$$

W wariancie drugim samoloty rozpoznają obiekt grupowy rozśrodkowany po dowolnych trasach, a więc przecinających się - rysunek 17.



Rys.17. Rozpoznanie obiektu grupowego po trasach dowolnych, przecinających się

Do obliczenia średniej oczekiwanej liczby rozpoznanych elementów obiektu w tym przypadku można wykorzystać wzór służący do określenia przybliżonej wartości M_r , gdzie:

$$M_r /n/ = 1 - /1 - M_r /n_s / \% /.$$

gdzie: n_s - liczba samolotów wykonujących zadanie;

M_r - średnia część powierzchni rozpoznanej przez jeden samolot.

Jeżeli znana jest liczba elementów obiektu, średnią oczekiwaną liczbę rozpoznanych elementów obiektu obliczymy z rozwiniętego poprzedniego wzoru:

$$M_r^{/x/} = X [1 - /1 - M_r^{/s/}^n]$$

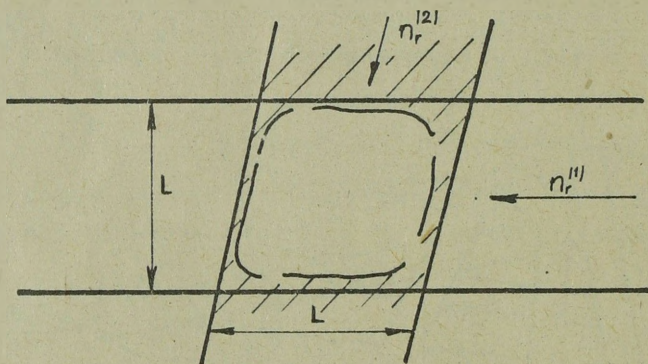
Przykład: Dane jak w poprzednim przykładzie.

$$M_r^{/x/} = 6 [1 - /1 - 0,24/2] = 2,534 = 3 \text{ elementy}$$

Drugi schemat rozpoznania dotyczy obiektów grupowych ześrodkowanych, których całkowita powierzchnia rozmieszczenia elementów może być przeglądnięta w czasie jednego przelotu /mieści się w tak zwanej powierzchni obserwacji/, czyli:

$$S_{pr} \leq \frac{\pi L}{4} \cdot$$

$$S_{pr} \leq 0,78 \cdot L^2$$



Rys.18. Rozpoznanie obiektu grupowego ześrodkowanego /zwartego - pojedynczego/

W tym przypadku każdy z elementów obiektu może być rozpoznany już w czasie pierwszego przelotu samolotów. Zatem każdemu i -temu elementowi obiektu E_i możemy przyporządkować zmienną losową X_i , która może przyjmować następujące wartości:

$$X_i = 1, \text{ jeżeli element } E_i \text{ jest rozpoznany;}$$

$$X_i = 0, \text{ jeżeli element } E_i \text{ nie jest rozpoznany.}$$

Wynika z tego, że ogólna liczba rozpoznanych elementów obiektu X_r jest równa sumie wszystkich wartości X_i . Korzystając z definicji wartości oczekiwanych, można stwierdzić, że:

$$M_r^{/x/} = X_1 P_1 + X_2 P_2 + \dots + X_n P_n = \sum_{i=1}^n X_i P_i$$

Przyjmując do dalszych rozważań prawdopodobieństwo wykrycia i-tego elementu P_{wi} i korzystając z poprzedniej definicji można określić, jaka średnia część elementów obiektu zostanie rozpoznana w czasie jednego przelotu lub z jakim prawdopodobieństwem zostanie wykryty i-ty element.

Zatem:

$$M_{/X_1/} = P_{wi} \cdot 1 + /1 - P_{wi}/ \cdot 0 = P_{wi}$$

Można stwierdzić, że wartość oczekiwana ilości rozpoznanych obiektów pojedynczych /elementów/ przy użyciu jednego środka rozpoznawczego, w czasie jednego przelotu nad obiektem, liczbowo równa się jednostkowemu prawdopodobieństwu wykrycia tego obiektu. Zachodzi tu równość tylko w sensie liczbowym, ponieważ nie zachodzi zgodność miana.

W przypadku wielokrotnego przelotu nad obiektem prawdopodobieństwo jego wykrycia rośnie według prawa wykładniczego. Czyli sumaryczne prawdopodobieństwo wyniesie:

$$P_s = 1 - /1 - P_{wi}/^{n_r}, \quad P_{wi} = \text{const.}$$

oraz

$$P_s = 1 - /1 - P_{wi}/^{1/} / \cdot /1 - P_{wi}/^{2/} / \cdot \dots /1 - P_{wi}/^{n/} / , \quad P_{wi} \neq \text{const.}$$

gdzie: n_r - liczba przelotów nad obiektem /rozpoznań/.

Zatem:

$$M_{/X_n/} = 1 - /1 - P_{wi}/^{n_r}$$

lub ostatecznie

$$M_r = x [1 - /1 - P_{wi}/^{n_r}] , \quad P_{wi} = \text{const.}$$

Wyprowadzony wzór ma postać ogólną i jak to z przebiegu rozważań wynika, jest prawdziwy dla każdego obiektu grupowego /złożonego/, niezależnie od sposobu organizacji rozpoznania. Taktyka rozpoznania ma wpływ na sposób obliczenia sumarycznego prawdopodobieństwa wykrycia /rozpoznań/. Założenie traci moc wtedy, gdy jest możliwe pominięcie w zadaniu elementów już rozpoznanych, np. podczas pierwszego przelotu.

W praktycznych obliczeniach interesującą wielkością jest wykrycie "n" elementów przez samolot wykonujący zadanie w określonych warunkach działań bojowych. Zatem wzór przyjmuje postać:

$$M_r^{/x/} = x [1 - /1 - P_{wz}/^{n_r}]$$

Przykład: Prowadzone jest rozpoznanie obiektu grupowego 8-elementowego parą samolotów, Jedna załoga rozpoznaje poszczególne elementy obiektu w jednym przelocie z $P_r = 0,5$, druga z $P_r = 0,6$. Obliczyć liczbę rozpoznanych elementów obiektu, jeżeli każda z załóg wykonuje jeden przelot nad obiektem.

$$M_r^{/x/} = 8 [1 - /1 - 0,5/ /1 - 0,6/] = 6,4 \text{ elementów.}$$

W obliczeniach średniej oczekiwanej liczby rozpoznanych elementów ma zastosowanie wykres funkcji podstawowej.

2.7. Oczekiwana /potrzebna/ do wykonania zadania liczba samolotów

Wymagany stopień realizacji zadania rozpoznawczego, jak to wykazano w poprzednich rozważaniach, może być wyrażany w postaci prawdopodobieństw zdarzeń elementarnych lub sumarycznych bądź w formie wartości oczekiwanych rozpoznanych części powierzchni lub średniej liczby rozpoznanych elementów obiektu. Stopień ten stanowi więc granicę, której osiągnięcie jest równoznaczne z wykonaniem zadania bojowego z założoną skutecznością - z przyjętym wskaźnikiem skuteczności W_E .

Wychodząc z tych założeń potrzebną liczbę samolotów rozpoznawczych możemy określić, przyjmując za podstawę dalszych obliczeń prawdopodobieństwa wykonania zadania lub oczekiwane wartości możliwe do osiągnięcia przez jeden element rozpoznawczy. Wartościom tym powinny być podporządkowane założone, możliwe do osiągnięcia w danych warunkach wskaźniki skuteczności wyrażone w tych samych jednostkach wartości.

Jeżeli stopień realizacji zadania jest mierzony prawdopodobieństwem jego wykonania, to aby obliczyć potrzebną ilość sił, należy ustalić dwie podstawowe wielkości. Pierwsza z nich to wartość wskaźnika skuteczności będącego w tym wypadku prawdopodobieństwem sumarycznym - które w zadaniu należy osiągnąć. Drugi - to prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jeden element rozpoznawczy w warunkach, dla których określono wskaźnik skuteczności. Zależność tę możemy zapisać, wykorzystując do tego celu postać funkcji podstawowej:

$$W_E = P_s = 1 - /1 - P_{wz}/^{n_s},$$

gdzie: P_{wz} - prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jeden element /samolot/ rozpoznawczy;

n_s - liczba środków /samolotów/ rozpoznawczych.

Rozwiązując powyższe równanie wykładnicze względem " n_s ", otrzymamy:

$$/1 - P_{wz}/^{n_s} = 1 - W_E.$$

$$n_s \log /1 - P_{wz}/ = \log /1 - W_E/.$$

$$n_s = \frac{\log /1 - W_E/}{\log /1 - P_{wz}/}$$

Przykład: Prawdopodobieństwo rozpoznania przez jedną załogę pocisków rakietowych wynosi $P_{wz} = 0,4$. Ile należy wydzielić załóg, aby zadanie było wykonane z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż 0,8?

$$n_s > \frac{\log /1 - 0,8/}{\log /1 - 0,4/} = 3,15 = 4 \text{ załogi}$$

Wynik obliczenia trzeba było zaokrąglić z nadmiarem, ponieważ wymagano osiągnięcia prawdopodobieństwa co najmniej 0,8, a załóg /środków rozpoznawczych/ nie można przecież dzielić na części.

Jeżeli postulowany stopień realizacji zadania rozpoznawczego będzie wyrażony w formie średnich oczekiwanych liczb rozpoznanych elementów obiektu i znane są jednostkowe możliwości środków rozpoznawczych /wyrażone w tej samej postaci/, potrzebną liczbę środków możemy określić, wykorzystując wzór:

$$W_E = M_r^{/n/} = 1 - /1 - M_r/^{n_s}$$

i przekształcając go w analogiczny do poprzedniego sposób, w wyniku czego otrzymamy:

$$n_s = \frac{\log /1 + M_r^{/n/}/}{\log /1 - M_r/}$$

Przykład: W rejonie rozpoznania o powierzchni 100 km² rozmieszczony jest 6-elementowy obiekt grupowy. Obliczyć potrzebną liczbę załóg, które rozpoznają co najmniej 4 elementy, jeżeli każda z wydzielonych załóg wykonuje zadanie ze średnim prawdopodobieństwem $P_{wz} = 0,4$ i w jednym przelocie przeszukuje obszar o powierzchni 20 km.

Rozwiązanie:

1/ gdy załoga przelatuje nad obiektem jeden raz /przeszukuje jeden pas/:

$$M_r^{/n/} = \frac{4}{6} = 0,67$$

$$M_r /1/ = \frac{20}{100} \cdot 0,4 = 0,08$$

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,67/}{\log /1 - 0,08/} = 13,29 : 14 \text{ załóg};$$

2/ gdy załoga przeszukuje swój pas dwukrotnie:

$$M_r /2/ = \frac{20}{100} \cdot 1 - /1 - 0,4/2 = 0,128$$

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,67/}{\log /1 - 0,128/} = 8,9 \text{ załóg};$$

3/ gdy załoga przeszukuje dwa pasy:

$$M_r /2/ = \frac{2 \cdot 20}{100} = 0,4 = 0,16$$

$$n_s = \frac{\log /1 - 0,67/}{\log /1 - 0,16/} = 6,36 = 7 \text{ załóg}$$

Z powyższego wynika, że nie da się ustalić jednej ogólnej metody umożliwiającej określenie liczby środków rozpoznania, jaką należy przeznaczyć do wykonania zadania bojowego. Zależy to bowiem od sytuacji oraz charakteru wykonywanego zadania bojowego. Rozwiązując tego typu zadania taktyczne, należy wyznaczyć granicę rozważań, gdyż prawdopodobieństwa 100% nie uzyska się nigdy. Granicą tą jest zazwyczaj możliwa do użycia ilość sił i ona warunkuje sposób działania, który możemy uzasadnić wykorzystując metody matematyczne.

Wykonane wyżej obliczenia potrzebnej liczby środków rozpoznawczych umożliwiają znalezienie odpowiedzi w zasadzie na jedno pytanie: jaką liczbę środków rozpoznawczych należy wydzielić lub mieć w dyspozycji, aby w trakcie realizacji zadania bojowego wskaźnik skuteczności W_E osiągnął żadaną wartość.

W większości wypadków potrzeby przekraczają możliwości. Staje się więc koniecznością zbilansowanie ogólnych możliwości w stosunku do ogólnych potrzeb, a więc określenie posiadanego zapasu środków rozpoznawczych i ich praktycznego, średniego wykorzystania w przekroju całego zadania rozpoznawczego /np. wykonywanego w określonym czasie/.

Obliczenie średniego rzeczywistego wykorzystania środków rozpoznawczych

Zadanie to można wykonać w oparciu o następujące założenia: do wykonania zadania rozpoznawczego wydziela się n_s środków rozpoznawczych, z których każdy rozpoznaje obiekt pojedynczy /prosty/ z prawdopodobieństwem "P"; realizacja zadania zostaje przerwana natychmiast po stwier-

dzeniu, że zostało zebranych tyle danych o obiekcie, że umożliwiające jego rozpoznanie. Należy określić średnie wykorzystanie środków rozpoznawczych n_s/n .

Wystarczającą dokładność zapewnia funkcja podstawowa, która umożliwia określenie wyników sumarycznych i rozwiązanie części zadań dotyczących ustalenia wskaźnika skuteczności. Ogólnie przyjmuje się, że prawdopodobieństwo sumaryczne wykonania zadania przy użyciu n środków jest równe:

$$P_s/n/ = W_E/n/ = 1 - /1 - P_{wz}/^n$$

Wynika z tego, że na wszystkie n użytych środków średnio przypada $W_E/n/ = P_s/n/$ rozpoznanych obiektów /części rozpoznanej powierzchni, liczby rozpoznanych elementów obiektu/. Zatem każdy z wydzielonych środków rozpoznawczych rozpoznaje średnio P_{wz} obiektów. Jeżeli zostanie wykonanych $n_s/n/$ uogólnionych rozpoznań, wówczas pozwalają one na rozpoznanie $P_{wz} \cdot n_s/n/$ obiektów. Stąd:

$$n_s/n/ \cdot P_{wz} = 1 - /1 - P_{wz}/^n,$$

a więc średnie wykorzystanie środków wynosi:

$$n_s/n/ = \frac{1 - /1 - P_{wz}/^n}{P_{wz}} = \frac{W_E/n/}{P_{wz}}$$

Przykład: Rozpoznanie obiektów pojedynczych prowadzi się przeciętnie parami samolotów. Każda załoga wykonuje zadanie w jednym przelocie nad obiektem z $P_{wz} = 0,6$. Zadanie przerwane zostaje natychmiast po wykryciu głównych elementów. Znaleźć średnie wykorzystanie środków rozpoznawczych.

$$n_s/n/ = \frac{1 - /1 - 0,6/2}{0,6} = 1,4$$

Wniosek: Efektywnie zostanie wykorzystana tylko część możliwości każdej pary samolotów. Zatem każdej parze należy przydzielić dodatkowy, łatwy do rozpoznania obiekt.

W analogiczny sposób oblicza się rzeczywiste średnie wykorzystanie środków rozpoznawczych do rozpoznania grupowego lub powierzchniowego. Istotne znaczenie mają tu przyjęte warunki rozpoznania i przyjęty manewr.

Najprościej zadanie to wykonać, jeżeli rozpoznanie prowadzi się aż do całkowitego osiągnięcia założonego rezultatu /wekaźnika efektywności/.

W tym wypadku średnie zużycie można określić ze wzoru:

$$n_s / n = \frac{M_r}{P_{wz}},$$

gdzie: M_r - średnia liczba elementów obiektu grupowego rozpoznanych przez n środków rozpoznania;

P_{wz} - prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę.

Przykład: Prowadzi się rozpoznanie 3-elementowego obiektu grupowego. Do realizacji tego zadania wydzielono 5 załóg. Każda załoga wykonuje zadanie z $P_{wz} = 0,7$. Określić wykorzystanie sił do chwili rozpoznania 2 elementów.

$$M_r / 5 = x [1 - (1 - P_{wz})^n]$$

$$M_r / 5 = 2 [1 - (1 - 0,7)^5] = 1,99$$

$$n_s / 5 = \frac{1,99}{0,7} = 2,84$$

Wniosek: Do rozpoznania tego typu obiektów zostanie średnio wykorzystanych 2,84 samolotu. Pozostałe załogi mogą wykonać inne zadanie.

Wzór ten może mieć i inne zastosowanie, na przykład do określenia średniej ilości sił potrzebnej do wykonania zadań z danej grupy w wypadku znajomości zadania ogólnego:

$$n_s / r = \frac{M_r}{P_{wz}},$$

gdzie: r - liczba obiektów z danej grupy.

Przykład: Treść jak w poprzednim zadaniu. Określić ilość sił potrzebną do rozpoznania 6 obiektów tego samego typu.

$$n_s = 2,84 \cdot 6 = 17,04 \text{ samolotów.}$$

2.8. Oczekiwane straty własne

Wykonanie zadań bojowych przez lotnictwo rozpoznawcze w większości wypadków wymaga dotarcia samolotów do obiektów będących przedmiotami rozpoznania, a więc przeniknięcia przez strefy OPL i OP nieprzyjaciela. Wiąże się to z narażeniem samolotów rozpoznawczych na aktywne oddziaływanie wszystkich środków OPL i OP nieprzyjaciela, a w konsekwencji z ponoszonymi stratami. Powodują one zmniejszenie możliwości bojowych lotnictwa rozpoznawczego.

Integralną częścią planowania działań bojowych jest prognostyczna

ocena strat, w ramach której określana jest skuteczność wykonywanych zadań rozpoznawczych według kryterium ponoszonych kosztów. Rozwiązanie tego zadania może być oparte, podobnie jak poprzednio, na rachunku prawdopodobieństwa. Otrzymane tą drogą wyniki będą jednak szacunkowymi, a ich wartości średnimi. Spowodowane jest to brakiem możliwości prognostycznej, a jednocześnie pełnej oceny rozwijającej się sytuacji operacyjno-taktycznej, a na jej tle - możliwości bojowych systemu OPL i OP nieprzyjaciela.

Z rozważań o możliwościach pokonania przez lotnictwo OPL i OP nieprzyjaciela wynika, że aktywne działania środków należących do tych systemów nie zawsze doprowadza stronę przeciwną do ponoszenia strat bezpowrotnych, a więc strat, które przede wszystkim obniżają potencjał bojowy. Stwierdzenie to w pełni potwierdzają działania lotnictwa, głównie w okresie II wojny światowej, a także w konfliktach wojennych ostatniego okresu. Doświadczenia te pozwalają na podzielenie skutków przeciwdziałania środków OPL i OP na trzy podstawowe grupy.

Pierwsza z nich to zadanie lotnictwu przeciwnika strat bezpowrotnych w trakcie wykonywania zadań bojowych. W praktyce oznacza to, że część sił nie wykona zadania bojowego i nie może być ponownie użyta.

Druga - to zadanie strat częściowych, głównie technicznych, w wyniku których samoloty muszą być poddane remontowi. Mimo że siły te powrócą /co generalnie można przyjąć/, postawionego zadania nie wykonają. W rozwiązywanych zadaniach ta część sił uwzględniana może być podczas określania ogólnej sprawności technicznej sprzętu bojowego.

Trzecia grupa - to uniemożliwienie samolotom przeciwnika dotarcia do obiektów rozpoznania i zmuszenie ich do powrotu na lotnisko bazowania. I ta część sił nie wykona zadania bojowego. Może być jednak użyta ponownie.

Uogólniając, stwierdzić należy: o ile prawdopodobieństwo niepokonania OPL nieprzyjaciela $/1 - Q_{OPL}/$ określa siły, które w wyniku przeciwdziałania tego systemu nie wykonają nakazanego zadania bojowego, o tyle współczynnik strat bezpowrotnych określa tę część sił, która nie tylko nie wykona zadania bojowego, lecz nie będzie mogła być ponownie użyta.

Czyli:

$$Q_{OPL} > a,$$

gdzie: a - współczynnik strat bezpowrotnych.

Przeprowadzony podział skutków przeciwdziałania OPL i OP nieprzyjaciela pozwala jednoznacznie wyodrębnić tę część, która jest przedmiotem dalszych rozważań. Została ona określona w pierwszej grupie. W roz-

wiązanych zadaniach taktycznych i ich matematycznym zapisie oznaczana jest współczynnikiem strat bezpowrotnych "a".

Wybór jednego, w pełni odzwierciedlającego określoną sytuację, współczynnika strat bezpowrotnych jest przedsięwzięciem bardzo trudnym. Przyjmując jednak założenie, że środki OPL i OP oraz sposoby ich użycia doskonaliły się jednocześnie z rozwojem taktyki przenikania przez strefy ognia tych środków, ustalony na podstawie minionych działań bojowych współczynnik strat bezpowrotnych może mieć pełne zastosowanie w rozwiązywanych współczesnych zadaniach taktycznych. Biorąc za podstawę powyższe rozważania oraz uwzględniając zmienność sytuacji operacyjno-taktycznej, a tym samym skuteczność systemów OPL i OP stwierdzić można, że istnieje konieczność zastosowania w obliczeniach dwóch wskaźników strat bezpowrotnych. Jeden o wartości 0,05 - uwzględniany może być w zadaniach taktycznych, których tło operacyjno-taktyczne obejmuje początkową fazę działań bojowych, np. pierwszą operację powietrzną lub pierwszy dzień operacji zaczepnej /obronnej/. W pozostałych okresach może być uwzględniany wskaźnik strat bezpowrotnych wynoszący 0,03.

Ponoszone straty bezpowrotne można określić, wykorzystując wzór:

$$n_a^{/n/} = n_s \cdot k \cdot a \frac{1 - /1 - a/n/}{a}, \text{ dla } a < 1,$$

gdzie: a - współczynnik strat bezpowrotnych;

k - współczynnik sprawności technicznej samolotów;

n_s - ogólna liczba samolotów /uwzględniana w obliczeniach/;

n - natężenie działań bojowych.

Przykład: $n_s = 36$, $k = 0,8$, $a = 0,03$. Obliczyć straty bezpowrotne, jeżeli $n = 4$.

$$n_a^{/4/} = 36 \cdot 0,8 \cdot 0,03 \frac{1 - /1 - 0,03/4}{0,03} = 3,3 = 4$$

2.9. Oczekiwana /potrzebna/ liczba lotów rozpoznawczych

Ocena skuteczności wykonywanych zadań rozpoznawczych według kryterium wydatku niezbędnych sił i środków z zasady rozpoczyna się od zbilansowania możliwości bojowych posiadanych sił i środków. Podstawowym wskaźnikiem umożliwiającym liczbowe wyrażenie tych możliwości jest oczekiwana /możliwa/ liczba lotów rozpoznawczych możliwych do wykonania w założonym okresie lub z określonym natężeniem.

Do podstawowych wielkości, które umożliwiają obliczenie wyżej wymienionego wskaźnika, należą:

- liczba samolotów uwzględniana w kalkulacjach /etatowa, planowana/;

- natężenie działań bojowych;
- współczynniki charakteryzujące zdarzenia losowe, pomniejszające efekt końcowy działań.

Warunkiem ograniczającym rozważania jest uwzględnienie w założeniach tej liczby samolotów, która może do działań wystartować, a więc jest technicznie sprawna. Zależność tę możemy zapisać następująco:

$$N = n_s k,$$

gdzie: N - maksymalna liczba samolotów, która może jednorazowo wystartować;

n_s - liczba samolotów uwzględniana w obliczeniach;

k - współczynnik sprawności technicznej samolotów.

Jeżeli loty prowadzone są z natężeniem "n" i każdy samolot wykona "n" lotów, sumaryczną liczbę lotów bojowych obliczymy ze wzoru:

$$N^{/n/} = n_s k / 1-a / \frac{1-1-a^n}{a}, a < 1,$$

gdzie: a - wskaźnik strat bezpowrotnych;

n - natężenie działań bojowych w s/l.

Wzór ten zapewnia ustalenie sumarycznej liczby lotów bojowych zakończonych lądowaniem. Nie umożliwia on jednak określenia liczby lotów, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania. Zatem koniecznością staje się uwzględnienie w obliczeniach współczynnika pokonania OPL nieprzyjaciela, w wyniku czego wzór przyjmie postać:

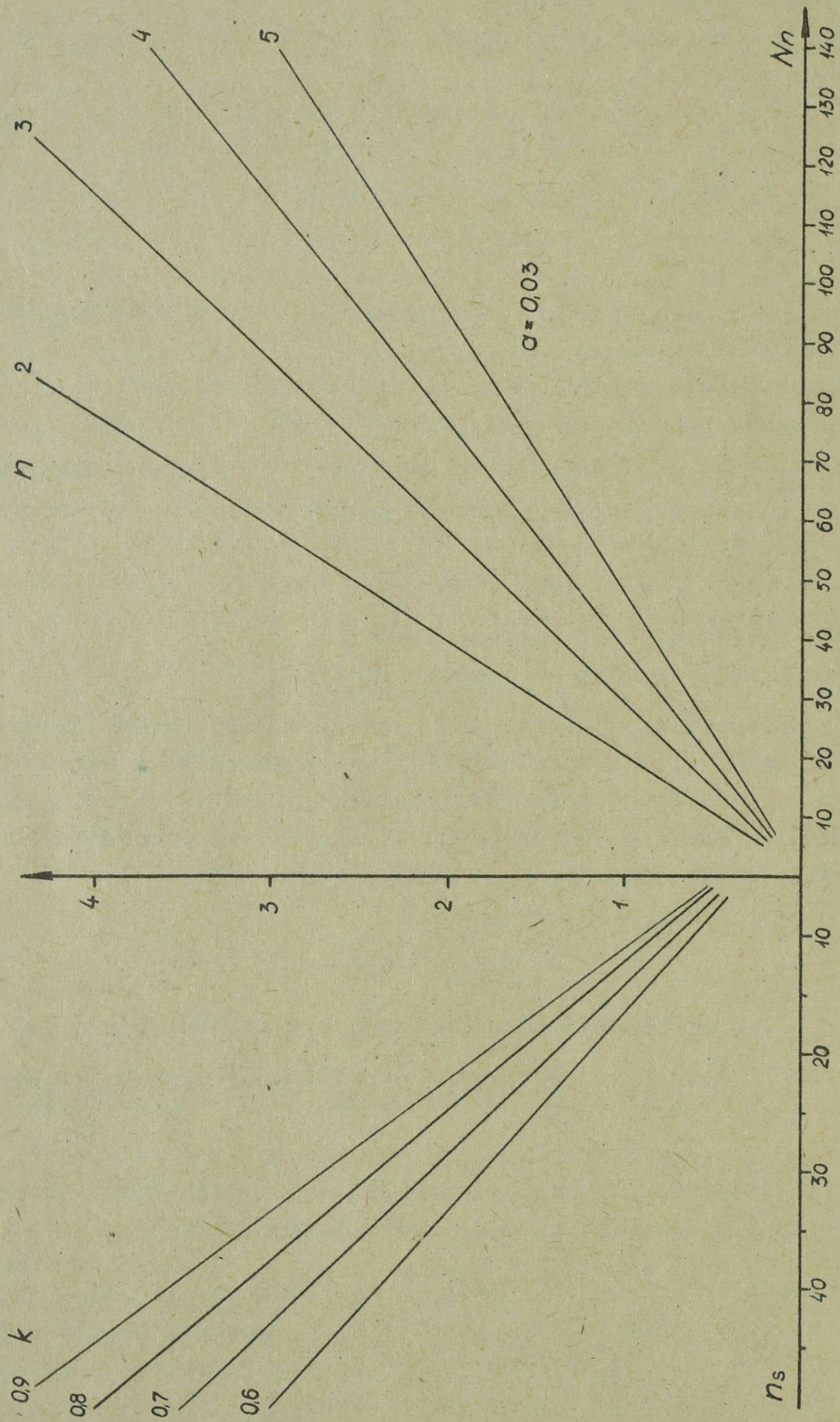
$$N_R = n_s k Q_{OPL} \frac{1-1-a^n}{a}$$

gdzie: Q_{OPL} - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela.

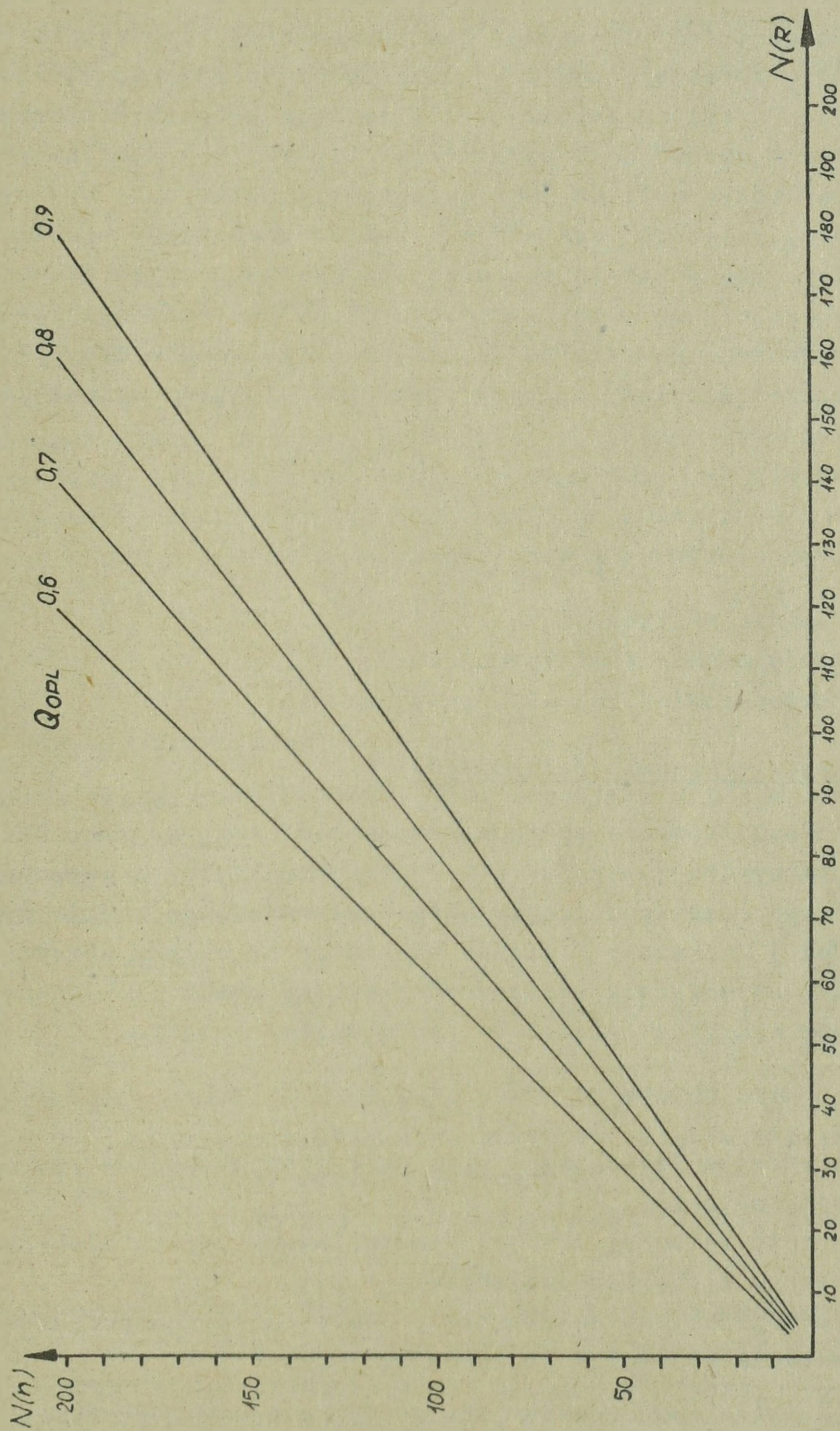
Powyższe wielkości można również określić, wykorzystując wykresy - rys. 19 i 20.

3. SPRECYZOWANIE FUNKCJI KRYTERIUM ROZPOZNANIA OBIEKTÓW I SPOSOBU WYBORU WSKAŹNIKÓW SKUTECZNOŚCI ZADAŃ TAKTYCZNYCH

Skuteczność konkretnego zadania rozpoznawczego nie może być wyrażona dowolnie wybranym wskaźnikiem. Chcąc wybrać właściwy należy uwzględnić specyfikę i cel zadania rozpoznawczego oraz przedmiot rozpoznania. Matematyczny zapis każdego z ustalonych wskaźników jest jednocześnie funkcją kryterium rozpoznania obiektów.



Rys.19. Nomogram służący do określania liczby możliwych do wykonania samolotolotów



Rys. 20. Wykres służący do określania liczby lotów, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania

3.1. Opis ilościowy funkcji kryterium rozpoznania obiektów

3.1.1. Dla obiektu pojedynczego /prostego/

Formułując zadania rozpoznawcze, gdy przedmiotem rozpoznania jest obiekt pojedynczy /prosty/, pod uwagę bierze się przede wszystkim możliwość osiągnięcia celu. Zazwyczaj celem takiego zadania rozpoznawczego jest wykrycie i rozpoznanie parametrów obiektu. Ponieważ zadanie rozpoznawcze, w którym możliwe jest osiągnięcie celu, może być wykonywane tylko według schematu "tak - nie" /obiekt rozpoznany - obiekt nie rozpoznany/ więc jako wskaźnik skuteczności należy przyjąć prawdopodobieństwo rozpoznania obiektu. W wypadku oceny skuteczności "całego" zadania rozpoznawczego /od startu do momentu przekazania danych/ jako wskaźnik skuteczności należy przyjąć prawdopodobieństwo wykonania zadania.

$$W_E = P_r$$

lub

$$W_E = P_{wz}$$

gdzie: W_E - wskaźnik skuteczności;

P_r - prawdopodobieństwo rozpoznania;

P_{wz} - prawdopodobieństwo wykonania zadania.

3.1.2. Dla obiektu grupowego /złożonego/

Przy precyzowaniu zadania rozpoznawczego pod uwagę powinny byćbrane uwarunkowania wynikające ze struktury obiektu. I tak w wypadku rozpoznania grupowego obiektu ześrodkowanego celem zadania będzie wykrycie możliwie dużej /nakazanej/ liczby elementów ze składu obiektu. W tej sytuacji jako wskaźnik skuteczności należy wziąć oczekiwaną /średnią/ liczbę wykrytych elementów /parametrów/ obiektu:

$$W_E = M_r = \sum_{i=1}^n X_i P_i$$

gdzie: M_r - oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów /parametrów/ obiektu;

X_i - wartość zmiennej losowej /rozpoznawana liczba elementów obiektu z prawdopodobieństwem P_i /;

P_i - prawdopodobieństwo zdarzenia losowego /prawdopodobieństwo wykrycia elementów jednorodnych X_i /.

Jeżeli przedmiotem rozpoznania jest obiekt grupowy ześrodkowany na powierzchni, której granice są trudne do ustalenia, zastosowanie po-

przedniego schematu działania może się okazać niemożliwe, chociażby ze względu na konieczność przeglądnięcia całej prawdopodobnej powierzchni rozśrodkowania /rozmoszczenia elementów/ obiektu. W tym wypadku jako wskaźnik skuteczności należy przyjąć względną średnią rozpoznaną powierzchnię /udział rozpoznawanej powierzchni w całej powierzchni rejonu rozpoznania/.

Zatem wskaźnik skuteczności przyjmie postać:

$$W_E = M_r = \frac{M/S_r}{S_D}$$

gdzie: S_r - rozpoznana powierzchnia;

S_D - całkowita powierzchnia rejonu D.

W niektórych wypadkach, szczególnie podczas kolejnego rozpoznania tego samego rejonu, stawia się bardziej określone zadanie, np. wykrycie wszystkich elementów obiektu grupowego lub wykrycie nakazanej części wszystkich elementów. Wtedy wskaźnikiem skuteczności rozpoznania obiektu grupowego będzie prawdopodobieństwo wykonania postawionego zadania.

A więc:

$$W_E = P_{wz}$$

3.1.3. Dla obiektu powierzchniowego

Istotną miarą obiektu powierzchniowego jest średnia część powierzchni, na której wykryto i rozpoznano elementy obiektu. W związku z tym, że obiekty powierzchniowe rozpoznawane są przez siły większe od jednego samolotu, wskaźnik skuteczności przyjmie postać:

$$W_E = M_r^{/n_s/} = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^m S_{pr}^{/n_s/} [1 - /1 - p/^{n_s}]$$

gdzie: $S_{pr}^{/n_s/}$ - strefa przeglądana przez " n_s " samolotów;

p - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu w przeglądanej strefie przez jeden samolot;

$M_r^{/n_s/}$ - średnia część powierzchni rozpoznanej przez wszystkie " n_s " samolotów.

Jeżeli samoloty przeglądają rejon lecąc po przypadkowych trasach, to średnią część rozpoznanej powierzchni dla wszystkich " n_s " samolotów rozpoznawczych w przybliżeniu można określić, wykorzystując wzór:

$$W_E = M_r^{/n_s/} = 1 - /1 - M_r/^{n_s}$$

gdzie: M_r - średnia część powierzchni rozpoznanej przez jeden samolot.

3.1.4. Dla obiektu stałego

Gdy przedmiotem rozpoznania jest obiekt stały, najczęściej celem rozpoznania jest potwierdzenie jego struktury lub wykrycie nowych elementów /parametrów/ - wszystkich lub określonej ich części. Jeżeli obiekt jest "ogólnie znany", wskaźnik skuteczności wybieramy według struktury organizacyjnej obiektu. W przypadku gdy zadanie jest sprecyzowane, jako wskaźnik skuteczności przyjmujemy prawdopodobieństwo wykonania zadania:

$$W_E = P_{wz}$$

Jeśli zadanie jest wykonywane po raz pierwszy, zwłaszcza w warunkach braku dokładnej informacji o obiekcie, celem rozpoznania będzie wykrycie możliwie dużej liczby elementów /parametrów/. W tej sytuacji wskaźnikiem skuteczności będzie oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów /parametrów/ obiektu:

$$W_E = M_r \sum_{i=1}^n X_i P_i$$

3.1.5. Dla obiektu ruchomego

Najczęściej celem zadania rozpoznawczego będzie jego wykrycie, ustalenie jego składu oraz określenie prawdopodobnego kierunku ruchu. W tym wypadku wskaźnikiem skuteczności będzie prawdopodobieństwo wykrycia lub /najczęściej/ oczekiwana /średnia/ liczba wykrytych elementów /parametrów - głównie ruchu/ obiektu. Zatem:

$$W_E = P_w$$

lub

$$W_E = M_r = \sum_{i=1}^n X_i P_i$$

3.2. Opis jakościowy funkcji kryterium rozpoznania obiektów

Rozwiązanie przez dowódców i sztaby zadań taktycznych, a następnie ocena ich skuteczności, poza umiejętnością wyboru właściwych wskaźników, wymaga znajomości ich wartości /liczbowych/ określających pożądany poziom wykonywanych zadań rozpoznawczych. Przyjmując tę wartość za podstawę, bierze się /najczęściej/ znaczenie obiektu na polu walki oraz wpływ tego obiektu na planowany przebieg działań.

Ustalona w ten sposób wartości wskaźników określające stopnie wykonania zadań rozpoznawczych każdorazowo są inne. Wynika to z dużej liczby

czynników, jakie są brane pod uwagę; różnych metod rozwiązywania zadania taktycznego, doświadczenia itp. W efekcie końcowym oprócz dowódcy /oficera planującego/ nikt nie zna aktualnej "wartości rozpoznawczej obiektu", a tym samym stopnia, w jakim zadanie powinno być wykonane. Ustalone w toku planowania wartości rozpoznawcze obiektów są jednocześnie zakładanymi wskaźnikami skuteczności rozpoznania^{1/}. Ich wartości liczbowe uwzględniane są podczas rozwiązywania jednostkowych zadań taktycznych przy wykorzystaniu przedstawionych zależności.

Schematyczne zestawienie klas i grup obiektów oraz przypisane im zakładane wskaźniki skuteczności przedstawiono w tabeli 4.

4. PRZYKŁAD OCENY SKUTECZNOŚCI PLANOWANYCH ZADAŃ ROZPOZNAWCZYCH

4.1. Założenie do zadania:

a/ przedmiot rozpoznania: elementy ugrupowania bojowego 1 KA /NZ/ oraz obiekty OP rozmieszczone w terenie zakrytym;

b/ rejon rozpoznania: ugrupowanie bojowe 1 KA /NZ/;

c/ rozmieszczenie obiektów: jak na rys. 21;

d/ podmiot rozpoznania: siły i środki plrt;

e/ wskaźniki: $n_g = 36$; $k = 0,8$; $a = 0,03$; $Q_{OPL} = 0,8$; $n = 3$;

$t_1 = 4$ s; $V_r = 500$ km/h; $H_r = 300-400$ m.

Zadanie do rozwiązania:

- określić potrzeby rozpoznawcze w założonej sytuacji;
- ocenić możliwości wykonania przez pułk zadań rozpoznawczych;
- ocenić prognostyczną skuteczność zaplanowanych zadań rozpoznawczych.

4.2. Sprawdzenie możliwości wykonania zadania rozpoznawczego

A. Określenie potrzeb

Obiektami rozpoznania, jak z założenia wynika, mogą być wszystkie elementy ugrupowania bojowego 1 KA /NZ/. Przyjmując, że w pasie rozpoznania plrt działa lotnictwo wojsk lądowych /i inne rodzaje lotnictwa/, a ściślej jego część prowadząca rozpoznanie powiatrzne, z kalkulacji możemy wyłączyć pas do głębokości około 15 km, gdyż rozmieszczone w nim obiekty są przedmiotami rozpoznania ogólnowojskowych związków taktycznych pierwszego rzutu /eskadr śmigłowców rozpoznawczo-łącznikowych/. Biorąc pod uwagę konkretną sytuację operacyjno-taktyczną, dokonujemy selekcji pozostałych obiektów, przedmiotów rozpoznania plrt. Przykładowe zestawienie potrzeb ujęte jest w kolumnach 2,3 i 4 tabeli 5.

^{1/} W literaturze można spotkać termin - "prawdopodobieństwo gwarancyjne".

Tabela 4

Klasyfikacja obiektów rozpoznania

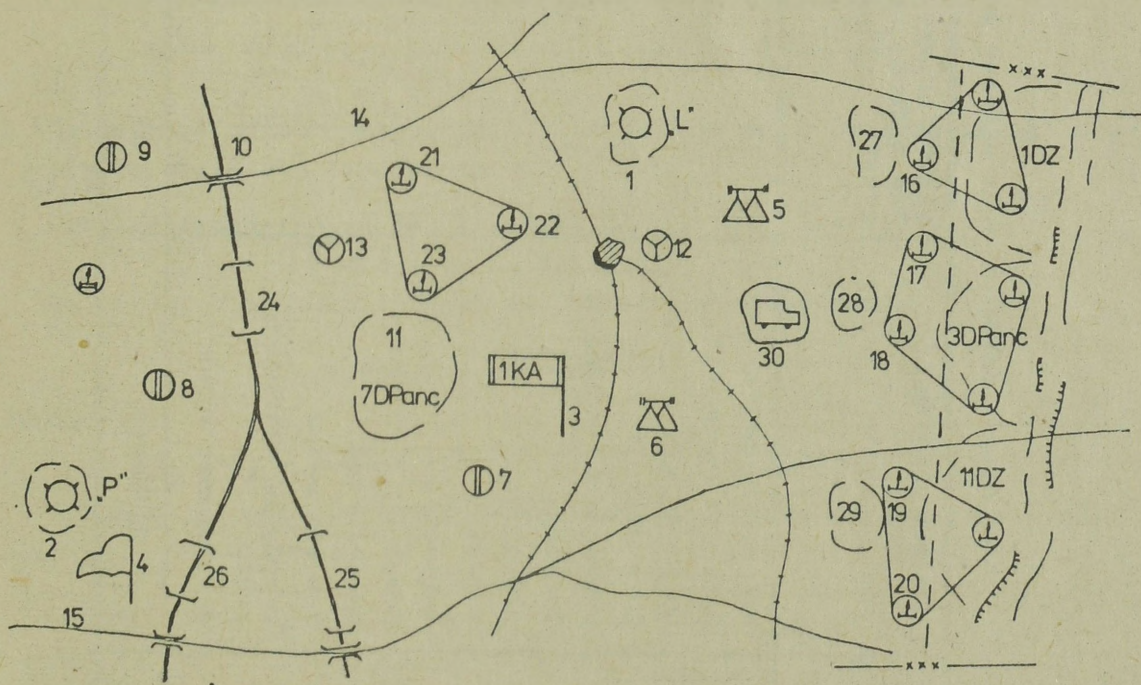
Klasy obiektów	Pierwsza	Druża	Trzecia
Siły i środki masowego rażenia	Siły i środki masowego rażenia	Obiekty systemu dowodzenia i klasyczne środki walki o pełnej gotowości bojowej	Siły i środki gotowe do użycia w drugiej kolejności. Obiekty bytowe.
Wskazniki skuteczności	$W_E > 0,85$	$0,7 < W_E < 0,85$	$W_E > 0,6$
	$W_E = P_F$ $W_E = P_{WZ}$	$M_T = \sum_{i=1}^m X_i P_i$ $M_T = \frac{M/S_r}{S_D}$ $W_E = P_{WZ}$	$M_T = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^m \frac{S_{pr}^{n_s}}{n_s} [1 - (1-p)^n]$ $M_T^n = 1 - (1 - M_T^n / S_D^n)$
Grupy obiektów	Obiekty pojedyncze	Obiekty grupowe	Obiekty powierzone

Przyjęte wielkości są orientacyjne. Uzyskano je w wyniku kalkulacji opartych o średnie normy potrzeb i możliwości bojowych lotnictwa rozpoznawczego, zamieszczonych w podręczniku "Taktyka lotnictwa rozpoznawczego", wyd. Sztab Gen. 1978.

Dalsze potrzeby dotyczą ilości sił rozpoznawczych. Przyjmując do kalkulacji cytowane średnie normy, ilość sił potrzebną do rozpoznania wytypowanych obiektów zestawiono w kolumnach 5 i 6 tabeli 5. Podana w podsumowaniu liczba 148 obrazuje potrzeby wykonania lotów rozpoznawczych w ciągu jednego dnia w wypadku, gdy każdy z obiektów rozpoznania będzie rozpoznawany oddzielnie.

B. Określenie możliwości bojowych plrt

- a. Obliczenie oczekiwanej średniej liczby lotów możliwych do wykonania przez pułk w ciągu jednego dnia.



Rys.21. Przykładowe rozmieszczenie obiektów rozpoznania

Tabela 5

Zestawienie obiektów oraz potrzeb ich rozpoznania

Nr obiektu	Nazwa obiektu	Liczba obiektów z danej grupy	Potrzebna liczba rozpoznania w ciągu dnia	Potrzebna ilość sił do rozpoznania jednego obiektu	Sumaryczna potrzebna ilość sił do rozpoznania s/l
1	bateria "Lance"	1	4	4	16
2	bateria "Pershing"	1	4	4	16
3	SD 1 KA /NZ/	1	3	2	6
4	SD 2 PTSP	1	3	2	6
5,6	posterunek wykrywania	2	2	2	8
7,8,9	lotniska	3	2	2	12
10	przeprawa	1	2	1	2
11	7 DPanc	1	2	4	8
12,13	ładowiska	2	2	2	8
14,15	drogi	2	2	2	8
16-23	baterie PRK	8	2	2	32
24-26	rubieże wodne	3	2	1	6
27-29	odwody ZT pierwszego rzutu	3	3	2	18
30	zgrupowanie wojsk	1	2	1	2
	Ogółem:	30	-	-	148

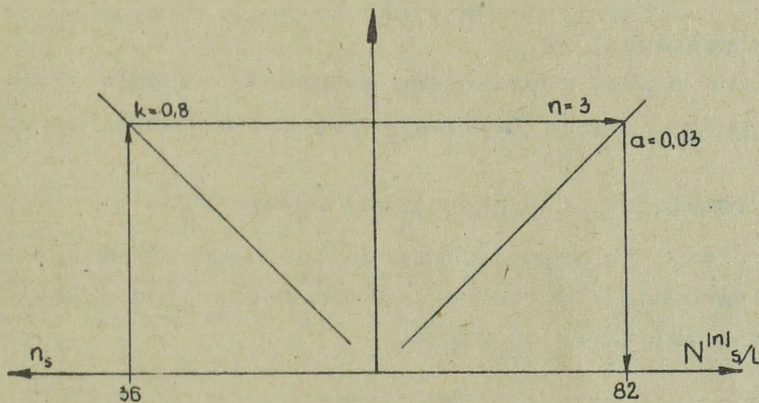
Dane wyjściowe: $n_s = 36$, $k = 0,8$, $a = 0,03$, $n = 3$ loty na samolot.
Do obliczenia szukanej wielkości wykorzystujemy wzór:

$$N/n/ = n_s k / 1-a/ \frac{1-1-a/n}{a}$$

zatem

$$N/3/ = 36 \cdot 0,8 / 1-0,03/ \frac{1-1-0,03/3}{0,03} = 81,3 \text{ s/l}$$

Zadanie to możemy rozwiązać, wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 19.



b. Obliczenie oczekiwanej średniej liczby lotów, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania.

Dane wyjściowe: $n_s = 36$, $k = 0,8$, $Q_{OPL} = 0,8$, $a = 0,03$,
 $n = 3$ loty na samolot.

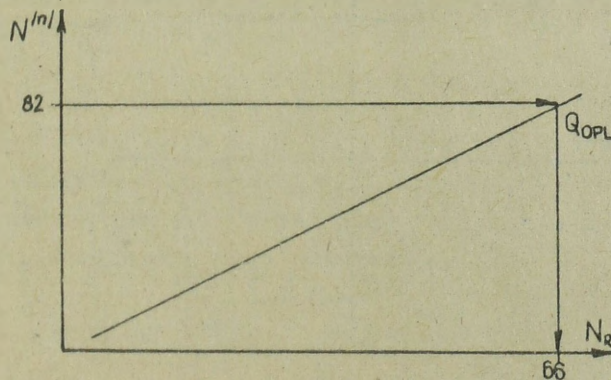
Do obliczenia szukanej wielkości wykorzystujemy wzór:

$$N_R = n_s k Q_{OPL} \frac{1-1-a/n}{a}$$

zatem

$$N_R = 36 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \frac{1-1-0,03/3}{0,03} = 66,95 \text{ s/l}$$

Zadanie to możemy wykonać, wykorzystując wykres przedstawiony na rys. 20.



Kolejną czynnością na tym etapie kalkulacji jest porównanie potrzeb z możliwościami. Z porównania i oceny tych dwóch wielkości wniosek może być tylko jeden: wstępnie zaplanowanego zadania pułk posiadanymi siłami nie będzie mógł wykonać. Należy zatem sprecyzować nowe zadanie, mieszczące się w jego możliwościach /67 s/1/.

Sposób i kolejność dalszych kalkulacji.

c. Obliczenie średniego wykorzystania środków rozpoznawczych.

W tym celu wykorzystujemy wzór:

$$n_s / n = \frac{1 - /1 - P_s /^{n_s}}{P_s}$$

Wielkościami zmiennymi są:

P_s - sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania przez grupę samolotów w jednym locie /wykonujących lot w jednym ugrupowaniu bojowym;

n_s - liczba samolotów, dla której obliczamy " P_s ".

Jeżeli przyjmiemy, że średnie /uogólnione zadanie/ wykonywane będzie parami, to średnie sumaryczne prawdopodobieństwo wykonania zadania przez tę parę obliczymy ze wzoru:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 P_w Q_{OPL} /^n,$$

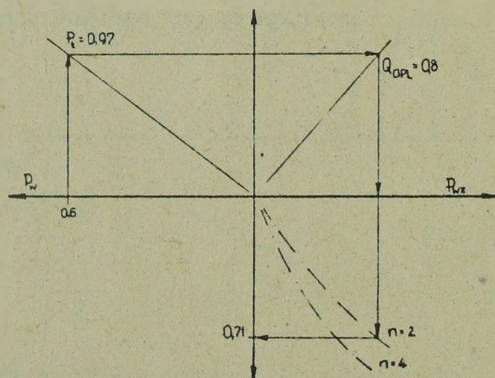
czyli

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 0,6 0,8 /^2 = 0,71$$

gdzie: $P_w = 0,6$ - prawdopodobieństwo wykrycia /średnie dla wszystkich obiektów, dla których liczymy średnie wykorzystanie środków rozpoznawczych/;

$Q_{OPL} = 0,8$ - prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela /średnie dla wszystkich lotów/.

Wartość " P_s " możemy określić, wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 11.



Podstawiając obliczoną wartość " P_s " do wzoru wyjściowego, otrzymamy:

$$n_s / 2 = \frac{1 - \sqrt{1 - 0,71/2}}{0,71} = 1,29 \text{ pary samolotów}$$

Jak z obliczeń wynika, aby jednorazowo rozpoznać uogólniony /średni/ obiekt z prawdopodobieństwem wykrycia nie mniejszym niż $P_w = 0,6$, trzeba jednorazowo wydzielić 3 samoloty, co równa się 3 samolotolotom /3 s/l/.

Jeżeli przyjęty do obliczeń plrt może wykonać $N_R = 67$ lotów rozpoznawczych, w których załogi dotrą do obiektów rozpoznania, to oznacza, że w przypadku wykonania wszystkich lotów rozpoznawczych zostanie N_o obiektów. Zależność tę możemy zapisać następująco:

$$N_o = \frac{N_R}{n_s}$$

czyli

$$N_o = \frac{66}{3} = 22,$$

co oznacza, że w wypadku wydzielenia średnio po 3 załogi na obiekt, pułk działając całością sił, z natężeniem 3 loty na samolot, może rozpoznać 22 obiekty oddzielnie lub 22 zespoły obiektów /np. jeden trudny i jeden łatwy obiekt do rozpoznania/, przy czym każdy z nich będzie rozpoznany tylko jeden raz. Jeśli przyjmiemy, że obiekty te powinny być rozpoznane średnio dwa razy w ciągu okresu, dla którego przyjęto natężenie działań, to znaczy, że pułkowi może być przekazanych tylko 11 obiektów do rozpoznania i kontrolowania. Oczywiście jest to liczba orientacyjna. Po szczegółowej analizie sytuacji operacyjno-taktycznej, terenu i wzajemnego położenia obiektów liczba ich przekazana pułkowi może być większa. Z analizy ćwiczeń, głównie dokumentów bojowych, wynika, że zawarte w nich zadanie rozpoznawcze przekazywane jednemu pułkowi obejmowało rozpoznanie i śledzenie średnio 16-17 obiektów lądowych.

Obliczone przykładowo wielkości, uzupełnione o terminy wykonania zadań, znajdują swe odbicie w dokumentach bojowych przekazywanych do plrt.

Rozwiązanie dwóch kolejnych zadań ma na celu sprecyzowanie ilości sił potrzebnej do wykonania każdego z zadań rozpoznawczych oraz określenie celów jednostkowych zadań rozpoznawczych. Wykonanie ich jest konieczne w wypadku, gdy otrzymane zadanie jest ogólne, bez precyzji i nie ujętych poszczególnych jego elementów.

4.3. Rozwiązania zadania taktycznego

Podstawą oceny i planowania zadań na szczeblu oddziału rozpoznawczego są informacje zawarte w zadaniu bojowym i możliwości rozpoznawcze posiadanych sił i środków.

Z poprzednich rozważań wynika, że są ustalone:

- możliwa do wykonania liczba lotów rozpoznawczych /66 s/l/;
- zadania rozpoznawcze - czasy ich wykonania, limity lotów, cele.

Do dalszej kalkulacji /w ramach ogólnego limitu/ zostały wydzielone przykładowo następujące obiekty i częstotliwości ich rozpoznania:

Nr obiektu	Rodzaj obiektu	Częstotliwość rozpoznania
1,	bateria "Lance"	4 x w ciągu dnia
2	bateria "Pershing"	4 - " -
3	SD 1 KA /NZ/	3 - " -
4	SD 2 PTSP	3 - " -
5,6	posterunek wykrywania	2 - " -
7,8,9	lotniska	2 - " -
10	przeprawa	2 - " -
11	7 DPanc	2 - " -

Z charakterystyk obiektów wynika, że rozpoznanie obejmuje trzy grupy obiektów: pojedyncze /proste/, grupowe /złożone/ i powierzchniowe, i one to narzucają schematy zadań taktycznych.

Zadania, których treścią jest rozpoznanie obiektów pojedynczych /prostych/ - przeprawa, posterunek wykrywania - rozwiązujemy w następującej kolejności.

A. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia obiektu przez jedną załogę

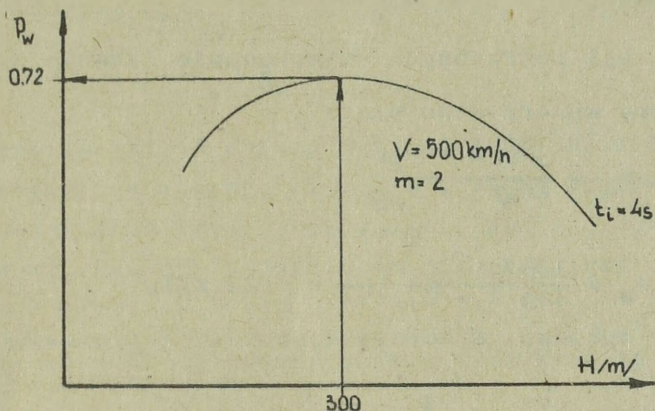
Obliczone wartości prawdopodobieństw wykrycia przedstawione są na wykresach /rys. 4-10/.

Potrzebne dane wyjściowe:

- prędkość lotu w czasie wykrywania $V = 500 \text{ km/h};$
- wysokość lotu w czasie wykrywania $H = 300 \text{ m};$
- czas identyfikacji obiektu przez pilota $t_i = 4 \text{ s};$
- liczba nalotów na obiekt $m = 2.$

Dla podanych wartości i rodzaju obiektu /posterunek wykrywania, samochody, stacje radiolokacyjne/ określamy poszukiwaną wartość P_w wykresu przedstawionego na rys.7.

$$P_w = 0,72$$



B. Określenie zakładanego wskaźnika skuteczności

Do tego celu wykorzystujemy tabelaryczne zestawienie klas obiektów rozpoznania i przypisane im wartości wskaźników. Posterunek wykrywania należy do obiektów rozpoznania trzeciej klasy. Zatem zakładany wskaźnik skuteczności może przyjmować wartości większe od 0,6.

Podczas dokonywania oceny dojdziemy do wniosku, że posterunek wykrywania nie należy do najważniejszych obiektów w tej grupie. Możemy więc przyjąć do dalszych obliczeń mniejszą wartość wskaźnika:

$$W_E = 0,6$$

C. Obliczenie prawdopodobieństwa wykonania zadania przez jedną załogę

Potrzebne dane wyjściowe:

- prawdopodobieństwo wykrycia
- prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela

$$P_w = 0,72;$$

$$Q_{OPL} = ?$$

Wartości prawdopodobieństw pokonania OPL nieprzyjaciela zamieszczone są w załącznikach 1 i 2. Przyjmując, że obiekt jest położony na głębokości około 100 km w strefie osłony przez środki lufowe, z tabeli /załącznik 1/ odczytujemy:

$$Q_{OPL} = 0,27$$

Prawdopodobieństwo wykonania zadania przez jedną załogę obliczymy, wykorzystując wzór:

$$P_{wz} = 0,97 P_w Q_{OPL}$$

zatem

$$P_{WZ} = 0,97 \cdot 0,72 \cdot 0,27 = 0,195$$

D. Określenie ilości sił potrzebnych do wykonania zadania z $W_E = 0,6$

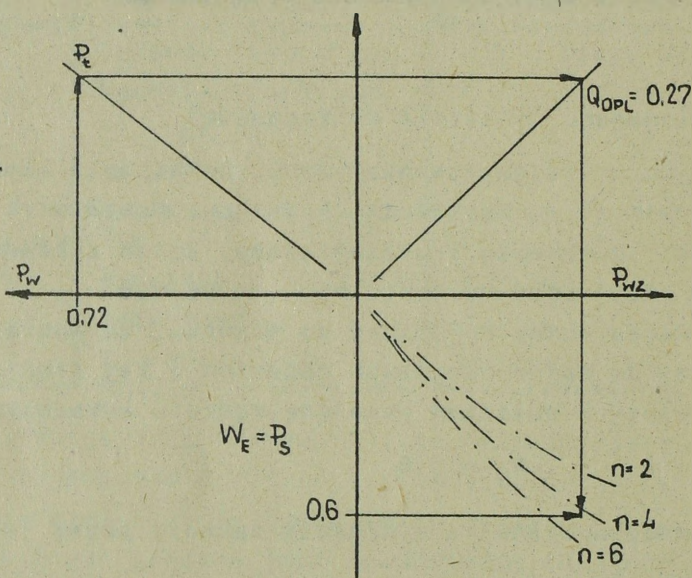
Do tego celu możemy wykorzystać wzór:

$$n_s = \frac{\log/1 - W_E/}{\log/1 - P_{WZ}/}$$

czyli

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,6/}{\log/1 - 0,195/} = 4,22 \text{ s/l.}$$

Zadanie to możemy wykonać, wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 11.



Zadania, których treścią jest rozpoznanie obiektów złożonych /grupowych i powierzchniowych/ - bateria PR "Lance", 7 DPanc w rejonie ześrodkowania - rozwiązujemy w następującej kolejności:

A. Rozpoznanie /ustalenie/ celu zadania

Wykryć i ustalić współrzędne co najmniej 3 z 4 rakiet rozmieszczonych na powierzchni około $100 \text{ km}^2 / 10 \times 10 \text{ km}$. Rozpoznanie prowadzone będzie parami samolotów.

B. Obliczenie średniej oczekiwanej liczby obiektów, które powinny być rozpoznane. Wykorzystujemy zależność:

$$M_r / n / = \frac{S_{pr}}{S_D} = \frac{n_o}{n_e}$$

gdzie: n_0 - liczba elementów, które powinny być rozpoznane, aby zadanie było wykonane;

n_e - przewidywana /całkowita/ liczba elementów obiektu;

zatem

$$M_r / n / = \frac{3}{4} = 0,75.$$

Oznacza to, że jeżeli chcemy wykonać zadanie, musimy rozpoznać 75% wszystkich elementów obiektu /3 z 4/. Oznacza to również, że co najmniej 75% powierzchni rejonu rozpoznania powinno być skutecznie przeglądnięte /w wypadku gdy przedmiotem rozważań jest obiekt powierzchniowy/.

C. Określenie szerokości powierzchni przeszukiwanej przez parę samolotów

Obiektem rozpoznania są wyrzutnie z pociskami raketowymi. Przy dobrej widzialności mogą być one rozpoznane podczas lotu na $H = 400$ m z odległości $d_r = 2100$ m. Wielkość tę odczytujemy z tabeli 1. W wypadku innej widzialności, np. $\tau = 0,6$, rzeczywistą odległość rozpoznania odczytujemy z wykresu przedstawionego w załączniku 3.

Szerokość pasa skutecznego poszukiwania dla jednego samolotu i $d_r = 2100$ m odczytujemy z tabeli 2:

$$L = 1349 \text{ m,}$$

natomiast szerokość powierzchni przeszukiwanej przez parę samolotów obliczamy ze wzoru:

$$L_1 = 1,8 L;$$

zatem

$$L_1 = 1,8 \cdot 1349 = 2428 \text{ m.}$$

D. Obliczenie średniej powierzchni rozpoznanej przez parę samolotów

Korzystamy ze wzoru:

$$S_{pr} = d \cdot L_1$$

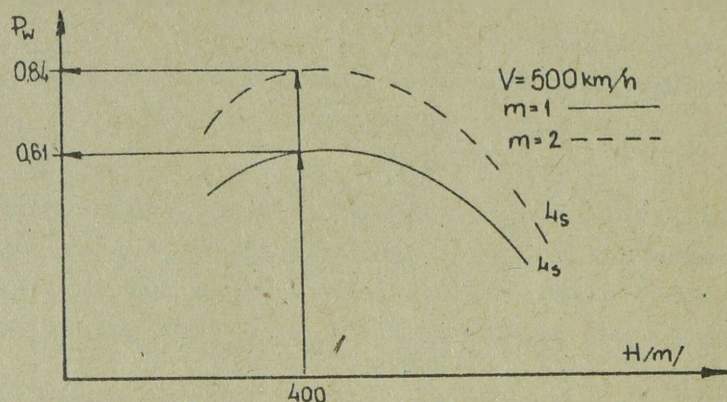
gdzie: d - długość trasy jednego przelotu przez rejon rozpoznania /długość rejonu rozpoznania/;

czyli

$$S_{pr} = 10 \cdot 2,428 = 24,28 \text{ km}^2.$$

E. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia obiektu przez jeden samolot

Postępujemy w sposób analogiczny do zastosowanego w poprzednim przykładzie. W tym wypadku korzystamy z wykresu przedstawionego na rys. 5. Dane wyjściowe: $V = 500$ km/h, $m = 1$ i 2 , $t_1 = 4$ s, $H = 400$ m.



$$P_w = 0,61 /m=1/, P_w = 0,84 /m=2/$$

F. Określenie prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela. Przyjmując, że obiekt jest położony na głębokości 100 km, a lot jest wykonywany parami na $H = 100$ m i $V = 900$ km/h, prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela odczytujemy z tabeli /załącznik 1/. Dla przyjętej struktury OPL wskaźnik ten wynosi:

$$Q_{OPL} = 0,27$$

G. Określenie sumarycznego prawdopodobieństwa wykonania zadania przez parę samolotów. Do tego celu wykorzystujemy wzór:

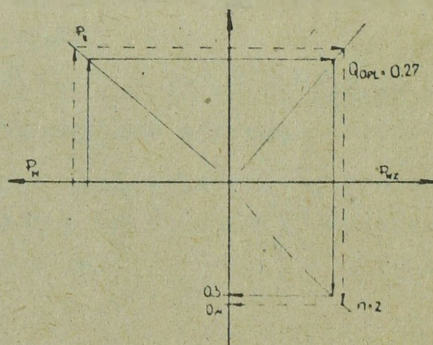
$$P_s = 1 - /1 - 0,97 P_w Q_{OPL}/^n$$

Podstawiając obliczone wartości otrzymujemy:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 \cdot 0,61 \cdot 0,27/2 = 0,3, \text{ dla } m = 1,$$

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 \cdot 0,84 \cdot 0,27/2 = 0,408, \text{ dla } m = 2.$$

Prawdopodobieństwo wykonania zadania /sumaryczne/ możemy określić, wykorzystując nomogram przedstawiony na rys. 11.



H. Obliczenie średniej oczekiwanej liczby elementów wykrytych przez parę samolotów. Do tego celu wykorzystujemy wzór:

$$M_r^{/n/} = \frac{S_{pr}}{S_D} P_{wz}$$

Zadanie to obliczymy dla czterech wariantów działania:

a/ gdy para samolotów przeszukuje jeden pas i odlatuje:

$$M_r^{/1/} = \frac{24,28}{100} 0,3 = 0,0728,$$

b/ gdy para samolotów przeszukuje jeden pas dwukrotnie:

$$M_r^{/1,2/} = \frac{24,28}{100} 0,408 = 0,099,$$

c/ gdy para samolotów przeszukuje dwa pasy, przelatując nad każdym z nich jeden raz:

$$M_r^{/2/} = \frac{2 \cdot 24,28}{100} 0,3 = 0,145,$$

d/ gdy para samolotów przeszukuje dwa pasy dwukrotnie:

$$M_r^{/2,2/} = \frac{2 \cdot 24,28}{100} 0,408 = 0,198.$$

I. Określenie ilości sił potrzebnych do wykonania zadania z nakazanym wskaźnikiem skuteczności /wybór racjonalnego - skutecznego wariantu działania/. Do tego celu wykorzystujemy wzór:

$$n_s = \frac{\log/1 - M_r^{/n/}}{\log/1 - M_r^{/1/}}$$

Podstawiając do wzoru obliczone wartości M_r , w kolejnych wariantach otrzymujemy:

a/ w pierwszym wypadku trzeba:

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,75/}{\log/1 - 0,0728/} = 18,34 \text{ par samolotów,}$$

b/ w drugim wypadku trzeba:

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,75/}{\log/1 - 0,099/} = 13,29 \text{ par samolotów,}$$

c/ w trzecim wypadku trzeba:

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,75/}{\log/1 - 0,145/} = 8,85 \text{ par samolotów,}$$

d/ w czwartym wypadku trzeba:

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,75/}{\log/1 - 0,198/} = 6,28 \text{ par samolotów.}$$

Wnioski:

- wariantem działania, w którym trzeba najmniej sił jest wariant czwarty;

- wariantem działania, w którym grupa samolotów przeszukuje największą część rejonu /połowę/, jest wariant trzeci;

- cały rejon może być przeglądnięty przez dwie pary samolotów wykonujące po dwa przeloty nad rejonem;

- z obliczeń wynika, że chcąc wykonać zadanie w danych warunkach i z założonym wskaźnikiem $W_E = M_r = 0,75$, trzeba 9 par samolotów czyli co najmniej 4 kluczy;

- powyższe wnioski sugerują następującą taktykę wykonania zadania: wydzielone 4 klucze samolotów powinny być tak ugrupowane w czasie, aby każdy następny klucz startował na sygnał przekazany z poprzedniej grupy, gdyż może się okazać, że zadanie wykona np. pierwszy klucz samolotów;

- zmniejszenie ilości sił potrzebnych do wykonania zadania jest możliwe w wypadku skuteczniejszego pokonania OPL nieprzyjaciela.

Dla uzasadnienia wniosków zadanie zostanie rozwiązane powtórnie z przyjęciem $Q_{OPL} = 0,8$.

A. Obliczenie sumarycznego prawdopodobieństwa wykonania zadania przez parę samolotów:

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 0,61 0,8/2 = 0,722$$

i

$$P_s = 1 - /1 - 0,97 0,85 0,8/2 = 0,884.$$

B. Obliczenie średniej oczekiwanej liczby elementów wykrytych przez parę samolotów:

a/ gdy każda para samolotów przeszukuje jeden pas przelatując nad nim dwukrotnie:

$$M_r /1,2/ = \frac{24,28}{100} 0,884 = 0,215,$$

b/ gdy każda para samolotów przeszukuje dwa pasy, przelatując nad każdym z nich tylko jeden raz:

$$M_r /2/ = \frac{2 \cdot 24,28}{100} 0,722 = 0,35,$$

c/ gdy każda para samolotów przeszukuje dwa pasy, przelatując nad każdym z nich dwukrotnie:

$$M_r^{/2,2/} = \frac{2 \cdot 24,28}{100} 0,884 = 0,43.$$

C. Określenie potrzebnej ilości sił:

a/ w pierwszym wypadku trzeba:

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,75/}{\log/1 - 0,215/} = 5,72 \text{ par samolotów,}$$

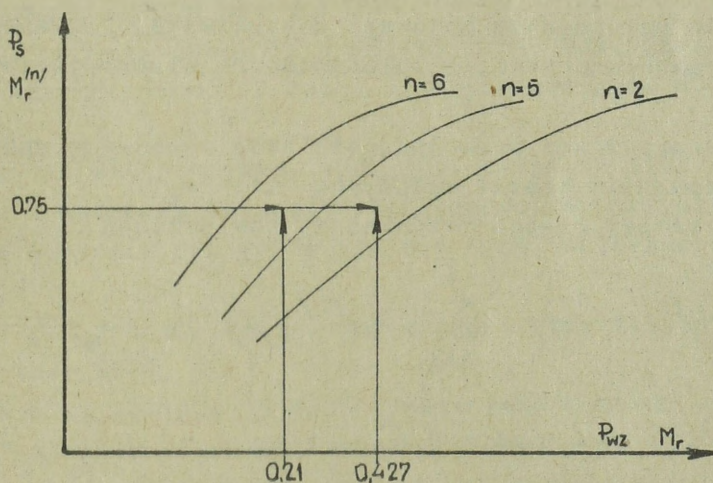
b/ w drugim wypadku trzeba:

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,75/}{\log/1 - 0,35/} = 3,21 \text{ par samolotów,}$$

c/ w trzecim wypadku trzeba:

$$n_s = \frac{\log/1 - 0,75/}{\log/1 - 0,43/} = 2,47 \text{ par samolotów.}$$

Znając wartości " $M_r^{/n/}$ " i " P_{wz} ", zadanie to możemy wykonać wykorzystując wykres funkcji podstawowej przedstawionej na rys. 15:



Z porównania uzyskanych rezultatów wynika, że w drugim wypadku do wykonania tego samego zadania potrzeba trzy razy mniej sił /większe prawdopodobieństwo pokonania OPL nieprzyjaciela/.

W wypadku obiektu powierzchniowego, gdy celem zadania jest przeszkanie określonej części rejonu rozpoznania, sformułowane zadanie rozwiązujemy w następującej kolejności:

A. Określenie względnej rozpoznanej powierzchni /udziału rozpoznanej

powierzchni w powierzchni całego rejonu rozpoznania/. Zależność ta określana jest wzorem:

$$M_r/n/ = \frac{M/S_r/}{S_D}$$

Jeżeli np. przyjmiemy, że całkowity rejon rozpoznania sił 7 DPanc ma powierzchnię 200 km², a z oceny terenu wynika, iż jej elementy są rozmieszczone na powierzchni tylko 100 km², to:

$$M_r/n/ = \frac{100}{200} = 0,5$$

Dalsze czynności są analogiczne do wykonywanych w wypadku obiektu grupowego i mogą przebiegać w następującej kolejności:

- B. Określenie szerokości przeszukiwanej przez jeden samolot, dwa z nich bądź ich grupę w jednym locie /gdy wykonuje lot w jednym ugrupowaniu bojowym/: "L" lub "L₁".
- C. Obliczenie średniej powierzchni rozpoznanej przez wydzieloną grupę samolotów: "S_{pr}".
- D. Określenie prawdopodobieństwa wykrycia /średniego dla prawdopodobnych elementów ugrupowania bojowego poszukiwanej 7 DPanc/: "P_w".
- E. Określenie prawdopodobieństwa pokonania OPL nieprzyjaciela: "Q_{OPL}".
- F. Określenie sumarycznego prawdopodobieństwa wykonania zadania przez grupę samolotów, dla której obliczono "L": "P_s".
- G. Określenie średniej części rozpoznanej powierzchni:

$$M_r/n/ = \frac{1}{S_D} \sum_{n=1}^m S_{pr}/n/ [1 - /1 - P_w/n/]$$

lub

$$M_r/n/ = 1 - /1 - M_r/n/$$

- H. Określenie ilości sił potrzebnych do wykonania zadania z nakazanym prawdopodobieństwem: "n_s".

ZAKOŃCZENIE

Ocena skuteczności zadań taktycznych na różnych szczeblach dowodzenia lotnictwem w ramach planowania rozpoznania powietrznego stanowi tylko część kalkulacji zmierzających do pełnej oceny możliwości bojowych lotnictwa. Należy ona w zasadzie do oceny ilościowej. Wynika to z charakteru uwzględnianych w niej czynników: wzrost ich liczebności

powoduje wzrost wyników. Część z nich, zwłaszcza te, które umożliwiają wyznaczenie zakładanego wskaźnika skuteczności, określa jakościowe elementy zadania rozpoznawczego. Do nich przede wszystkim należy jakościowy wskaźnik wyszkolenia personelu latającego. Niezależnie od sposobu oceny skuteczności działania wskaźnik ten jest czynnikiem, który w określonych warunkach, zwłaszcza atmosferycznych, determinuje możliwości użycia posiadanych sił i środków.

Jak z tego wynika, im pełniejsza ocena, tym znajomość różnych wskaźników staje się bardziej potrzebna. Dopiero taka kompleksowa ocena skuteczności stanowić może podstawę wszelkich kalkulacji w ramach planowania rozpoznania powietrznego.

BIBLIOGRAFIA

1. Andruszkiewicz S., Borgoń J., Stukonis M.: System zbierania i analizy informacji o uszkodzeniach sprzętu lotniczego i jego znaczenie w eksploatacji. "Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju", 1978, nr 10, s. 27-32.
2. Bartocha W., Lachiewicz J.: Podstawy taktyki działań lotnictwa rozpoznawczego. Wyd. ASG WP, 1977.
3. Czujew J.: Badania operacji w wojsku. Wyd. MON, Warszawa 1972.
4. Drużynin W., Kontorow D.: Idea, algorytm decyzja. Wyd. MON, Warszawa 1975.
5. Ergonomia w służbie wojska. Wyd. MON, Warszawa 1972.
6. Flanek Cz.: Metodologia oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPL wojsk operacyjnych. Rozprawa doktorska. Wyd. ASG WP, 1977.
7. Gasparski W.: Projektowanie. Konceptyjne przygotowanie działań. PWN, Warszawa 1978.
8. Kubińczyk Cz.: Obliczanie wskaźników niezawodności urządzeń technicznych. "Wojskowy Przegląd Techniczny" 1973, nr 11, s. 29-33.
9. Legut J.: Podstawy modelowania wzrokowego rozpoznania powietrznego prowadzonego w dzień. Rozprawa doktorska. Wyd. ASG WP, 1982.
10. Morse Ph., Kimbal G.E.: Metody badania operacji. Wyd. ASG WP, 1962.
11. Pokonywanie obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela przez lotnictwo frontowe. Wyd. Sztab Gen., DWL, 1978.
12. Skibiński J.: Wstęp do teorii poszukiwania. Cz. I i II. Wyd. ASG WP, 1964.
13. Taktyka lotnictwa rozpoznawczego. Podręcznik. Wyd. Sztab Gen., 1978.
14. Wąsowski J.: Efektywność rozpoznania powietrznego. "Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk Obrony Powietrznej Kraju", 1981, nr 6.

15. Wentcel E.S.: Wstęp do badań operacyjnych. Wyd. MON, Warszawa 1968.
16. Wybrane metody optymalizacji decyzji. Podręcznik. Wyd. MON, ASG VIP, 1969.
17. Zastosowanie badań operacyjnych w lotnictwie. Wyd. MON, DLO 1967.
18. Zastosowanie metod matematycznych w wojsku. Wyd. MON, Warszawa 1969.
19. Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu. Wyd. Sztab Gen., 1977.

Prawdopodobieństwo przenikania pary samolotów przez strefy naziemnych środków
OPL nieprzyjaciela

Rodzaj, rodzajów OPL	V /km/h/	Na głębokość 100 km					Na głębokość 200 km				
		100	200	300	500	1000	100	200	300	500	1000
Środki lufowe	540	0,27	0,25	0,23	0,22	0,21	0,15	0,13	0,11	0,10	0,10
	720	0,42	0,38	0,34	0,27	0,26	0,28	0,24	0,21	0,15	0,13
	900	0,54	0,53	0,48	0,37	0,32	0,40	0,39	0,32	0,23	0,18
	1080	0,63	0,61	0,56	0,42	0,34	0,51	0,47	0,42	0,27	0,20
Środki raketowe	540	0,11	0,03	0,02	0,01	0,00	0,11	0,03	0,02	0,00	0,00
	720	0,11	0,03	0,02	0,01	0,00	0,11	0,03	0,02	0,00	0,00
	900	0,11	0,03	0,02	0,01	0,00	0,11	0,03	0,02	0,00	0,00
	1080	0,11	0,03	0,02	0,01	0,00	0,11	0,03	0,02	0,00	0,00
Środki raketowe i lufowe	540	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	720	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00
	900	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00
	1080	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00

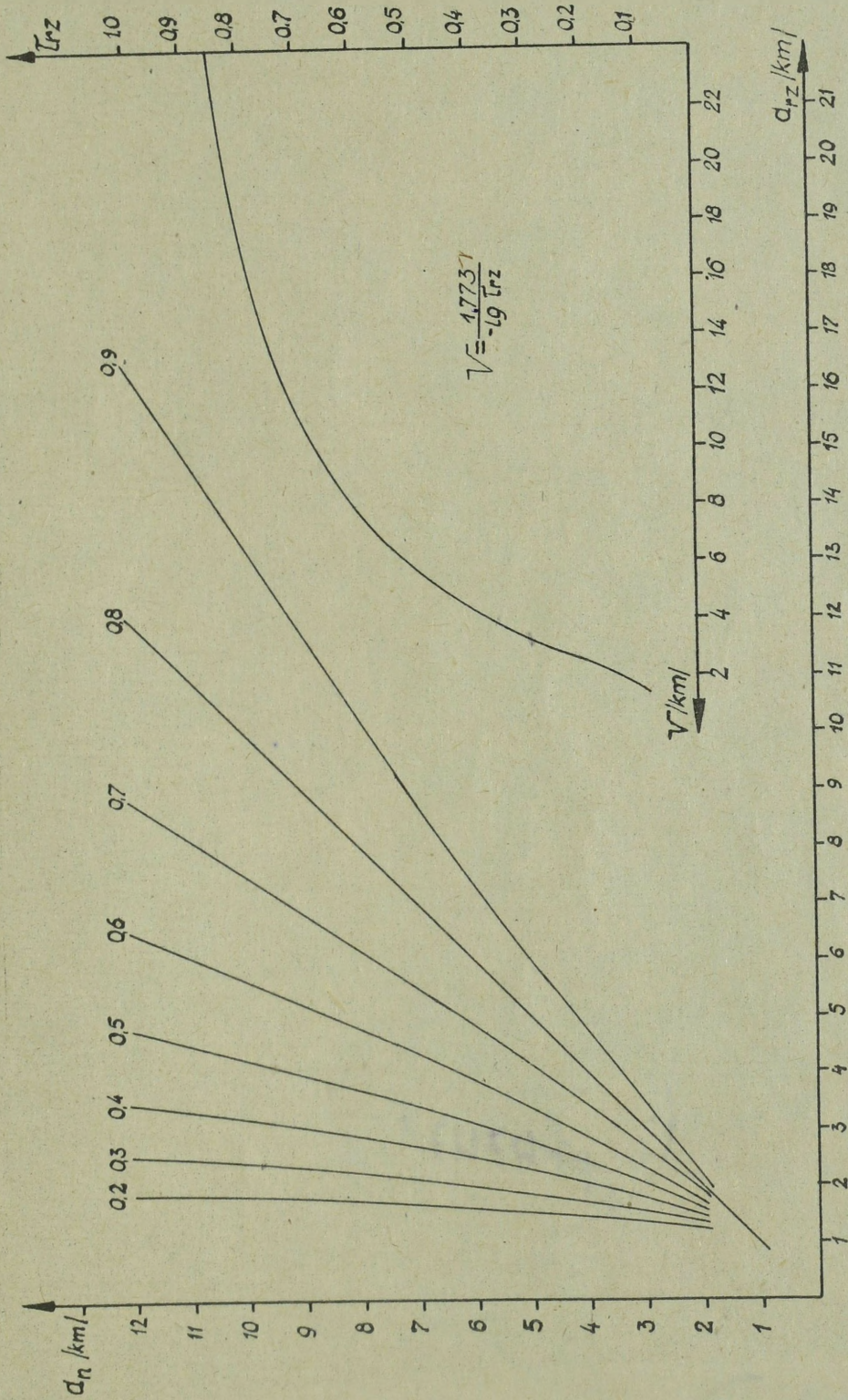
Prawdopodobieństwo przenikania klucza samolotów przez strefy
naziemnych środków OPL nieprzyjaciela

Ugrupowania: 200 x 400 m

Rodzaj środków OPL	V /km/h/	Na głębokość 100 km					Na głębokość 200 km				
		Wysokość lotu samolotów /m/					Wysokość lotu samolotów /m/				
		100	200	300	500	1000	100	200	300	500	1000
Środki lufowe	540	0,48	0,45	0,43	0,42	0,41	0,34	0,31	0,29	0,28	0,27
	720	0,62	0,59	0,55	0,49	0,47	0,49	0,45	0,42	0,35	0,33
	900	0,71	0,71	0,67	0,58	0,54	0,61	0,60	0,55	0,45	0,39
Środki rakietowe	1080	0,79	0,77	0,74	0,63	0,57	0,70	0,60	0,54	0,50	0,53
	540	0,30	0,15	0,12	0,06	0,05	0,30	0,15	0,12	0,05	0,05
	720	0,31	0,16	0,13	0,06	0,06	0,31	0,16	0,13	0,06	0,05
Środki lufowe i rakietowe	900	0,31	0,16	0,13	0,06	0,06	0,31	0,15	0,13	0,06	0,05
	1080	0,32	0,16	0,13	0,07	0,06	0,32	0,16	0,13	0,06	0,05
	540	0,14	0,07	0,05	0,02	0,02	0,19	0,05	0,03	0,01	0,01
Środki lufowe i rakietowe	720	0,19	0,09	0,07	0,03	0,03	0,15	0,07	0,05	0,02	0,02
	900	0,22	0,11	0,09	0,04	0,03	0,19	0,10	0,07	0,03	0,02
	1080	0,25	0,13	0,10	0,04	0,03	0,22	0,11	0,09	0,03	0,02

Załącznik 3

Wykresy służące do określania współczynnika przezroczystości /prawy/ i rzeczywistej widzialności obiektów rozpoznania w różnych warunkach stanu atmosfery /lewy/



Wydrukowano w 30 egz.
 Egz. nr 1-30 Bibl. Nauk. OZS
 wyk. ppłk Legut
 Druk. HO, dn. 7.7.83r.
 Druk. ASG WP nr Pf-198/PF-779/WWI
 Kor. J.G.

