



47  
16

**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. generała broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA WOJSK OPK

**JAWNE**

~~SECRET~~  
~~SECRET~~  
Egz. Nr 1

ppłk dypl. pil. Ryszard SZTURMCWICZ

**WSKAZNIKI MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH LOTNICTWA  
MYSLIWSKIEGO I WYKORZYSTANIE ICH W PROCESIE  
ORGANIZACJI I PROWADZENIA DZIAŁAŃ BOJOWYCH**  
(Skrypt)



12333

~~40423~~

BIBLIOTEKA NAUKOWA ASG WP  
Archiwum Biura Książek Specjalnych

40423

WARSZAWA

PAŹDZIERNIK

1968



47  
16



# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

na. generała broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA WOJSK OPK

**JAWNE**



Egz. Nr 1

ppłk dypl. pil. Ryszard SZTURMCWICZ

## WSKAŹNIKI MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH LOTNICTWA MYSLIWSKIEGO I WYKORZYSTANIE ICH W PROCESIE ORGANIZACJI I PROWADZENIA DZIAŁAŃ BOJOWYCH

(Skrypt)



12333

~~40423~~

BIBLIOTEKA NAUKOWA ASG WP  
Archiwum Działu Zbiarów Specjalnych

Id. ~~40423~~

WARSZAWA

PAŹDZIERNIK

1958

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im. gen. broni K. Swierczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA WOJSK OPK



**JAWNE**

ZATWIERDZAM  
SZEF KATEDRY WOJSK OPK

egz.nr...1

plk doc.dr Jan UCHAŃSKI

Dnia ..... 1968 r.

*Opis. pt 12657*  
*Δ*

plk dypl.pil. Ryszard SZTURMOWICZ

WSKAŹNIKI MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO  
I WYKORZYSTANIE ICH W PROCESIE ORGANIZACJI I PROWA-  
DZENIA DZIAŁAŃ BOJOWYCH

/Skrypt/



BIBLIOTEKA NAUKOWA ASG WP  
Archiwum Izby Zbiorów Specjalnych

wid.  
**40423**

WARSZAWA

Październik

1968 r.

SPIS TREŚCI

ROZDZIAŁ I                    Pojęcia ogólne

1. Rola i miejsce matematycznych metod w dowodzeniu lotnictwem myśliwskim ..... 5
2. Pojęcie o wskaźnikach bojowych lotnictwa myśliwskiego ..... 7

ROZDZIAŁ II.

WSKAŹNIKI MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH IM I SPOSÓB ICH OBLICZANIA

1. Wskaźniki skuteczności bojowej lotnictwa myśliwskiego ..... 14
  - Prawdopodobieństwo przechwycenia środka napadu powietrznego przez pojedynczy samolot myśliwski .. 15
  - Prawdopodobieństwo przechwycenia środka napadu przez grupę samolotów myśliwskich ..... 24
  - Średni oczekiwany rezultat działań bojowych lotnictwa myśliwskiego ..... 27
2. Wskaźniki przestrzenne lotnictwa myśliwskiego ... 30
  - Zasięg bojowego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego ..... 30
  - Nawigacyjno-taktyczne rubieże ..... 38
  - Rubież startu samolotu myśliwskiego ..... 39
  - Możliwa rubież wprowadzenia do walki lotnictwa myśliwskiego ..... 43
  - Możliwa rubież przechwycenia celu powietrznego. 47
  - Położenie potrzebnych rubieży wprowadzenia do walki lotnictwa myśliwskiego ..... 48
  - Położenie strefy dyżerowania w powietrzu ..... 56
  - Położenie strefy patrolowania w powietrzu ..... 58
  - Minimalna bezpieczna odległość między samolotami myśliwskimi a celem w strefie ognia przeciwlotniczej artylerii raketowej ..... 61
  - Droga i czas lotu samolotu myśliwskiego podczas naprowadzania po krzywej pogoni ..... 64

3. Wskaźniki czasowe lotnictwa myśliwskiego .....	69
- Probabilistyczna ocena czasu .....	70
- Czas krytyczny .....	73
- Czas trwania nalotu .....	74
- Czas wprowadzenia do walki pojedynczego samolotu myśliwskiego lub grupy na rubieży nakazanej .....	76
- Czas wprowadzenia do walki IM oddziału lub związku taktycznego .....	78
- Czas wprowadzenia do walki IM oraz ilość naprowadzeń za czas trwania nalotu z uwzględnieniem metod teorii masowej obsługi .....	83
- Czas trwania ciągłego dyżurowania /patrowania/ w powietrzu .....	88
- Czas startu samolotów pododdziału lub oddziału z różnych stopni gotowości bojowej .....	95

### ROZDZIAŁ III

#### WYKORZYSTANIE WSKAŹNIKÓW MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH IM W PROCESIE

#### ORGANIZACJI DOWODZENIA I DOWODZENIA .....

1. Określenie potrzebnej ilości sił IM do przechwycenia celów powietrznych.....	102
2. Określenie potrzebnej ilości IM w poszczególnych stopniach gotowości bojowej w zależności od intensywności działań .....	113
3. Praktyczne wykorzystanie niektórych wartości wskaźników czasowych do analizy operatywności dowodzenia .....	119
4. Podział celów .....	124
Zakończenie .....	136

## W S T E P

Określanie, ocena oraz wykorzystanie możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego jest oparte<sup>o</sup> teorię skuteczności bojowej, która bazuje na osiągnięciach matematyki, a szczególnie na takich jej rozdziałach jak: teoria prawdopodobieństwa, teoria procesów przypadkowych, teoria masowej obsługi, teoria gier i szeregu innych specjalistycznych teorii matematycznych. Te nowe teorie matematyczne stanowią podstawowy aparat matematyczny w procesie określania możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego.

Stosowanie metod matematycznych w rozwiązywaniu zadań taktycznych i operacyjno-taktycznych wymaga także głębokiej wiedzy z zakresu innych nauk specjalistycznych takich jak: taktyka i sztuka operacyjna oraz węższych specjalności: techniki lotniczej, teorii strzelania powietrznego, nawigacji radiolokacji itp. Głęboki zakres wiadomości z dziedziny matematyki z jednej strony i nauk wojskowych z drugiej nastęrcza szereg trudności w opanowaniu przez specjalistów wojskowych tej dziedziny wiedzy w całości. Jest ona trudna do opanowania i dlatego, że w chwili obecnej istnieje sporo metod umożliwiających rozwiązanie jednego i tego samego zadania. Każda nowa nauka w swoim początkowym stadium rozwoju napotyka na cały szereg trudności, a metodyka określania możliwości bojowych IM jest właśnie tą nową dziedziną nauki, która znajduje się w stadium powstawania i nadzwyczaj burzliwego rozwoju.

Treścią zawartego w niniejszym skrypcie materiału jest ilościowa analiza procesów zastosowania bojowego samolotów myśliwskich podczas wykonywania przez nie różnych zadań bojowych. Na podstawie obliczonych wyników można dokonać wyboru racjonalnych decyzji o użyciu tych samolotów w różnych warunkach sytuacji bojowej.

ROZDZIAŁ I

POJĘCIA OGÓLNE

1. Rola i miejsce matematycznych metod w dowodzeniu lotnictwem myśliwskim

Wyniki obliczeń i kalkulacji, otrzymywane przy pomocy metod matematycznych ułatwiają dowódcom w znacznym stopniu powzięcie racjonalnych i terminowych decyzji w zakresie organizacji działań bojowych, wykonania konkretnych zadań bojowych, użycia odpowiednich typów samolotów myśliwskich do zwalczania różnych celów powietrznych, materiałowo-technicznego zabezpieczenia działań i szeregu innych problemów, które mogą powstawać przed dowódcami i sztabami. W praktycznej działalności sztabów jednostek lotniczych metody matematyczne stosuje się na wszystkich szczeblach według poszczególnych specjalności. Kolejność i sposób wykonywania jak i formy ich przedstawiania ustala się i rozpracowuje zawczasu.

Obliczenia i kalkulację wykonuje się przy pomocy elektronowych lub zwykłych maszyn liczących, względnie, jeżeli sztab danej jednostki maszyn tych nie posiada, to czynności te wykonuje przy pomocy linijek, grafików, wykresów, tabel i innych środków małej mechanizacji. Obliczenia te z zasady sprowadzają się do rozwiązywania różnych zadań taktycznych i operacyjno-taktycznych, które powstają w procesie wypracowania decyzji. Do podstawowych zadań w tym zakresie można zaliczyć:

- obliczanie i analiza średniego oczekiwanego rezultatu działań bojowych, który można osiągnąć według założonego planu użycia sił i środków;
- potrzebna ilość sił i środków do osiągnięcia nakazanego rezultatu działań;
- analiza operatywności systemu dowodzenia lotnictwem myśliwskim podczas prowadzenia działań;
- optymalny podział posiadanych sił i środków do niszczenia różnych celów powietrznych;
- optymalne sposoby działań bojowych lotnictwa myśliwskiego wydzielczego do działań środków i cały szereg innych zadań, które mogą powstawać w konkretnych sytuacjach bojowych.

Z treści wymienionych zadań wynika, że matematyczne metody już w chwili obecnej są organicznie powiązane ze znaczną częścią procesu dowodzenia lotnictwem myśliwskim, a szczególnie z procesem oceny sytuacji i optymalizacji decyzji dowódcy.

Należy jednak zawsze mieć na uwadze, że metody matematyczne zapewniają dowódcy tylko ilościową ocenę bez jej strony jakościowej. Dlatego też zastosowanie tych metod tak w procesie organizacji działań bojowych jak i samych działaniach nosi charakter pomocniczy, a wyniki otrzymywane tą drogą powinny podlegać dodatkowej ocenie logicznej. Obliczonych rezultatów nie należy traktować jako wielkości bezwzględnych, absolutnych. W procesie wypracowania decyzji rezultaty te dowódca powinien konfrontować z logiką i doświadczeniem. Ponadto, jak wiadomo, zadanie dowódców jednostek lotnictwa myśliwskiego polega nie tylko na prawidłowej ocenie sytuacji i powzięciu racjonalnej decyzji lecz i na jej realizacji. Realizacja decyzji dowódcy natomiast, polega na jej wcieleniu w życie, to jest na wydaniu odpowiednich rozkazów i zarządzeń wykonawcom, przygotowaniu terminowym sił i środków, kontroli wykonania poleceń. Jeżeli proces ten przebiega w trakcie prowadzenia działań bojowych, co zresztą zawsze będzie miało miejsce w czasie wojny, to jeszcze bardziej skomplikuje się proces realizacji decyzji, ponieważ będzie to wymagało od dowódców wprowadzania na bieżąco różnych korekt odpowiednio do zaistniałej konkretnej sytuacji. A problematyka ta wymaga od dowódców dużo własnej inwencji, wytrwałości, zdecydowania, konsekwencji i szeregu innych ważnych cech charakteru, których niestety nie uwzględniają w chwili obecnej matematyczne metody.

Za traktowaniem ilościowym oceny jako pomocniczej przemawia jeszcze fakt, że proces organizacji działań bojowych szczególnie lotnictwa myśliwskiego w okresie poprzedzającym działania bojowe, zawiera cały szereg niewiadomych. Do rzędu tych niewiadomych można zaliczyć: koncepcję użycia i taktykę działania środków napadu powietrznego nieprzyjaciela, czas rozpoczęcia uderzenia, kierunki nalotu, składy grup, profil nalotu, straty własne przed rozpoczęciem działań i podczas ich realizacji, warunki atmosferyczne i szereg innych. Część

tych, na pierwszy rzut oka niewiadomych, może być uwzględniona i oceniona przy pomocy metod matematycznych, jak np: optymalny wariant użycia przez nieprzyjaciela lotnictwa w zmasowanym nalocie, a częściowo uwzględnia się przez dowództwo podczas powzięcia ostatecznej decyzji na podstawie doświadczenia, a nawet intuicji. Prócz tego, w obliczeniach zakłada się, że niektóre wartości zmienne będą się zmieniały w określonych granicach, w rzeczywistości wartości te mogą przekraczać przyjęte granice. W wartości, które miały być stałe, ~~niezmienne~~ lub nieistotne w obliczeniach w działaniach bojowych mogą się zmieniać lub wywierać na końcowy rezultat tych działań istotny wpływ.

Reasumując należy stwierdzić, że prognozowanie rezultatów działań bojowych przy pomocy metod matematycznych nosi charakter oceny przybliżonej, a otrzymywane wyniki końcowe stanowią wartość przeciętną /średnią/. Należy jednak mieć na uwadze, że im proces działań bojowych jest bardziej masowy i długotrwały tym otrzymywane w obliczeniach wartości są dokładniejsze, a tym samym różnice między rezultatami obliczeniowymi i rzeczywistymi są mniejsze. Trudno jest np. przewidzieć i wyrazić zdecydowany sąd o tym, czy samolot myśliwski względnie grupa samolotów wysłana na przechwycenie celu powietrznego zniszczy go, czy też nie. Można natomiast, z dużą dozą pewności twierdzić, że obliczony średni rezultat działań bojowych lub średni procent zniszczonych celów powietrznych przy dużej ilości wylotów na przechwycenie będzie się pokrywał z rezultatem rzeczywistym.

## 2. Pojęcia o wskaźnikach bojowych LM

Podstawą do wyrażania sądów o skuteczności użycia poszczególnych typów samolotów myśliwskich, pododdziałów, oddziałów i związków LM podczas wykonywania różnych zadań bojowych lub o rezultatach różnych wariantów decyzji dowódcy podczas wykonywania jednego zadania bojowego jest wartość wskaźnika. Według wartości tego wskaźnika dowódca, sztab i jednostki lotniczej lub maszyna licząca dokonują analizy porównawczej, w jakim stopniu uzyskany rezultat lub powzięta decyzja zapewnia wykonanie zadania bojowego. Taki wskaźnik nosi nazwę wskaźnika skuteczności bojowej, który w tym przypadku

występuje w charakterze kryterium skuteczności.

Ponieważ jednak lotnictwo myśliwskie może wykonywać różne zadania w różnych miejscach /na różnych rubieżach/ i w ściśle określonym czasie, to i wskaźnik określający stopień wykonania tego zadania nie może być tylko jeden lub jednakowy, który można byłoby zastosować we wszystkich sytuacjach. Dlatego też istnieje szereg wskaźników do oceny działalności bojowej.

Wybór odpowiedniego wskaźnika jest bardzo ważną czynnością w ilościowej ocenie działań bojowych lotnictwa myśliwskiego.

Wskaźniki te powinny obiektywnie charakteryzować proces działań bojowych lotnictwa myśliwskiego, posiadać ścisły związek z głównym celem tych działań i zdolność reagowania na wartość końcową wskaźników. Wskaźniki te nie powinny być także zbyt skomplikowane, powinny być stosunkowo łatwe do obliczenia, a ich sens fizyczny możliwy do prześledzenia, analizowania i graficznego przedstawienia.

Na przykład, jeżeli działania bojowe lotnictwa myśliwskiego polegają na osiągnięciu określonego rezultatu, który może być osiągnięty lub też nie /lot samolotu myśliwskiego na przechwycenie/, to wskaźnikiem w tym przypadku powinno być prawdopodobieństwo wykonania zadania /przechwycenia/.

Podczas odpierania nalotu dużej ilości środków napadu powietrznego celem działania związku taktycznego, względnie oddziały lotnictwa myśliwskiego może być zniszczenie największej ilości tych środków w swojej strefie działań bojowych. W tym przypadku wskaźnikiem powinna być średnia oczekiwana wartość ilości zniszczonych środków napadu powietrznego nieprzyjaciela.

Jeżeli działania bojowe organizuje się w celu osiągnięcia wartości maksymalnej wskaźnika /im więcej tym lepiej/ lub minimalnej wartości wskaźnika /im mniej tym lepiej/, to wskaźnikiem może być średnia oczekiwana wartość.

Często jako wskaźnik może występować także wartość ilorazowa /stosunku/ zużytych sił i środków do uzyskanego rezultatu względnie stosunek średniej oczekiwanej wartości ilości zniszczonych środków do ich ogólnej ilości itp.

Przy pomocy tego wskaźnika można ocenić na przykład: ekonomiczną celowość różnorodnych przedsięwzięć, w zakresie optymalizacji ugrupowania, wyznaczania rubieży przechwyceń i stosowania różnych typów samolotów myśliwskich.

Podczas badania skuteczności systemów obsługi masowej, /do takich można zaliczyć system obrony powietrznej korpusu, kraju względnie wojsk w określonej strefie/ wskaźnikami skuteczności może być prawdopodobieństwo odmowy w obsłudze, oczekiwana wartość ilości zajętych kanałów obsługi, długość kolejki do obsłużenia, czas wyczekiwania na początek obsługi, czas zatracony przez każdy kanał obsługi lub wszystkie kanały na obsługę i inne wskaźniki temu podobne.

Jak z tego wynika, w procesie obliczeń można posługiwać się nie jednym lecz wieloma wskaźnikami. W takich przypadkach można wszystkie uprzednio wybrane wskaźniki sprowadzić do jednego uogólniającego wskaźnika. Można także, a w lotnictwie myśliwskim jest koniecznym, wybrać jeden z wskaźników najbardziej odpowiadający celowi zadania bojowego i traktować go jako główny, a pozostałe jako pomocnicze. Wartości pomocniczych wskaźników optymalizuje się tylko w określonych przedziałach, w ramach których wartość głównego wskaźnika nie ulega zasadniczej zmianie. A więc, pomocnicze wskaźniki ograniczają swymi ramami pewien przedział możliwych rozwiązań, wewnątrz którego szuka się najkorzystniejszych wartości wskaźnika głównego. Na przykład, podczas odpierania nalotu lotnictwa nieprzyjaciela celem jest w charakterze głównego wskaźnika przyjąć średnią oczekiwaną wartość ilości zniszczonych samolotów nieprzyjaciela. W charakterze pomocniczego wskaźnika można przyjąć, czas, w którym wszystkie wydzielone do działań samoloty myśliwskie można wprowadzić do walki. Oznacza to, że pomocniczy wskaźnik czasu ma ściśle określony przedział czasu, w którym<sup>m</sup> lotnictwo myśliwskie będzie w stanie zwalczać cele powietrzne. Skrócenie tego czasu może doprowadzić do tego, że nie wszystkie wydzielone samoloty myśliwskie zostaną wprowadzone do walki oraz nie w pełnym stopniu wykorzystają swoje możliwości ogniowe. Natomiast wydłużenie czasu może doprowadzić do tego, że znaczna ilość samolotów nieprzyjaciela wykona swoje zadanie i wyjdzie z zasięgu działań bojowych lotnictwa myśliwskiego

nie zwalczana. W obydwu przypadkach, to jest ~~przy~~ nadmiernym skróceniu czasu jak i wydłużeniu jego ogólny rezultat działań będzie mniejszy, to znaczy: wartość głównego wskaźnika zmniejszy się. Podobnie w charakterze pomocniczego wskaźnika występuje także miejsce wykonania zadania bojowego /rubież, na których lotnictwo myśliwskie powinno zwalczać cele powietrzne/. Niedocenianie tego wskaźnika w działaniach lotnictwa myśliwskiego jest także niedopuszczalne, ponieważ obliczony rezultat nawet przy zoptymalizowanym wariacie użycia wydzielonych sił traci wszelki sens, jeżeli cel nie zostanie przechwycony na rubieży potrzebnej, to jest przed wykonaniem przez cel zadania bojowego. Dlatego też wszelkie obliczenia i kalkulacje możliwości i potrzeb sił IM przy różnych wariantach jego użycia powinny być prowadzone według głównego wskaźnika tylko w ramach wartości wskaźników pomocniczych - czasu i miejsca.

Ważnym jest także, aby podczas obliczeń sztaby jednostek, które biorą udział w wykonaniu ogólnego zadania posługiwały się jednakowymi kryteriami /skuteczności, czasu, przestrzeni/. Wtedy tylko bowiem istnieje możliwość porównywania wyników, prowadzenia ich analizy oraz uogólniania i optymalizacji.

Umownie wskaźniki bojowe lotnictwa myśliwskiego można podzielić na dwie grupy:

- a/ Główne wskaźniki charakteryzujące skuteczność bojową IM.
- b/ Pomocnicze wskaźniki czasowe i przestrzenne.

Podział szczegółowy i nazwy podstawowych wskaźników bojowych lotnictwa myśliwskiego obrazuje schemat nr 1.



Schemat nr 1

Wskaźniki bojowe lotnictwa myśliwskiego

G Ł Ó W N E

Wskaźniki skuteczności bojowej IM

1. Prawdopodobieństwo przechwycenia celu powietrznego.
2. Średni oczekiwany rezultat działań /ilość zniszczonych SNP/ i inne

P O M O C N I C Z E

Wskaźniki przestrzenne IM

1. Zasięg bojowego oddziaływania IM
2. Położenie potrzebnych i możliwych rubieży wprowadzenia do walki IM
3. Położenie rubieży startu
4. Położenie rubieży przechwycenia
5. Położenie strefy dyżurowania i patrolowania w powietrzu
6. Bezpieczna odległość samolotu myśliwskiego od celu w strefie ognia art.rak. i inne

Wskaźniki czasowe IM

1. Czas trwania nalotu
2. Czas wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego na rubieży nakazanej.
3. Średni czas wprowadzenia do walki pododdziału, oddziału lub związku IM
4. Czas trwania ciągłego dyżurowania/patrolowania/ w powietrzu
5. Czas startu samolotów myśliwskich z różnych stopni gotowości bojowej i inne.

Na wartość poszczególnych wskaźników bojowych IM, a tym samym na jego możliwości bojowe znaczny wpływ wywiera cały szereg czynników.

Oto niektóre z nich:

- a/ czynniki charakteryzujące działalność nieprzyjaciela;
- ilość i typy środków napadu powietrznego;
  - ich ogólna ilość w jednym nalocie na broniony obszar;
  - składy grup poszczególnych celów powietrznych;
  - przewidywana intensywność działań w poszczególnych okresach;
  - prędkości, wysokości i profile lotu;
  - czas przebywania środków napadu powietrznego w strefie oddziaływania IM;
  - udział lotnictwa myśliwskiego npla w zabezpieczeniu ich działań;
  - kierunki nalotu i trasy lotu do poszczególnych obiektów;
  - ugrupowanie bojowe w powietrzu;
  - odporność środków napadu na trafienia z broni pokładowej samolotów myśliwskich i innych środków OP;
  - skuteczność ognia obronnego środków napadu;
  - możliwości ich manewrowania w okresie ataku i naprowadzania na nie samolotów myśliwskich;
  - skuteczność zakłóceń radioelektronicznych, którym może ulegać system wykrywania i naprowadzania IM;
  - poziom przygotowania i morale bojowe personelu latającego npla i inne.

b/ Czynniki charakteryzujące działalność systemu OP:

- ilość samolotów myśliwskich, dywizjonów ~~ogniowych~~ art. rak. i baterii art. lufowej, RLP i PN w bronionej strefie
- przepustowość systemu wykrywania i naprowadzania;
- odporność na uderzenia naziemnych środków OP;
- wielkość skutecznej strefy ognia naziemnych środków OP;
- szybkostrzelność tych środków;
- odporność systemu OP na zakłócenia;
- prędkość lotu, prędkość pionowego wznoszenia i praktyczny pułap własnych samolotów myśliwskich;
- skuteczność rażenia celu przez poszczególne typy samolotów myśliwskich;

- ilość i sprawność techniczna środków materiałowo-technicznego zabezpieczenia działań LM;
- poziom przygotowania i morale personelu latającego i zabezpieczającego;
- niezawodność pracy środków technicznych;
- położenie lotnisk LM w stosunku do osłanianych obiektów i inne.

c/ Czynniki charakteryzujące warunki działań:

- pora roku i doby;
- warunki atmosferyczne;
- ważność bronionego rejonu;
- ukształtowanie terenu itp.

Czynniki te w zasadzie charakteryzują konkretną, rozpatrywaną sytuację bojową. Ponieważ większość czynników w działaniach bojowych charakteryzuje się zmiennością, to i sytuacja bojowa również będzie ulegać zmianie. Ta ciągła zmienność sytuacji wpływa także na wartość poszczególnych wskaźników bojowych, a co za tym idzie - zmieniają się także możliwości bojowe LM i rezultaty jego działań. Dlatego też kalkulacja możliwości bojowych LM jak i rozwiązywanie zadań przy pomocy matematycznych metod na długi okres działań, większy niż jedna doba lub nawet dzień albo noc jest czynnością bardzo złożoną i przy obecnym stopniu automatyzacji obliczeń w naszych wojskach niemalże niemożliwą. Ponadto trudno jest przewidzieć rozwój sytuacji bojowej na dłuższy okres czasu, a w związku z tym określić i wybrać odpowiednie wartości czynników, które charakteryzują tę sytuację, a czynniki te stanowią przecież niezbędne dane wyjściowe do obliczeń. Reasumując powyższe można stwierdzić, że obliczanie wskaźników bojowych lotnictwa myśliwskiego, jak też rozwiązywanie zadań przy pomocy matematycznych metod ma sens tylko wówczas, gdy istnieje możliwość określenia czynników charakteryzujących sytuację bojową. Wartości tych czynników są podstawą do obliczeń i w praktycznej działalności jednostek lotniczych jak i w procesie szkolenia słuchaczy w akademii określa je dowódca, organizujący działania bojowe. Stąd wypływa jeszcze jeden wniosek, że na jakość powziętej decyzji przez dowódcę, a tym samym i końcowy rezultat działań ogromny wpływ wywiera także zdolność przewidywania dowódcy w zakresie wyboru odpowiednich

czynników. Poza tym, skoro czynniki te charakteryzują się zmiennością, to i końcowy rezultat obliczeń nie może być wyrażony jednoznaczną wartością. Dlatego też wyniki obliczeń mogą znajdować się w pewnym przedziale, w granicach którego zawarte są możliwe do przyjęcia rozwiązania.

Niezmiernie ważną czynnością dowódców podczas realizacji decyzji jest ciągle śledzenie za zmianą sytuacji bojowej, wyławianie zmieniających się czynników i wprowadzanie aktualnych poprawek do decyzji, których wartości także mogą być otrzymywane drogą matematycznych obliczeń. Taka konieczność jest niezbędna, ponieważ pobieranie decyzji przez dowódców jednostek lotniczych w zależności od ich szczebla mogą dotyczyć dłuższego okresu działań bojowych, a pomocnicze metody matematyczne optymalizujące jej wartość dotyczą tylko krótkiego okresu działań.

## ROZDZIAŁ II

### WSKAŹNIKI MOŻLIWOSCI BOJOWYCH IM I SPOSOB ICH OBLICZANIA

#### 1. Wskaźniki skuteczności bojowej IM

Wskaźniki skuteczności bojowej IM charakteryzują skuteczność działań bojowych lotnictwa myśliwskiego.

Do podstawowych wskaźników tej grupy zalicza się:

- prawdopodobieństwo przechwycenia przez lotnictwo myśliwskie celu powietrznego;
- średni oczekiwany rezultat działań bojowych IM /oczekiwana ilość zniszczonych środków napadu powietrznego/;

Przy obliczeniach wymienionych wskaźników wykorzystuje się teorię prawdopodobieństwa i metody statystyczne. Z uwagi na przeznaczenie niniejszego skryptu /zapoznanie słuchaczy z praktycznymi metodami obliczania możliwości bojowych IM/ metody obliczeń tych wskaźników pokazane są w formie uproszczonej, pozwalającej w krótkim czasie otrzymywać wartości poszczególnych wskaźników. Szczegóły i głębsze uzasadnienie teoretyczne wykorzystanych w skrypcie metod matematycznych, zawarte są w podręczniku W.N. GEWELING pt. "Skuteczność bojowa aparatów latających". Przekład z języka rosyjskiego, Warszawa 1968 r.

1/ Prawdopodobieństwo przechwycenia środka napadu powietrznego przez pojedynczy samolot myśliwski

Metoda obliczania wartości tego wskaźnika jest głównym ogniwem określania rezultatów działań bojowych pododdziałów, oddziałów i związków LM.

Wartość tego wskaźnika jest rozpatrywana w granicach taktyczno-technicznych danych osiągalnych przez samolot myśliwski z uwzględnieniem jego właściwości manewrowych i innych.

Każdy lot bojowy samolotu myśliwskiego na przechwycenie można umownie podzielić na kilka etapów:

- naprowadzanie samolotu myśliwskiego na cel powietrzny z wykryciem celu przez pilota włącznie;
- zbliżenie do celu po jego wykryciu do momentu zajęcia pozycji wyjściowej do ataku;
- celowanie, prowadzenie ognia i rażenie celu.

Każdy z wymienionych etapów lotu bojowego ma charakter przypadkowy i może zakończyć się powodzeniem lub też niepowodzeniem. Stwarza to możliwość wyrażenia każdego z nich odpowiednim prawdopodobieństwem:

- naprowadzenia - prawdopodobieństwem naprowadzenia  $/P_n/$ ;
- zajęcia pozycji do ataku - prawdopodobieństwem wyjścia do ataku  $/P_a/$ ;
- celowania i rażenia - prawdopodobieństwem rażenia  $/P_{raż}/$ .

Wykorzystując prawo mnożenia prawdopodobieństw, prawdopodobieństwo przechwycenia /zniszczenia/ celu przez pojedynczy samolot myśliwski  $/P_p/$  można określić przy pomocy następującego wzoru:

$$P_p = P_n \cdot P_a \cdot P_{raż} \quad /1/$$

Wiadomo jednak, że lot na przechwycenie celu może się odbywać w różnych warunkach sytuacji bojowej, które w wielu przypadkach mogą wywierać decydujący wpływ na przebieg całego procesu przechwycenia, np:

- przeciwnik może zakłócać system wykrywania i naprowadzania;

- przeciwnik może wykonywać manewr we wszystkich etapach lotu samolotu myśliwskiego na przechwycenie;
- przeciwnik może prowadzić ogień obronny do atakującego samolotu myśliwskiego;
- środki biorące udział w przechwyceniu, pomimo wysokiej sprawności technicznej, mogą odmówić pracy;
- lotnictwo myśliwskie może zwalczać cele samodzielnie, poza polem radiolokacyjnym. A więc działania bez naprowadzania samolotów myśliwskich z ziemi.

Dlatego też obliczenia prawdopodobieństwa przechwycenia powinny uwzględniać możliwie jak najwięcej czynników, które mogą okazywać wpływ na końcowy rezultat przechwycenia. W chwili obecnej przy obliczaniu prawdopodobieństwa przechwycenia wykorzystuje się następujący wzór:

$$P_p = P_n \cdot P_a \cdot P_{ra\dot{z}} \cdot P_{rpd} \cdot K_{nz} \cdot K_{oo} \quad /2/$$

gdzie:  $K_{nz}$  - współczynnik niezawodności technicznej samolotu i jego urządzeń;

$P_{rpd}$  - prawdopodobieństwo pokonania radioelektronicznego przeciwdziałania przeciwnika.

$K_{oo}$  - współczynnik uwzględniający ogień obronny samolotu celu, który może być prowadzony do samolotu myśliwskiego.

Podczas przechwytywania środków napadu powietrznego nieprzyjaciela z położenia patrolowania w powietrzu wzór na prawdopodobieństwo przechwycenia ma następującą postać:

$$P_{pp} = P_{wykr.} \cdot P_a \cdot P_{ra\dot{z}} \cdot K_{nz} \quad /3/$$

gdzie:  $P_{wykr.}$  - prawdopodobieństwo samodzielnego wykrycia celu przez pilota w strefie patrolowania w powietrzu;

$P_a$  - prawdopodobieństwo samodzielnego wyjścia do ataku samolotu myśliwskiego po uprzednim samodzielnym wykryciu celu.

Pozostałe składowe wzoru posiadają znaczenie analogiczne jak we wzorze nr 2.

Wartości składowych wzoru nr 2 i 3 mogą być różne nie większe jednak od jedności. Wartości te zmieniają się w zależności od warunków w jakich działania bojowe przebiegają.

Prawdopodobieństwo naprowadzania /P<sub>n</sub>/ uwzględnia:

- manewrowe, wysokościowe i prędkościowe właściwości samolotu myśliwskiego;
- dokładność wykonania przez pilota komend naprowadzania;
- możliwości prowadzenia obserwacji przestrzeni powietrznej i wykrycia celu z samolotu myśliwskiego;
- właściwości pracy naziemnych środków radiotechnicznych wykrywania i naprowadzania;
- ciągłość pola radiolokacyjnego w miejscu naprowadzania;
- stopień wyszkolenia składu bojowego SD i PN;
- metodyczne błędy podczas naprowadzania itp.

Wartość tego prawdopodobieństwa określa się drogą skomplikowanych analitycznych wyliczeń /metoda stosowana w badaniach naukowych/ i znacznie prostszą - drogą statystyczną. Istota metody statystycznej jest nadzwyczaj prosta, jak wynika z przytoczonej przykładowo zależności wystarczy dysponować odpowiednimi danymi statystycznymi.

$$P_n = \frac{n'}{n} ;$$

gdzie: n - ogólna ilość naprowadzeń;

n' - ilość naprowadzeń zakończonych powodzeniem.

Należy jednak mieć na uwadze fakt, że na podstawie pojedynczych naprowadzeń /danych statystycznych z małej ilości doświadczeń - naprowadzeń /nie można tej metody stosować. Im więcej danych statystycznych tym rezultat bardziej zbliżony do rzeczywistego.

Tabela nr 1 przedstawia wartości prawdopodobieństw naprowadzania i wyjścia do ataku uzyskanych metodą statystyczną w okresie pokojowym.

Tabela nr 1<sup>x/</sup>

lp	Warunki działań	Typ samolotu	Srodki naprowadzania	$P_n$	$P_a$
1	Dzień, średnie i duże H	Lim-5	WOO	0,9	0,95
2	Dzień, małe H do 1000 m	Lim-5	WOO	0,8	0,9
3	Noc księżycowa	Lim-5p	WOO	0,6	0,6
4	Średnie i duże H	MiG-21pf	Kaskad	0,9	0,9
5	H bliskie pułapowi stu	MiG-21pf	Kaskad	0,8	0,9
6	Małe H, według danych z odległych RLS	Lim-5	Plan-szet	0,4- 0,5	0,5- 0,9

Uwaga: Dane zawarte w tabeli nie uwzględniają manewru celu /cel nie manewruje/.

Prawdopodobieństwo wykonania ataku / $P_a$ / uwzględnia:

- manewrowe właściwości samolotu myśliwskiego;
- manewr celu;
- taktyczno-techniczne dane samolotu myśliwskiego;
- odległość i sylwetkę celu w momencie jego wykrycia;
- minimalny czas wykonania ataku;
- stopień wykształcenia pilota;
- sprawność psychofizyczną pilota i inne.

Wartość tego prawdopodobieństwa określa się przy pomocy takich samych metod jak prawdopodobieństwo naprowadzania. /Metody obliczeń tych prawdopodobieństw zawarte są w materiałach wyszczególnionych na str.14./

Rodzaj manewru celu podczas jego przechwycenia wywiera duży wpływ na wartość prawdopodobieństwa wykonania ataku, np. podczas zwalczania samolotu typu F-104 przez samolot MiG-21pf z zastosowaniem celownika RP-9-21 przy kącie kursowym celu 150-180° gdy cel wykona manewr w stronę atakującego myśliwca  $P_a$  zmniejszy się do 0,1-0,5. Natomiast, gdy cel wykona manewr od atakującego /w stronę przeciwną atakującego/ myśliwca wówczas  $P_a$  zmniejszy się do 0,4-0,5. Jeżeli cel

x/ płk Diaczenko. Osnovy metodiki oprędjeljenja i ocenki boje-  
wych wozmożnostiej istriebitielej. Wydawnictwo KWWA,  
Monino 1964 r.

manewruje po wzrokowym jego wykryciu przez pilota, wówczas  $P_a$  zmniejsza się bardzo nieznacznie i wynosi 0,8-0,9. Średnio,  $P_a$  nie powinno zmniejszać się więcej, niż o 20-30%, jeżeli pilot właściwie reaguje na manewr celu. Podczas zwalczania bombowców manewrujących  $P_a$  zmniejsza się do 0,65-0,75. Prawdopodobieństwo wykonania ataku do śmigłowca lecącego na małej wysokości wynosi około 0,8.

#### Prawdopodobieństwo rażenia celu / $P_{\text{raź}}$ /

Prawdopodobieństwo rażenia celu przez samolot myśliwski jest większe od zera tylko wówczas, gdy pierwsze dwa etapy lotu tj: naprowadzanie i zajęcie odpowiedniej pozycji wyjściowej do ataku zakończyły się powodzeniem. Wartość tego prawdopodobieństwa oblicza się dla wszystkich typów samolotów myśliwskich i różnych wariantów prowadzenia ognia. Oblicza się je metodą analityczną lub statystyczną, z których każda uwzględnia:

- rodzaj uzbrojenia samolotu myśliwskiego;
- prawdopodobieństwo trafienia jednym pociskiem;
- potrzebną ilość trafień do zniszczenia danego celu;
- ilość wystrzeliwanych do celu pocisków w jednym ataku;
- warunki strzelania /odległość, kąt kursowy celu oraz prędkości i wysokości jego lotu/;
- obronny ogień celu;
- wielkość błędu przy celowaniu;
- sposób prowadzenia ognia i inne czynniki wywierające wpływ na skuteczność strzelania.

Średnie, orientacyjne wartości tego prawdopodobieństwa ilustruje tabela nr 2. Bardziej wszechstronne i szczegółowe dane o metodzie określania tego prawdopodobieństwa oraz obliczone już jego wartości dla różnych warunków prowadzenia ognia zawarte są w wydany przez ASG zbiorze materiałów do określania możliwości bojowych IM /Zeszyt nr 2 z załącznikami/.

Tabela nr 2

Lp	Typ s-tu myśl.	Uzbrojenie	Ilość pocis- ków s-tu	Praż			Uwagi
				B-52	B-47 i 58	B-57	
1	MiG-21	Rakiety	1	0,8	0,8	0,8	Myśl. takt. i s-ty pocis.
			2	0,96	0,96	0,96	
2	MiG-19	Rakiety	1/2	0,5/0,75	0,5/0,75	0,5/0,75	Z uwzględn. ogn.obron.
		Działka	1 sek.	0,50/0,40	0,5/0,4	0,55	
3	Lim-5p	Działka	1 sek.	0,4	0,45	0,55	z uwzględn. ogn.obron.
		Działka	1 sek.	0,45	0,5	0,55	
4	Lim-5	Działka	1 sek.	0,45	0,5	0,6	- " -

Uwaga: wartości prawdopodobieństwa rażenia zawarte w tabeli nie uwzględniają manewru celu. Przy manewrze celu wartość ta zmniejsza się średnio o 10-20%. Skuteczność ognia obronnego celu uwzględniono tylko dla samolotów typu: B-52, B-47 i B-58.



Współczynnik  $K_{nz}$  - niezawodności technicznej sprzętu uwzględnia techniczną niezawodność samolotu myśliwskiego i jego urządzeń podczas lotu na przechwycenie. Wartość tego współczynnika dla samolotów typu MiG-21pf przy współpracy z systemem WP wynosi 0,8-0,9. Dla samolotów Lim-5 i MiG-19 przy współpracy ze zwykłym systemem wynosi 0,9-0,95.

Wartość prawdopodobieństwa pokonania radioelektronicznego przeciwdziałania  $P_{rpd}$  zależy od odporności na zakłócenia radioelektroniczne celownika radiolokacyjnego samolotu myśliwskiego i od umiejętności stosowania przedsięwzięć przez pilota w tym zakresie. /Problem ten do chwili obecnej nie jest jeszcze całkowicie zbadany/.

Wartość prawdopodobieństwa pokonania radioelektronicznego przeciwdziałania podczas prowadzenia działań bojowych w dzień w zwykłych warunkach atmosferycznych zbliżona jest do jedności. Podczas zwalczania celów powietrznych w nocy lub w dzień w chmurach /z wykorzystaniem celownika radiolokacyjnego/ - około 0,8.

Współczynnik ognia obronnego celu -  $K_{oo}$

Współczynnik ten może być uwzględniony już podczas obliczania prawdopodobieństwa rażenia " $P_{raź}$ ", wówczas we wzorze nr 1 i 2 nie uwzględnia się go. Nie uwzględnia się go również podczas obliczania prawdopodobieństwa dla samolotu myśliwskiego uzbrojonego w rakiety R-3s lub RS-2us. W tych bowiem przypadkach zakłada się, że samolot myśliwski podczas ataku celu nie wchodzi w strefę skutecznego ognia prowadzonego przez samolot cel do samolotu myśliwskiego.

Srednia wartość tego współczynnika dla samolotu myśliwskiego uzbrojonego w działka podczas atakowania celu posiadającego obronne uzbrojenie artyleryjskie wynosi: 0,65.

Prawdopodobieństwo samodzielnego wykrycia celu  $P_{wykr}$

Prawdopodobieństwo wykrycia celu przez pilota podczas patrolowania w powietrzu jest wartością zmienną.

Wartość tego prawdopodobieństwa zależy od:

- wielkości strefy obserwacji pilota, która z kolei zależy od przezroczystości powietrza oraz względnego kąta kursowego celu i wielkości celu;

- wielkości strefy patrolowania;
- prędkości lotu celu;
- kontrastowości celu na tle terenu lub nieboskłonu w rejonie strefy patrolowania;
- ilości samolotów myśliwskich jednocześnie patrolujących oraz rodzaju manewru w strefie;
- intensywności przelotu przez strefę patrolowania celów powietrznych.

Srednia wartość tego prawdopodobieństwa podczas wykrywania celów powietrznych przelatujących przez strefę patrolowania pod kątem zbliżonym do  $90^\circ$  w stosunku do kursu lotu samolotu myśliwskiego i prędkości patrolowania w granicach 600-800 km/godz. oscyluje w granicach 0,3-0,6.

Prawdopodobieństwo wyjścia do ataku / $P_a$ / samodzielnie wykryte-  
tego celu

Wartość tego prawdopodobieństwa zależy głównie od odległości wykrycia celu powietrznego, wzajemnego położenia samolotu myśliwskiego i celu powietrznego w momencie wykrycia. Uzależniona jest także parametrami niezbędnego manewru /promienia skrętu, czasu jego wykonania/ samolotu myśliwskiego podczas zajmowania samodzielnie pozycji wyjściowej do ataku. Wielkość parametrów tego manewru uwarunkowana jest z kolei możliwymi kierunkami ataków, różnicą kursów samolotu myśliwskiego i celu oraz ich stosunkiem prędkości. Wiadomo jest z doświadczeń oraz przeprowadzonych obliczeń, że prawdopodobieństwo wyjścia samolotu myśliwskiego do ataku celu lecącego na kursach zbliżonych do przeciwnych jest praktycznie równe zero /przy założeniu, że ataki na kursach przeciwnych są nieskuteczne/. Prawdopodobieństwo wyjścia samolotu myśliwskiego do ataku celu, lecącego pod kątem do kursu lotu samolotu myśliwskiego bliskim  $90^\circ$  oscyluje w granicach 0,2-0,5. W miarę zmniejszania się różnicy kursów lotu samolotu myśliwskiego i celu prawdopodobieństwa wyjścia do ataku zwiększa się, a przy kursach jednakowych jego wartość jest maksymalna i zbliżona do jedności.

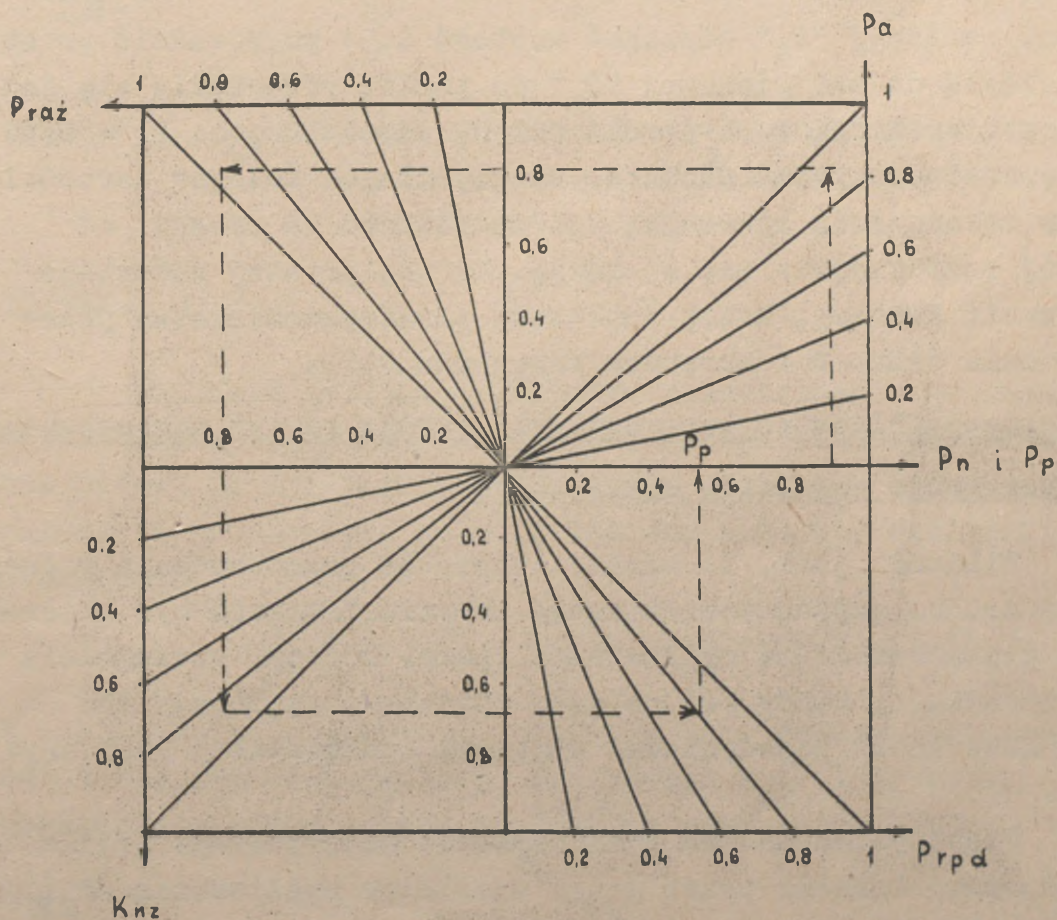
Pozostałe składowe wzoru nr 3 mają znaczenie analogiczne jak wzory nr 1 i 2.

Jeżeli podczas przechwytywania jeden z etapów lotu na przechwycenie zakończy się niepowodzeniem, wówczas prawdopodobieństwo przechwycenia równa się zero. Jeżeli, natomiast, samolot myśliwski atak wykonał, wówczas prawdopodobieństwo przechwycenia jest równe prawdopodobieństwu rażenia celu.

Rozporządzając wyżej omówionymi wartościami, w prosty sposób przy pomocy wzoru nr 2 lub 3 oblicza się prawdopodobieństwo przechwycenia. W celu skrócenia czasu tych wyliczeń można wykonać zawnazu wykres bardzo ułatwiający obliczania. Sposób posługiwania się wykresem pokazany jest strzałkami.

WYKRES DO OKREŚLANIA WARTOSCI  $P_p$

Wykres nr 1



Rys. nr 1

Przykład nr 1

Obliczyć prawdopodobieństwo przechwycenia pojedynczego samolotu F-104 przez samolot myśliwski MiG-21pf, jeżeli wiadomo, że  $P_n = 0,9$ ;  $P_a = 0,9$ ;  $P_{ra\dot{z}} = 0,96$ ;  $P_{rpd} = 0,85$  i  $K_{nz} = 0,8$ .

Rozwiązanie: według wzoru nr 2.

$$P_p = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 0,528 \approx 0,53$$

Odpowiedź: przy założonych do obliczeń warunkach prawdopodobieństwo zniszczenia samolotu F-104 przez samolot MiG-21pf wynosi 0,53.

Rozwiązanie według wykresu:

Na osi poziomej " $P_n$ " odszukać wartość 0,9: poprowadzić prostą równoległą do osi pionowej " $P_a$ " do punktu przecięcia się jej z prostą wychodzącą ze środka układu odpowiadającą  $P_a = 0,9$ . Następnie postępować podobnie, uwzględniając kolejne wartości, aż do zakończenia operacji, tj: do powrotu na prostą, od której rozpoczynało się operację. Na tej prostej odczytuje się wynik końcowy, który odpowiada prawdopodobieństwu przechwycenia celu. W konkretnym przypadku 0,53.

2/Prawdopodobieństwo przechwycenia środka napadu powietrznego przez grupę samolotów myśliwskich

Wiadomo jest, że bardzo często na przechwycenie pojedynczego środka napadu powietrznego przeciwnika może być skierowana grupa samolotów myśliwskich /para, klucz/, szczególnie w przypadkach, kiedy cel ma duże znaczenie /ważność/ lub gdy skuteczność pojedynczego samolotu myśliwskiego jest zbyt mała.

Prawdopodobieństwo przechwycenia pojedynczego środka napadu powietrznego przez grupę samolotów myśliwskich  $P_{p\Sigma}$  można obliczyć przy pomocy wzoru:

$$P_{p\Sigma} = 1 - (1 - P_p)^k$$

/4/

gdzie:  $k$  - ilość samolotów myśliwskich o jednakowym  $P_p$  przechwytyjących pojedynczy środek napadu powietrznego. W ogólnym wzorze  $k = \frac{N_m}{N_c}$  ;

gdzie:

$N_m$  - ilość samolotów myśliwskich;

$N_c$  - ilość atakowanych przez te samoloty środków napadu powietrznego przeciwnika.

Jeżeli samoloty myśliwskie przechwytyjące pojedynczy środek napadu powietrznego przeciwnika posiadają różne  $P_p$  lub też różne warunki wykonania ataku tego samego środka wówczas wartość tego prawdopodobieństwa oblicza się według wzoru:

$$P_p \Sigma = 1 - /1 - P_{p1}/ /1 - P_{p2}/ \dots /1 - P_{pn}/ \quad /5/$$

gdzie  $P_{p1}$ ,  $P_{p2}$  itd - prawdopodobieństwa przechwycenia tego samego środka przez każdy samolot myśliwski z grupy.

### Przykład nr 2

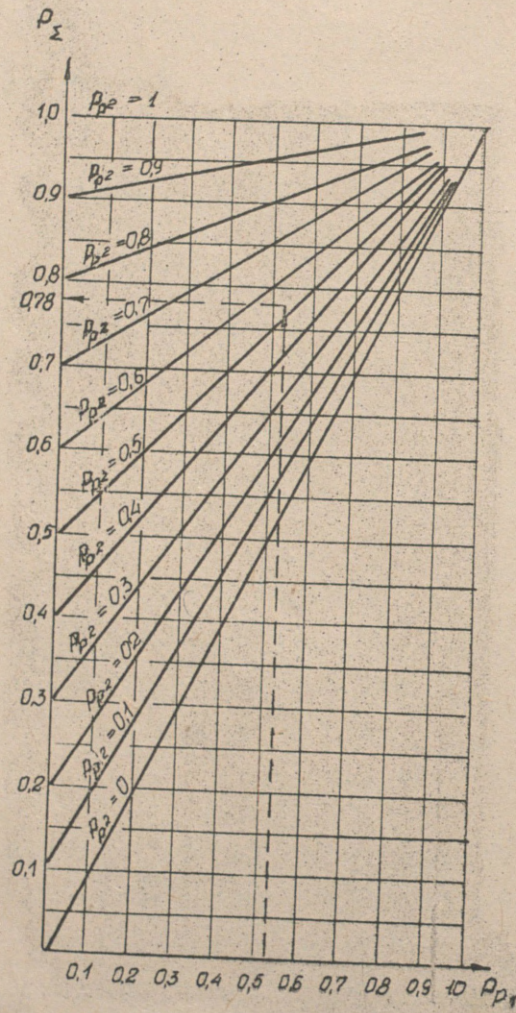
Obliczyć prawdopodobieństwo przechwycenia pojedynczego środka napadu powietrznego przeciwnika przez parę samolotów MiG-21 pf dla warunków przykładu nr 1 przy jednakowych warunkach prowadzenia walki przez oba samoloty myśliwskie.

Rozwiązanie:

$$P_p \Sigma = 1 - \sqrt{1 - 0,53}^2 = 1 - 0,22 = 0,78$$

W celu skrócenia czasu na wykonanie tego rodzaju obliczeń można się posłużyć wykresem zależności  $P_{p\Sigma}$  i  $P_p$  nr 2, względnie wykresem przedstawionym na rysunku nr 25.

Wykres nr 2



Rys.2

### 3/ Sredni oczekiwany rezultat działań IM

Jednym z głównych wskaźników oceny możliwości bojowych IM jest średni oczekiwany rezultat działań bojowych IM. Podczas wykonywania przez IM zadań bojowych związanych z osłoną powietrzną rezultat ten może być wyrażany oczekiwaną ilością przechwycionych /zniszczonych/ środków napadu powietrznego przeciwnika  $M_c$ . Obliczona wartość tego wskaźnika  $M_c$  daje możliwość zorientowania się na ile założony wariant użycia IM przy przewidywanym wariancie nalotu przeciwnika jest skuteczny.

Oczekiwaną ilość zniszczonych środków napadu powietrznego przeciwnika  $M_c$  określa się na podstawie znajomości przewidywanej ogólnej ilości tych środków w nalocie  $N_c$  podlegającej oddziaływaniu IM; ilości ataków przypadającej na każdy  $i$ -ty środek napadu oraz prawdopodobieństwa przechwycenia każdego środka w każdym  $i$ -tym ataku.

Srednią oczekiwaną ilość zniszczonych środków napadu w jednakowych warunkach prowadzenia działań oblicza się przy pomocy wzoru:

$$M_c = \sum_{i=1}^{N_c} P_i; \quad /6/$$

gdzie:  $P_i$  - prawdopodobieństwo przechwycenia  $i$ -tego środka.

Wartość tego prawdopodobieństwa oblicza się przy pomocy następującego wzoru:

$$P_i = 1 - \sum_{j=1}^{k_c} /1 - W_j/; \quad /7/$$

Wartość oczekiwanego rezultatu  $M_c$  zależy nie tylko od skuteczności każdego oddzielnego przechwycenia  $P_p$  lecz także sposobu podziału celów. Optymalny podział celów występuje wówczas, gdy ogólna ilość ataków IM podzielona jest równomiernie na wszystkie zwalczane środki napadu. Taki bowiem podział celów zapewnia osiągnięcie maksymalnej wartości

"M<sub>c</sub>". Bardziej szczegółowo o optymalnym podziale celów powietrznych traktuje III rozdział, niniejszego skryptu.

Srednią oczekiwaną ilość zniszczonych celów znacznie prościej i przy mniejszej stracie czasu określa się przy pomocy wykresu nr 3 przedstawionego na rys.3. Kolejność posługiwania się wykresem jest następująca: Według znanego /określonego wg wzoru nr 2 lub 3/ prawdopodobieństwa przechwycenia P<sub>p</sub> i obliczonego stosunku gotowych do działań samolotów myśliwskich N<sub>m</sub> do ogólnej ilości środków napadu

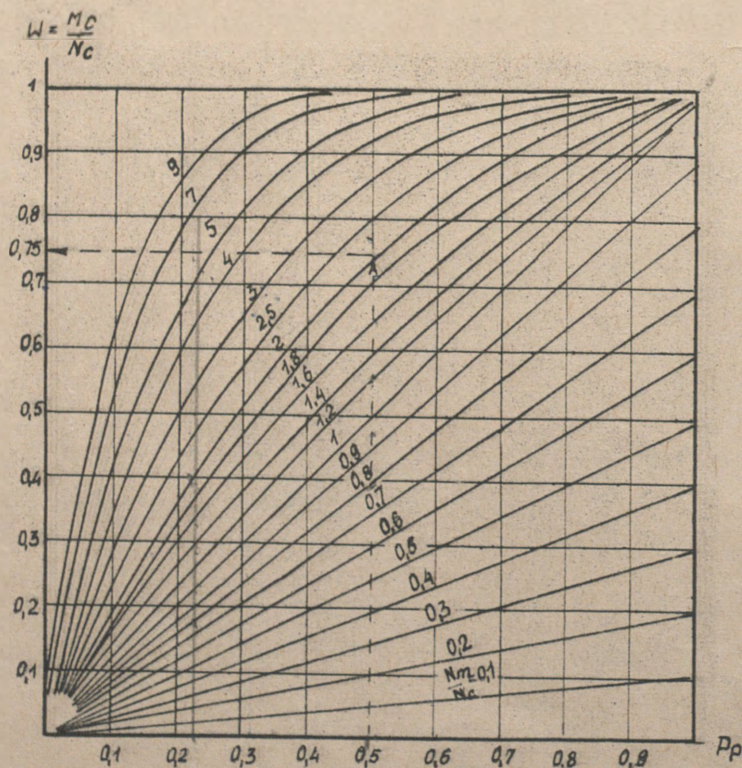
- N<sub>c</sub> / -  $\frac{N_m}{N_c}$  / odczytać na osi pionowej wartość "W" -  $W = \frac{M_c}{N_c}$  ,

a następnie według wzoru nr 8 określić -M<sub>c</sub>.

$$M_c = N_c \cdot W$$

/8/

Wykres nr 3



Rys.3

Przykład nr 3

Na przechwycenie ośmiu bombowców planuje się wysłać 16 samolotów MiG-21 pf. Prawdopodobieństwo przechwycenia bombowca przez każdy samolot MiG-21 pf  $P_p = 0,5$ . Określić oczekiwaną ilość przechwyconych bombowców "Mc" przy równomiernym podziale celów.

Rozwiązanie

Określić średnią ilość ataków do każdego bombowca:

$$\frac{N_m}{N_o} = \frac{16}{8} = 2;$$

Określić przy pomocy wykresu nr 3 prawdopodobieństwo przechwycenia każdego bombowca:

$$x/ \quad P_p = 0,5 \rightarrow \frac{N_m}{N_c} = 2 \rightarrow W = 0,75$$

Określić z wzoru nr 8 średnią oczekiwaną ilość zniszczonych bombowców:

$$M_c = 8 \cdot 0,75 = 6 \text{ bombowców}$$

Odpowiedź: w założonych warunkach 16 samolotów MiG-21 pf może zniszczyć 6 spośród 8 bombowców.

Uwaga:

Obliczony rezultat jest wartością średnią, przeciętną i może być osiągnięty tylko wtedy, jeżeli założone w obliczeniach warunki będą odpowiadały rzeczywistości.

---

x/ Strzałki wskazują kolejność posługiwania się wykresem.

## 2. Wskaźniki przestrzenne IM

Wskaźniki przestrzenne lotnictwa myśliwskiego są to wartości liczbowe otrzymywane drogą obliczeń lub doświadczenia. Wskaźniki te charakteryzują odległości i zasięgi działania samolotów myśliwskich podczas wykonywania przez nie typowych zadań bojowych - przechwytywania celów powietrznych w konkretnych warunkach bojowych.

Do podstawowych wskaźników przestrzennych zalicza się: zasięg bojowego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego, położenie potrzebnych i możliwych rubieży wprowadzenia do walki, położenie stref dyżurowania i patrolowania w powietrzu, droga zbliżania - samolotu myśliwskiego do celu przy różnych metodach naprowadzania, bezpieczna odległość między samolotem myśliwskim, a celem w strefie ognia przeciwlotniczej artylerii rakietowej i inne.

Wartość wymienionych wskaźników uzależniona jest od taktyczno-technicznych danych samolotów myśliwskich i sprzętu zabezpieczającego naprowadzanie samolotów oraz od taktyki działań środków napadu powietrznego npla. Znajomość wartości wskaźników przestrzennych umożliwia dowódcom organizującym działania bojowe lotnictwa myśliwskiego na wszystkich szczeblach dowodzenia określić i zastosować najwygodniejszy wariant prowadzenia działań w zakresie: wyboru sposobów działań oraz określenia miejsca znajdowania się stref dyżurowania lub patrolowania, położenia potrzebnych rubieży wprowadzenia do walki lotnictwa myśliwskiego w zależności od miejsca znajdowania się obiektów podlegających osłonie, określenia potrzebnej głębokości radiolokacyjnego pola wykrywania i naprowadzania itp.

### 1/ Zasięg bojowego oddziaływania lotnictwa myśliwskiego

Pod pojęciem: "Zasięg bojowego oddziaływania IM" należy rozumieć przestrzeń powietrzną, w granicach której możliwe jest dowodzenie i naprowadzanie samolotów myśliwskich na cele powietrzne.

Zasięg ten nie jest wielkością stałą i zależy od:

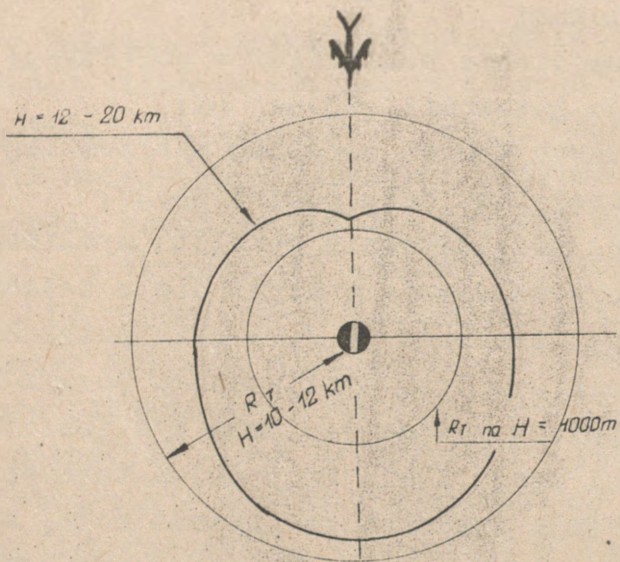
- odległości wykrycia celów powietrznych przez naziemne środki radiotechniczne;
- zasięgu środków dowodzenia samolotami w powietrzu;
- bazowania i stopnia gotowości bojowej LM;
- taktyczno-technicznych danych samolotu myśliwskiego;
- wysokości i prędkości lotu celu powietrznego.

Maksymalny zasięg oddziaływania samolotu myśliwskiego w stosunku do lotniska bazowania pokrywa się z zasady z taktycznym promieniem działania  $/R_T/$ , a przy potrzebie  $/możliwości/$  lądowania samolotu myśliwskiego po wykonaniu zadania na innym lotnisku zasięg ten może być jeszcze większy. Do wysokości rzędu 12-14 km promień taktyczny rozpatrywany w płaszczyźnie poziomej ma kształt koła, z lotniskiem w centrum. Na większych wysokościach wielkość promienia taktycznego zmienia się w zależności od kąta kursowego lotu celu, a kształt omawianej strefy przyjmuje formę kardioidy, patrz rys. nr 4. Przyczyną tego jest konieczność wykonywania manewru podczas zajęcia pozycji wyjściowej do ataku na włączonym forsażu w przeciągu 4 do 7 minut. Włączenie forsażu pociąga za sobą większe zużycie paliwa, co z kolei zmniejsza zasięg oddziaływania samolotu myśliwskiego, szczególnie podczas zbliżania do celu na kursach przeciwnych lub zbliżonych do przeciwnych.

Uwzględniając konieczność dowodzenia  $/naprowadzania/$  samolotów myśliwskich na cele powietrzne za pomocą naziemnych radiolokacyjnych stacji, zasięg bojowego oddziaływania może znacznie się zmniejszać. Dlatego też niżej zostanie rozpatrzona metoda określania promienia strefy naprowadzania LM.

Zasięg działania naziemnych radiotechnicznych środków dowodzenia  $/naprowadzania/$  w stosunku do SD LM nosi nazwę pola naprowadzania danego SD lub PN. Promień tego pola  $/R_n/$  można określić wg następującego wzoru:

$$R_n = S_{wykr} - V_c / t_{sk} + t_{man} / ; \quad /9/$$



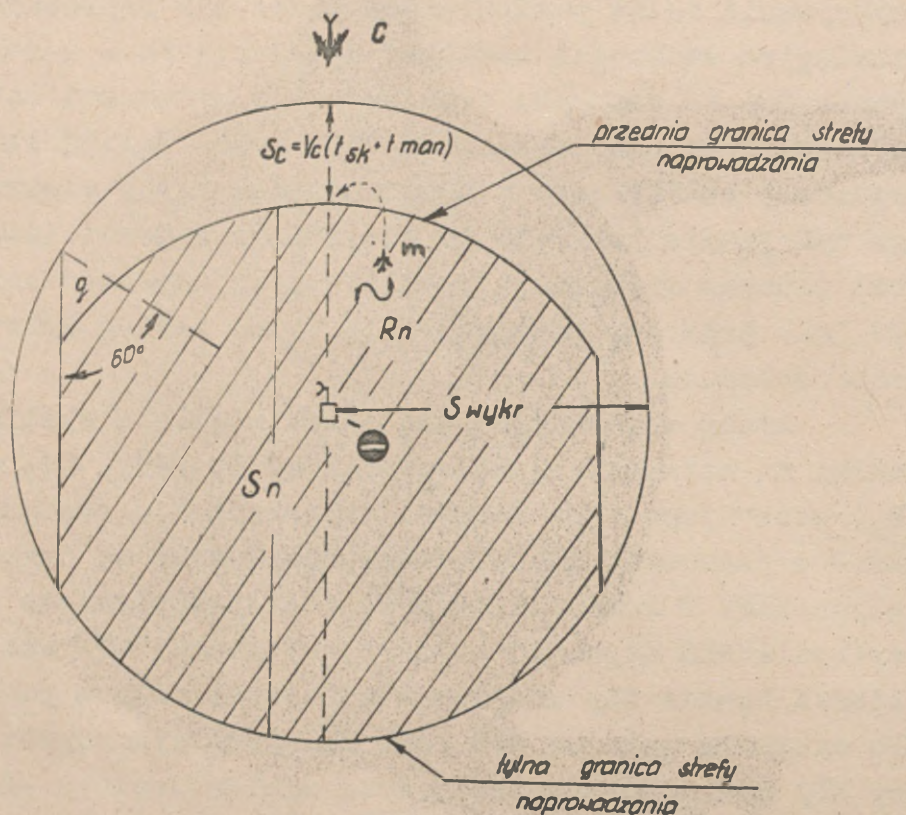
Rys.4. Taktyczny promień działania samolotu myśliwskiego w płaszczyźnie poziomej

gdzie:

- $S_{\text{wykr}}$  - zasięg wykrywania celu przez naziemną radiolokacyjną stację naprowadzania, w km;
- $V_c$  - prędkość celu w km/min;
- $t_{\text{sk}}$  - czas skorygowania kursu samolotu myśliwskiego podczas lotu na przechwycenie, w min;
- $t_{\text{man}}$  - czas wykonania manewru przez samolot myśliwski w celu zajęcia pozycji wyjściowej do ataku, w min.

Rozmiary pola naprowadzania są ograniczone zasięgiem wykrywania celów powietrznych przez RLS naprowadzania oraz zasięgiem łączności radiowej w relacji PN - samolot myśliwski. Oba te czynniki zależne są od wysokości lotu samolotu myśliwskiego oraz wysokości lotu celu. Zasięg łączności radiowej na UKF jest w tym przypadku nieco większy od zasięgu wykrywania RLS P-35 na wszystkich wysokościach. Dlatego też podczas obliczania rozmiaru pola naprowadzania IM przez PN jako podstawę przyjmuje się tylko zasięg wykrywania RLS naprowadzania.

Ażeby zapewnić wprowadzenie samolotu myśliwskiego do walki na maksymalnej odległości od SD /PN/, tj. na granicy  $R_n$ , start jego oraz wstępne naprowadzanie powinno być wykonane z planszetu lub stołu doprowadzenia wg danych z odległych RLP. W momencie wejścia celu powietrznego do strefy wykrycia RLS naprowadzania /rys.5 punkt "c"/ samolot myśliwski będzie się znajdował w rejonie celu w punkcie "m". Po wykryciu celu na WOO /lub UD, przy wykorzystaniu aparatury WP/ nawigator naprowadzania zorientowawszy się o wzajemnym położeniu celu i samolotu myśliwskiego koryguje jego kurs lotu, przekazuje w tym celu odpowiednie komendy oraz określa moment początku manewru samolotu myśliwskiego do zajęcia pozycji wyjściowej do ataku. Wszystkie te czynności mogą być wykonane w ciągu 2-3 min / $t_{sk}$ /. Podczas wykorzystania do naprowadzania SRP "Kaskad" współrzędne samolotu myśliwskiego wprowadza się do SRP także nie później, niż 3 minuty przed rozpoczęciem manewru. Dlatego też czas skorygowania kursu / $t_{sk}$ / można przyjmować równy 3 minutom. Czas manewru / $t_{man}$ / w celu zajęcia przez samolot myśliwski pozycji wyjściowej do ataku z tylnej półsfery na wysokościach do 14 km wynosi około 2 minut, a powyżej, z uwzględnieniem wykonania manewru "górką" - 5 do 7 minut. Tak więc, od momentu wykrycia celu na ekranie WOO /UD/ do chwili zajęcia przez samolot myśliwski pozycji wyjściowej do ataku cel przebędzie odległość równą:  $S_c = V_c /t_{sk} + t_{man}/$ . Dlatego też zasięg pola naprowadzania jest zawsze mniejszy od zasięgu wykrywania RLS naprowadzania.



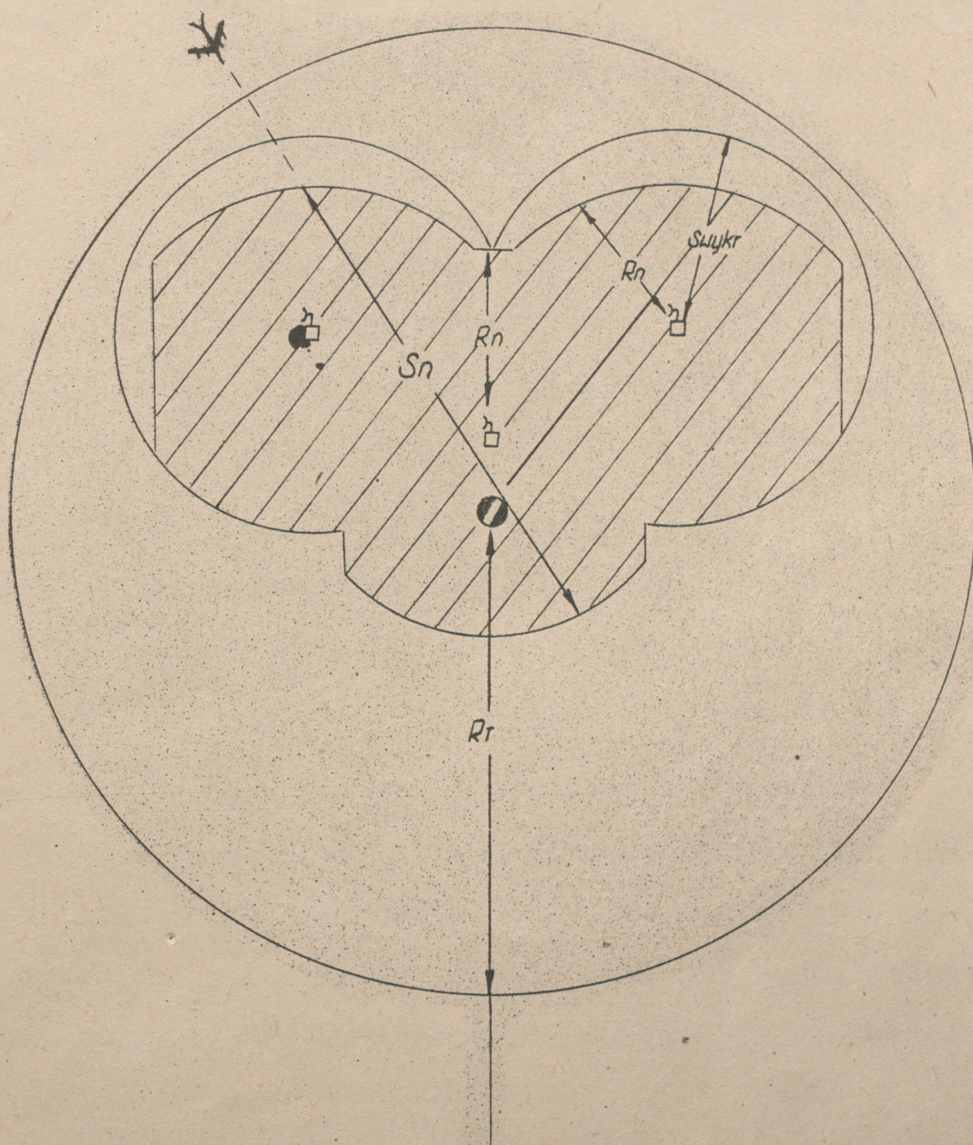
Rys.5

Pole naprowadzania LM z jednego PN z wykorzystaniem wskaźnika obserwacji okrężnej.

Jak pokazano na rysunku tylna granica pola naprowadzania pokrywa się z granicą zasięgu wykrywania RLS. Boczne granice strefy określa się z takim wyliczeniem, ażeby po wyjściu samolotu myśliwskiego na pozycję wyjściową do ataku na przedniej granicy pola naprowadzania RLS mogła śledzić cel w procesie ataku w okresie około 2-3 min. Dla różnych wysokości i prędkości lotu celu położenie bocznych granic strefy określa się z pewnym przybliżeniem na podstawie granicznego kąta kursowego celu "q", którego wartość wynosi  $60^\circ$ . Przy większych kątach kursowych naprowadzanie może być niewykonalne z powodu zbyt krótkiego

czasu znajdowania się celu w zasięgu radiolokacyjnego pola RLS naprowadzania.

Podczas naprowadzania samolotów myśliwskich startujących z jednego lotniska przez kilka punktów naprowadzania pole naprowadzania będzie znacznie większe, patrz rys.6.



Rys.6

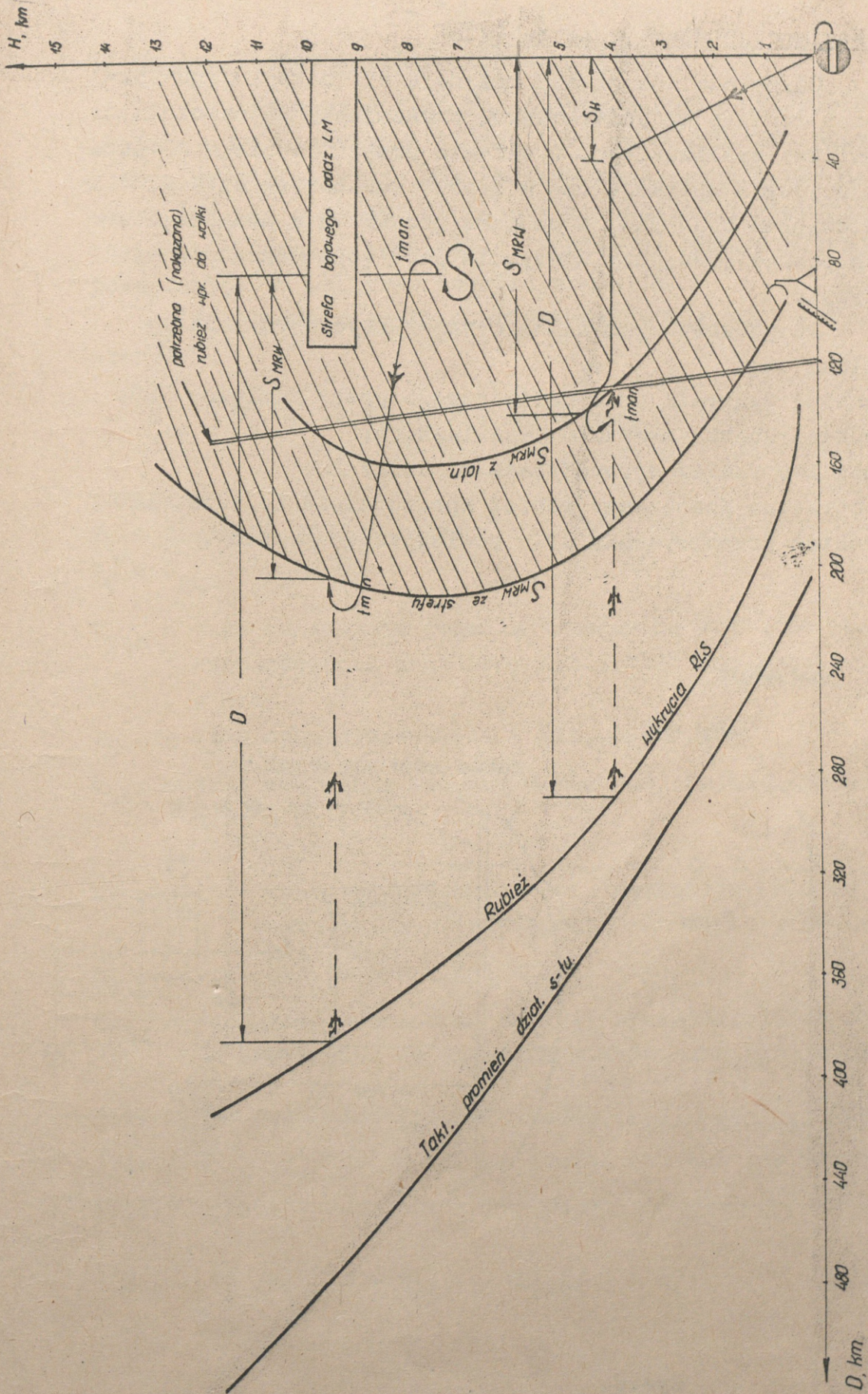
Zasięg bojowego oddziaływania samolotów myśliwskich z wykorzystaniem kilku punktów naprowadzania.

Trzecim zasadniczym czynnikiem ograniczającym zasięg bojowego oddziaływania LM jest położenie w stosunku do lotniska startu możliwej rubieży wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich. Na położenie tej rubieży wpływają następujące czynniki:

- głębokość pola radiolokacyjnego;
- stopień gotowości bojowej LM /po jakim czasie od wykrycia celu s-ty myśliwskie są w stanie wystartować/;
- położenie lotniska bazowania w stosunku do potrzebnych /nakazanych/ rubieży wprowadzenia do walki LM;
- prędkość i wysokość lotu celu oraz zdolności manewrowe samolotu myśliwskiego i inne.

Określanie położenia tych rubieży, a więc i ograniczenia zasięgu bojowego oddziaływania LM rozpatrywane są w następnym zagadnieniu p.n.: Nawigacyjno-taktyczne rubieże.

Na rysunku 7 przedstawione są przykładowo wartości zasięgu poszczególnych środków, biorących udział w procesie przechwytywania celów powietrznych w zależności od wysokości lotu celu oraz ograniczenia zasięgu bojowego oddziaływania LM w przekroju pionowym.



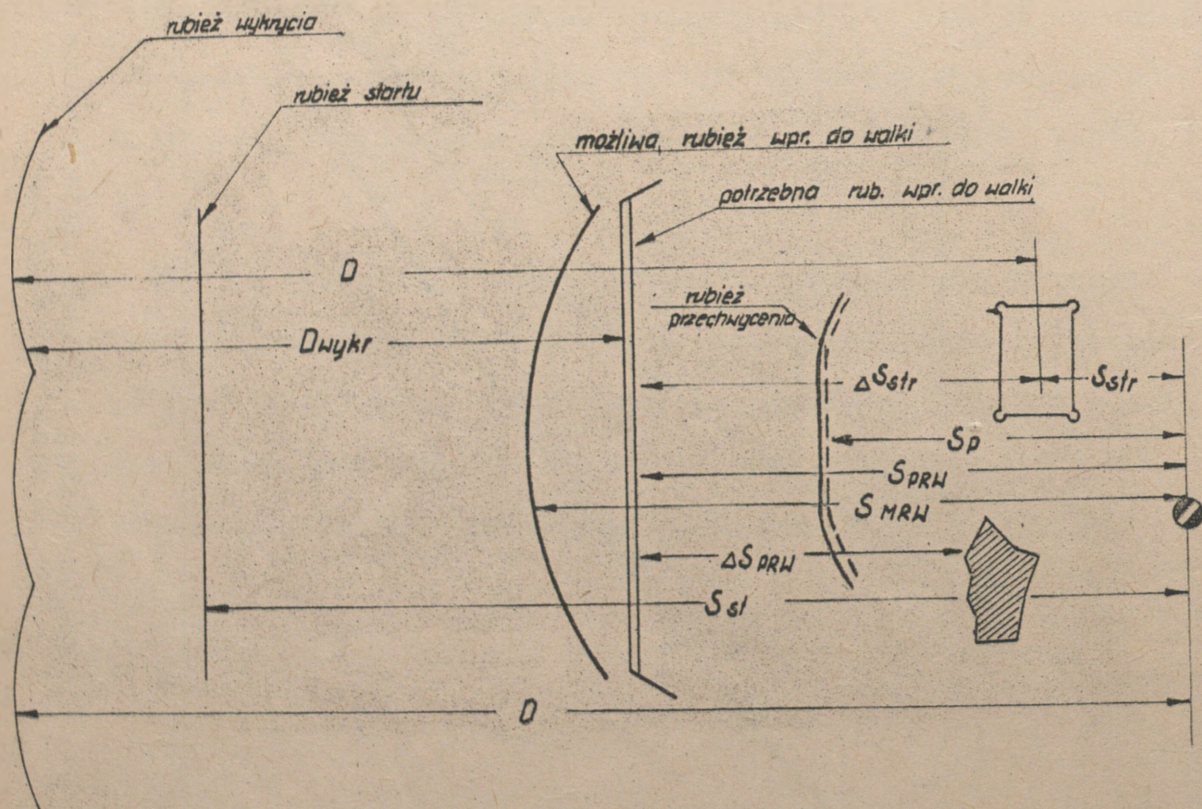
Rys.7. Zasięg bojowego oddziaływania LM w przekroju pionowym / w zależności od wysokości działania /

## 2/ Nawigacyjno-taktyczne rubieże

Odległości na jakich znajdują się nawigacyjno-taktyczne rubieże są podstawowymi wskaźnikami przestrzennymi lotnictwa myśliwskiego. W okresie przygotowawczym do działań bojowych wpływają one w sposób zasadniczy na organizację działań bojowych, a podczas prowadzenia działań bojowych pomagają dowódcy w szybkim powzięciu uzasadnionej decyzji.

Do podstawowych nawigacyjno-taktycznych rubieży zalicza się:

- rubież wykrycia celu powietrznego przez naziemne RLS;
- rubież startu samolotów myśliwskich;
- możliwa rubież wprowadzenia do walki IM;
- potrzebna /nakazana/ rubież wprowadzenia do walki IM;
- rubież przechwycenia celu powietrznego /rys.8/.



Rys.8.

Nawigacyjno-taktyczne rubieże

### 3/ Rubież startu samolotu myśliwskiego

Rubież startu jest to miejsce znajdowania się celu powietrznego w stosunku do lotniska bazowania LM, przy którym samoloty myśliwskie powinny otrzymać komendę na start aby spotkanie z celem odbyło się na nakazanej /potrzebnej/ rubieży wprowadzenia do walki. Rubież ta może się znajdować poza zasięgiem bojowego oddziaływania LM.

Położenie rubieży startu określa się przy pomocy wzoru:

$$S_{st} = V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / - n S_H + S_{PRW} / 1 + n /; \quad /10/$$

gdzie:

$V_c$  - prędkość celu w km/min;

$t_{\Sigma} = t_{pas} + t_H$  w min

$t_{pas}$  - czas od momentu podania komendy na start do momentu wystartowania samolotów myśliwskich na przechwycenie, w min;

$t_H$  - czas naboru wysokości w min;

$t_{man}$  - czas wykonania manewru w końcowej fazie naprowadzania, w min;

$n = \frac{V_c}{V_m}$  - stosunek prędkości lotu poziomego celu do samolotu myśliwskiego;

$S_H$  - droga naboru wysokości w km;

$S_{PRW}$  - odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki LM w stosunku do lotniska startu samolotów myśliwskich.

Wzór nr 10 jest słuszny w przypadku, gdy  $S_{PRW} \geq S_H$ , jeżeli  $S_{PRW} < S_H$ , to rubież startu określa się przy pomocy wzoru:

$$S_{st} = V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / + S_{PRW} / 1 + n /; \quad /11/$$

Przykład:

Obliczyć rubież startu dla dyżurującego w got. nr 1 klucza samolotów myśliwskich jeżeli nakazana rubież wprowadzenia do walki znajduje się w stosunku do lotniska na odległości 100 km. Pozostałe dane wyjściowe:  $V_c = 900$  km/godz,  $V_m = 900$  km/godz,  $t_H = 3$  min,  $S_H = 40$  km,  $t_{man} = 1$  min,  $t_{pas} = 4$  min.

Rozwiązanie:

Obliczenia wykonuje się wg wzoru nr 10 ponieważ:  $S_{PRW} > S_H$

$$n = \frac{900}{900} = 1$$

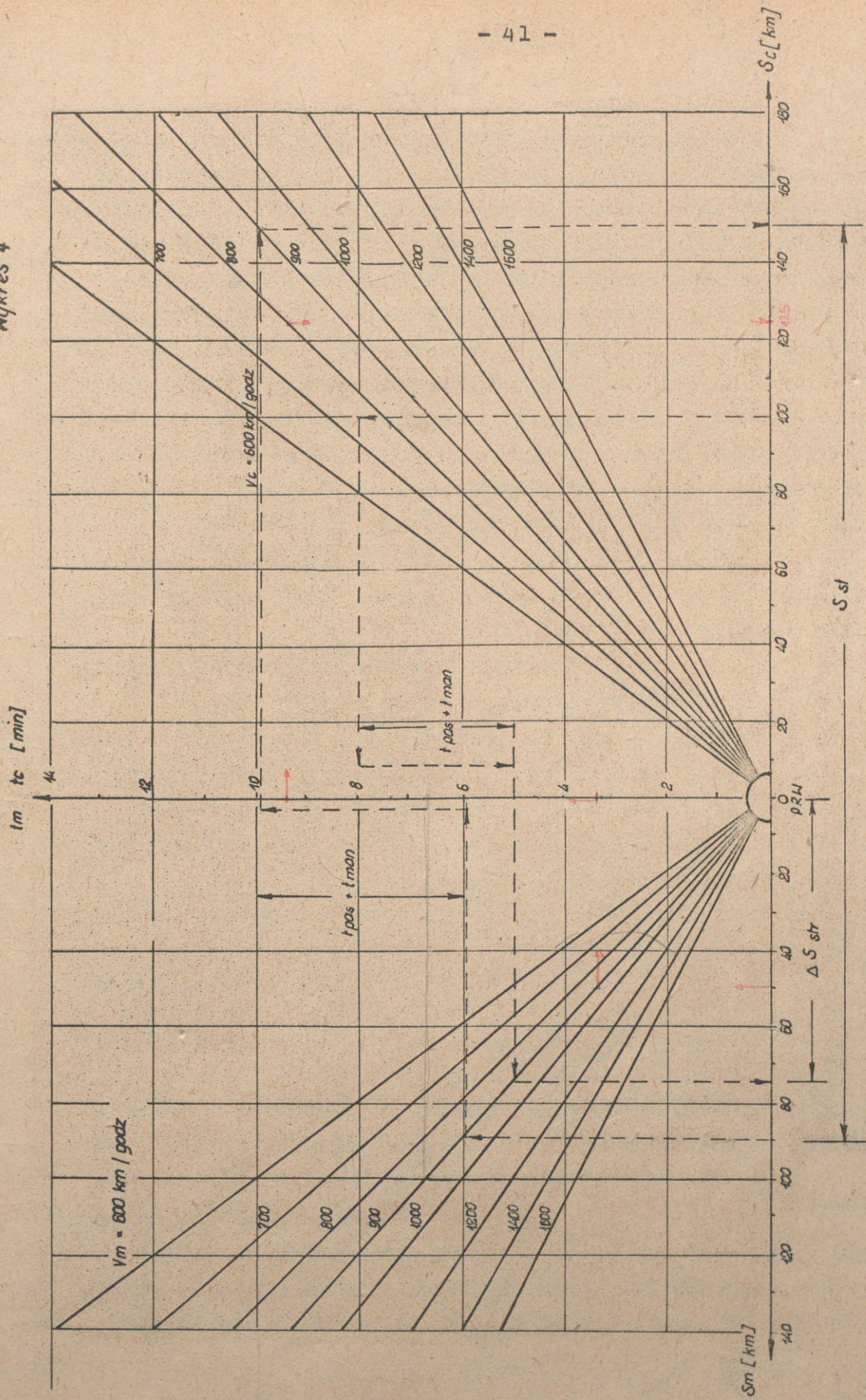
$$S_{st} = 15/4 + 3 + 1/ - 1 \cdot 40 + 100 /1 + 1/ = 280 \text{ km}$$

Odpowiedź:

Dyżurujący na lotnisku klucz samolotów myśliwskich może być wprowadzony do walki na rubieży nakazanej jeżeli komenda na start zostanie przekazana w momencie znajdowania się celu na odległości 280 km od lotniska bazowania LM.

Obliczenia tego rodzaju można także wykonywać na wykresie, jeżeli nie jest wymagana zbyt wysoka dokładność.

Wykres 4



Rys.9. Wykres do określania rubieży startu i położenia strefy dyżurowania w powietrzu

Zaletą wykresu, przedstawionego na rys. nr 9 jest: bardzo prosty sposób posługiwania się nim, otrzymywanie wyników obliczeń w minimalnie krótkim czasie /może być/ wykorzystywany na SD w trakcie prowadzenia działań bojowych/ oraz stosunkowo łatwy sposób wykonania go. Wadą natomiast - niezbyt wysoka dokładność obliczeń, ponieważ nie uwzględnia on dodatkowo zatraconego czasu na nabieranie wysokości. Czas ten jednak można uwzględniać poprzez dodanie go do ogólnego czasu wyjścia samolotu myśliwskiego /grupy/ na nakazaną rubież wprowadzenia do walki. Podczas prowadzenia działań na małych i średnich wysokościach jest on w zupełności przydatny do obliczeń.

Wykres ten pozwala obliczyć nie tylko położenie rubieży startu samolotu myśliwskiego. Przy jego pomocy można określać ponadto:

- a/ położenie strefy dyżurowania w powietrzu w stosunku do potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki LM;
- b/ potrzebną głębokość radiolokacyjnej informacji o celach powietrznych w stosunku do PRW podczas przechwytywania z położenia dyżurowania na lotnisku i w powietrzu;
- c/ czas wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego /grupy/ na rubieży nakazanej /potrzebnej/;
- d/ czas lotu celu od rubieży wykrycia do momentu znalezienia się jego na rubieży wprowadzenia do walki LM przy dowolnym kącie kursowym celu /oś trasy lotu celu może nie przechodzić przez lotnisko bazowania LM lub strefę dyżurowania w powietrzu/.

Sposób posługiwania się wykresem pokazany jest liniami przerywanymi.

#### Przykład:

Określić wg wykresu przedstawionego na rys. 9 rubież startu samolotu myśliwskiego z lotniska odległego od PRW o 90 km. Dane wyjściowe:  $S_{PRW} = 90$  km,  $V_m = 900$  km/godz,  $t_{pas} = 3$  min,  $t_{man} = 1$  min,  $V_c = 900$  km/godz.

Rozwiązanie: - pokazane na wykresie linię przerywaną.

Odpowiedź: Cel w momencie przekazania komendy na start powinien się znajdować 150 km przed PRW, a w stosunku do lotniska LM,  $S_{st} = 150 + 90 = 240$  km /należy dodać  $S_{PRW}$ /.

Rozwiązanie tego samego przykładu wg wzoru nr 11.

$$S_{st} = 15 / 3 + 1/ + 90 / 1 + 1/ = 240 \text{ km.}$$

A więc, wynik obliczeń wg wzoru i wykresu jest jednakowy.

Uwaga: Sposób obliczania wskaźników wymienionych w punktach a, b, c i d jest opisany w zagadnieniach dotyczących metodyki ich obliczania.

#### 4/ Możliwa rubież wprowadzenia do walki LM

Położenie możliwej rubieży wprowadzenia do walki LM charakteryzuje odległość na jakiej mogą być wprowadzone do walki samoloty myśliwskie w stosunku do lotniska /z położenia dyżurowania na lotnisku/ lub środka strefy dyżurowania /z położenia dyżurowania w powietrzu/. Rubież ta znajduje się w zasięgu oddziaływania bojowego LM, a jej odległość od lotniska lub strefy dyżurowania uzależniona jest od zasięgu wykrywania celu powietrznego przez naziemne RLS, stopnia gotowości bojowej LM oraz warunków lotu celu i samolotu myśliwskiego. Określanie możliwych rubieży wprowadzenia do walki LM dla typowych warunków jest treścią wstępnych obliczeń wykonywanych w celu przeprowadzenia kalkulacji i oceny możliwości samolotów myśliwskich /oddziały, związków/ w odległości działania oraz określenia i wyboru na tej podstawie sposobów działań bojowych LM.

W przypadku gdy przewidywany kierunek nalotu celów skierowany jest na lotnisko bazowania LM lub strefę dyżurowania w powietrzu, odległość tej rubieży w stosunku do lotniska bazowania LM oblicza się wg następującego wzoru:

$$S_{MRW} = \frac{D + \bar{d} - V_c / t_{r} + t_{man} / + n S_H}{1 + n} \quad /12/$$

gdzie:

D - rubież wykrycia celu przez RLS w stosunku do miejsca  
znajdowania się samolotów myśliwskich;

d - odległość otwarcia ognia lub odpalenia rakiet,

$$t_{\text{RLS}} = t_{\text{pas}} + t_{\text{H}}$$

$t_{\text{pas}}$  - czas liczony od momentu wykrycia celu powietrznego  
do chwili wystartowania samolotu myśliwskiego.

Pozostałe składowe wzoru 12 mają identyczne znaczenie jak  
składowe wzoru nr 10.

Wzór nr 12 jest słuszny, gdy samoloty myśliwskie naprowadza-  
ne są na cel na kursach przeciwnych lub zbliżonych do prze-  
ciwnych.

Jeżeli samoloty myśliwskie naprowadzone są na cel  
na kursach zgodnych /cel minął lotnisko startu LM/, wówczas  
położenie możliwej rubieży wprowadzenia do walki LM określa  
się wg wzoru:

$$S_{\text{MRW}} = \frac{D + (V_c \cdot t_{\text{pas}}) - n \cdot S_{\text{H}}}{1 - n} ; \quad /13/$$

Podczas wprowadzenia samolotów myśliwskich do walki z dyżuro-  
wania w powietrzu, położenie tej rubieży w stosunku do środ-  
ka strefy dyżurowania oblicza się wg wzoru:

$$S_{\text{MRW}} = \frac{D + d - V_c / t_{\text{pas}} + t_{\text{man}}}{1 + n} \quad /14/$$

gdzie:

$t_{\text{pas}}$  - czas od momentu wykrycia celu do chwili rozpoczęcia  
przez samolot myśliwski lotu na przechwycenie,

$t_{\text{man}}$  - czas wykonania manewru przy wyjściu ze strefy dyżuro-  
wania oraz w celu zajęcia pozycji wyjściowej do ataku.

Przykład:

Obliczyć położenie możliwej rubieży wprowadzenia do walki LM dla następujących warunków:

- przewidywana wysokość lotu celu 7000 m;
- przewidywana prędkość lotu celu 800 km/godz;
- prędkość lotu samolotu myśliwskiego na przechwycenie 900 km/godz;
- odległość wykrycia celu powietrznego w stosunku do lotniska startu LM -  $D = 300$  km;
- $d = 6$  km;
- $t_{pas} = 4$  min /od momentu wykrycia celu do chwili wystartowania samolotu myśliwskiego/;
- $t_{man} = 1$  min;
- $t_H = 2,5$  min /dane z instr.c zasięgu i długotr.w. lotu/;
- $S_H = 21$  km.

Rozwiązanie wg wzoru nr 12

$$n = \frac{800}{900} = 0,88;$$

$$S_{MRW} = \frac{300+6-13,3/4+2,5+1/}{1+0,88} + \frac{0,88 \cdot 21}{1,88} = \frac{224}{1,88} = 119 \text{ km}$$

Odpowiedź: w założonej sytuacji LM może być wprowadzone do walki na rubieży odległej od lotniska o 110 km.

W przypadku gdy przewidywany nalot celów powietrznych nie zmierza w kierunku lotniska LM, położenie możliwej rubieży wprowadzenia do walki lub przechwycenia można określić sposobem graficznym. Sposób rozwiązania tego zadania przedstawiony jest na rysunku 10. Na rysunku uwidoczniiona jest granica państwa /może być linia frontu lub brzeg morza/, najdalej do przodu wysunięte posterunki radiotechniczne, lotnisko bazowania LM, oraz rubież wykrywania naziemnej RLS na pewnej wysokości.

Punkt "A" oznacza położenie MRW, obliczonej przy pomocy wzoru nr 12 dla celu nr 61, lecącego w kierunku na lotnisko

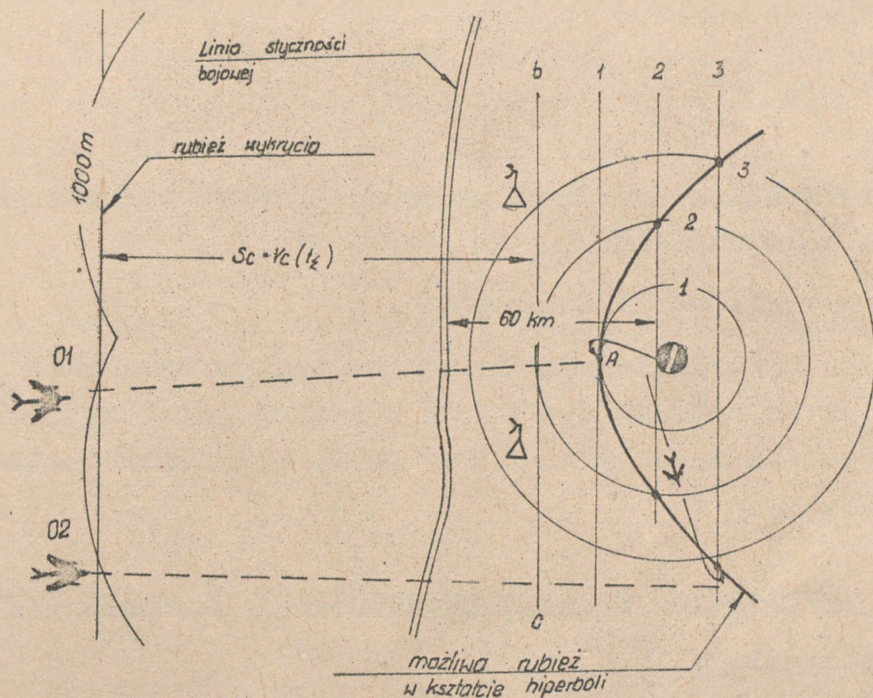
bazowania IM. Rubież wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich na cel nr 02 lub inne cele, których wektor prędkości nie jest skierowany na lotnisko określa się graficznie. W tym celu należy określić położenie celu powietrznego i samolotu myśliwskiego po upływie czasu  $t_{\Sigma}$  /od momentu wykrycia celu do chwili wystartowania samolotów myśliwskich łącznie z czasem niezbędnym na nabór wysokości/.

Cel powietrzny za czas  $/t_{\Sigma} + t_{man}/$  przebędzie drogą równą:

$$S_c = V_c /t_{\Sigma} + t_{man}/ \quad /15/$$

Samolot myśliwski w tym momencie będzie się pozornie znajdował nad lotniskiem /w rzeczywistości będzie już na kursie lotu na przechwycenie, na odległości od lotniska równej  $V_m \cdot t_{man}$ . Aby określić punkty, do których czas lotu celu i samolotu myśliwskiego będzie jednakowy należy dookoła lotniska wykreślić okręgi koła o promieniach odpowiadających 1, 2, 3..... minutom lotu samolotu myśliwskiego, a od linii znajdowania się celu "b,c" w stronę lotniska nanieść szereg równoległych linii prostych na odległościach jedna od drugiej 1 minuty lotu celu. Punkty przecięcia się okręgów koła z liniami prostymi celu o jednakowym znaczeniu czasu stanowią miejsca spotkania. Po połączeniu szeregu punktów linią ciągłą powstaje rubież wprowadzenia do walki w płaszczyźnie poziomej, o kształcie hiperbolicznym. Znajomość położenia tej rubieży w dużym stopniu ułatwia w toku prowadzenia działań bojowych określanie kursu lotu samolotu myśliwskiego na przechwycenie celu po najkrótszej drodze, od razu do punktu początku skrętu.

W przekroju pionowym położenie możliwych rubieży wprowadzenia do walki IM przedstawione jest na rys.7.



Rys.10. Sposób określania położenia możliwej rubieży wprowadzenia do walki LM dla dowolnego kierunku lotu celu.

#### 5/ Możliwa rubież przechwycenia celu powietrznego przez LM

Możliwą rubież przechwycenia celu powietrznego z położenia dyżurowania na lotnisku, względnie ze strefy dyżurowania w powietrzu określa się przy pomocy wzorów nr nr 12,13,14 lub też graficznie z uwzględnieniem czasu niezbędnego na wykonanie ataku  $/t_{at}/$ . We wszystkich przypadkach, podczas wykonywania ataków z tylnej półsfery położenie rubieży przechwycenia w stosunku do lotniska startu LM lub strefy dyżurowania w powietrzu jest bliższe niż rubieży wprowadzenia do walki LM o wielkość:

$V_c \cdot t_{at}$ . Z uwzględnieniem tej wielkości wzór, np. nr 12 będzie miał postać:

$$S_p = \frac{D + d - V_c / t_{at} + t_{man} / + n \cdot S_H}{1 + n} - V_c \cdot t_{at}; \quad /16/$$

gdzie:

$S_p$  - położenie możliwej rubieży przechwycenia w stosunku do lotniska bazowania LM.

-  $t_{at}$  - czas trwania ataku w minutach.

Uwaga: Metodyka określania niezbędnego czasu na wykonanie ataku przez samolot myśliwski z tylnej półsfery opisana jest na dalszym miejscu, patrz - wskaźniki czasowe LM.

#### 6/ Położenie potrzebnych rubieży wprowadzenia do walki lotnictwa myśliwskiego

Potrzebna rubież wprowadzenia do walki lotnictwa myśliwskiego jest wskaźnikiem przestrzennym, który charakteryzuje odległość w stosunku do osłanianych obiektów, na jakiej należy wprowadzić do walki samoloty myśliwskie. Położenie tej rubieży w stosunku do osłanianych obiektów powinno zapewniać samolotom myśliwskim wykonanie chociażby jednego ataku do momentu kiedy samolot nieprzyjaciela rozpocznie atakować osłaniany obiekt. Rubież tę oblicza się z zasady w związkach taktycznych lub operacyjno-taktycznych, a położenie jej podawane jest w zadaniu bojowym dla oddziałów LM. Nosi ona wówczas nazwę nakazanej rubieży wprowadzenia do walki LM. W wyjątkowych wypadkach /gdy oddział LM organizuje działania samodzielnie /położenie tej rubieży może obliczać także nawigator oddziału.

Podczas obliczania położenia potrzebnej rubieży uwzględnia się szereg warunków, w których będzie przebiegała walka powietrzna takich jak:



Na rysunku nr 11 przedstawione są schematycznie warunki oraz ich wpływ na ogólną średnią odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki IM. Jak wynika z rysunku samolot myśliwski powinien być wprowadzony do walki w punkcie "K", tj. w następującej odległości przed osłanianym obiektem:

$$\Delta S_{PRW} = V_c / t_{zbl} + t_{rk} / + d + A + R_b; \quad /17/$$

W rzeczywistości jednak samolot myśliwski może być wprowadzony do walki z pewnym błędem "a", co oznacza, że w końcowej fazie naprowadzania znajdzie się on nie w punkcie "K" lecz w "b". Uwzględniając powyższe, nieznaną wartość we wzorze 17  $t_{zbl}$  wyniesie:

$$t_{zbl} = \frac{a + d - d_{rk}}{V_m - V_c}; \quad /18/$$

Podstawiając otrzymane wyrażenie do wzoru 17 oraz po jego przekształceniu powstaje wzór końcowy:

$$\Delta S_{PRW} = \frac{a + d - d_{rk}}{m - 1} + V_c \cdot t_{rk} + d + A + R_b; \quad /19/$$

gdzie:  $m = \frac{V_m}{V_c}$

Wzór nr 19 jest słuszny jedynie wówczas, gdy samolot myśliwski atakuje cel powietrzny z tylnej półsfery, na kursach zgodnych. Podczas ataków czołowych odległość potrzebnej rubieży w stosunku do osłanianych obiektów zmniejsza się, a obliczenia wykonuje się według następującego wzoru:

$$\Delta S_{PRW} = \frac{a + d - d_{rk}}{m + 1} + V_c \cdot t_{rk} + A + R_b - d; \quad /20/$$

Uwaga: podczas zwalczania celów powietrznych z użyciem samolotów myśliwskich wyposażonych w działka lub rakiety niekierowane w końcowym wzorze nr 19 zamiast " $d_{rk}$ " - odległości odpalenia rakiet, podstawia się wartość " $d$ " - odległość otwarcia ognia. Nie uwzględnia się wówczas także wyrażenia " $V_c \cdot t_{rk}$ ".

Przykład:

Obliczyć położenie potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki LM w stosunku do osłanianego obiektu jeżeli wiadomo, że:  
 $a = 5$  km,  $d = 6$  km,  $d_{rk} = 4$  km,  $t_{rk} = 20$  sek,  $A = 10$  km,  
 $V_m = 1200$  km/godz.,  $V_c = 900$  km/godz.,  $R_p = 0$  /bez użycia bmr/.

Rozwiązanie:

$$\Delta S_{PRW} = \frac{5+6-4}{1,33 \cdot 1} \approx 15 \cdot 0,33 + 6 + 10 = 42 \text{ km}$$

Odpowiedź: potrzebna rubież wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego w założonych warunkach powinna znajdować się 42 km przed osłanianym obiektem.

Podczas wykonywania obliczeń potrzebnych rubieży wprowadzenia do walki należy zwracać uwagę na wybór odpowiednich parametrów wchodzących w skład przytoczonych wzorów. Błąd liniowy naprowadzania w odległości " $a$ " jest ściśle związany z systemem naprowadzania i rodzajem manewru samolotu myśliwskiego w końcowym etapie naprowadzania. Przy nakazanej odległości naprowadzania 4-8 km oraz zastosowaniu manewru poziomego z wykorzystaniem półautomatycznego systemu i miejscowej radiolokacyjnej stacji średnia wartość tego błędu wynosi około 5,5 km; z wykorzystaniem do naprowadzania danych z odległych stacji błąd ten dochodzi do 6-8 km. Podczas zastosowania w końcowym etapie naprowadzania manewru pionowego /półprzewrót, półprzewrót/ wartość tego błędu maleje i wynosi około 4,5 km.

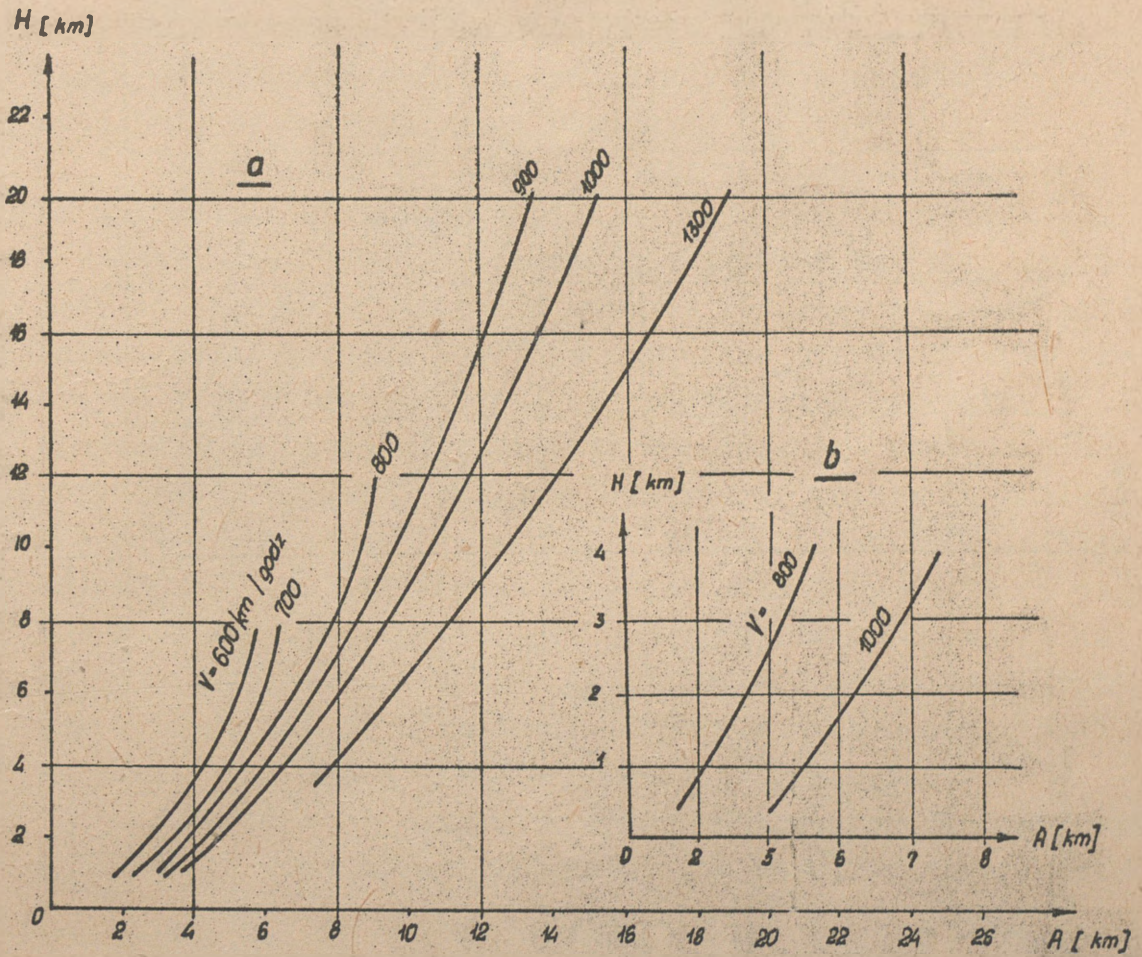
Odległość naprowadzania "d" jest ściśle związana z możliwościami samolotu myśliwskiego w zakresie samodzielnego wyjścia do ataku. Odległość naprowadzania może być ustalona drogą doświadczenia. Powinna ona zabezpieczać wykrycie celu przez pilota, poprawienie błędów naprowadzania, zbliżenie do celu oraz zajęcie pozycji wyjściowej do ataku.

Donośność środka rażenia stosowanego przez środki ich przenoszenia "A" określa się na podstawie danych techniczno-taktycznych zasięgu rakiet klasy "powietrze-ziemia", a przy stosowaniu bomb odległość tę można określić przy pomocy wykresów "a" i "b" przedstawionych na rys.12.

Na wykresie "a" przedstawione są średnie wartości donośności bomby z lotu poziomego w zależności od  $V_c$  i  $H_c$ . Na wykresie "b" donośności bomby podczas bombardowania z lotu wznoszącego pod kątem  $45^\circ$ .

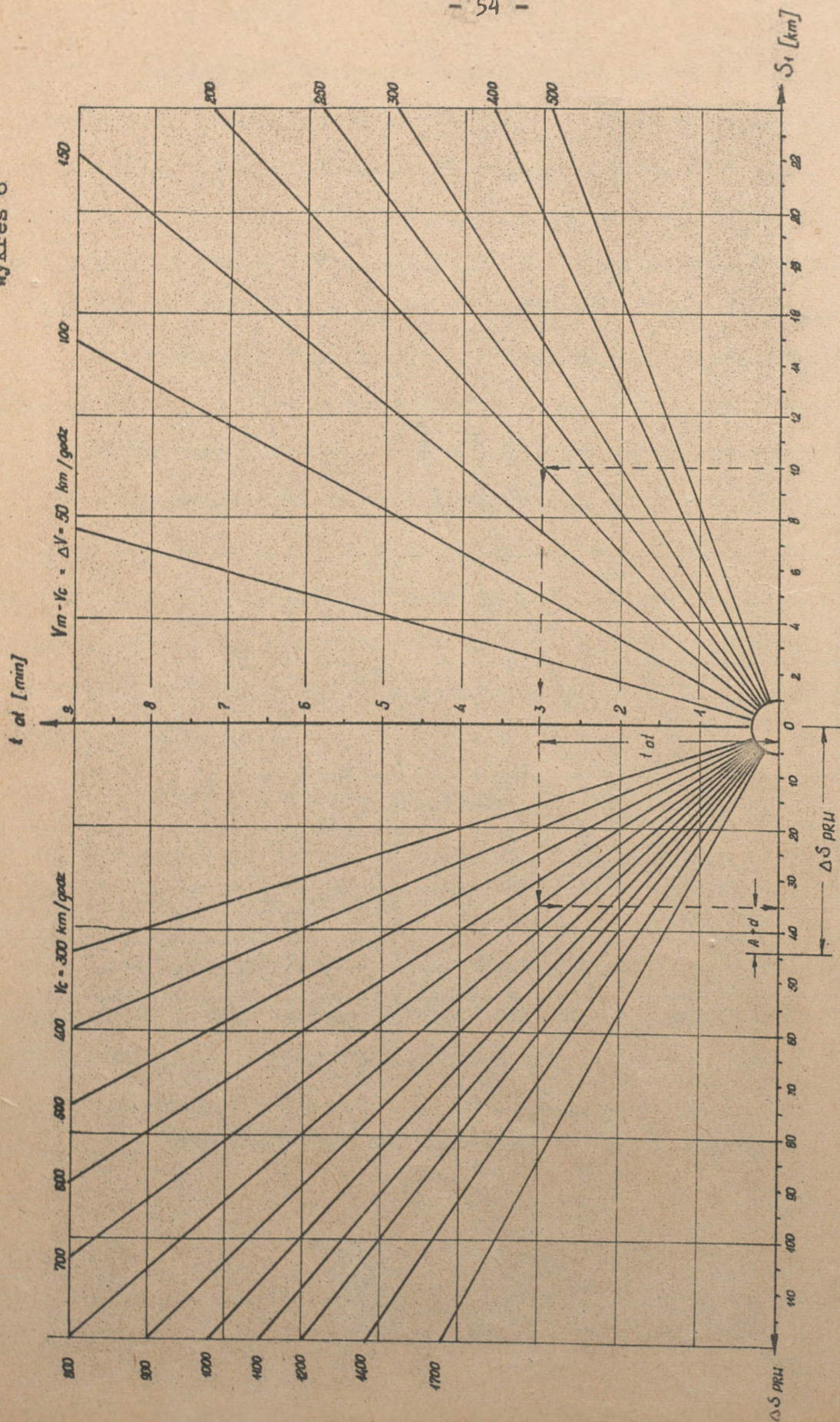
Pozostałe parametry, takie jak " $d_{rk}$ " lub " $d_{rk}$ " i " $t_{rk}$ " określa się z tablic strzeleckich zawartych w instrukcjach ze strzelania powietrznego.

W celu skrócenia czasu obliczeń położenia potrzebnych rubieży wprowadzenia do walki LM może być wykorzystany wykres. Wzór takiego wykresu przedstawiony jest na rys.13. Kolejność posługiwania się wykresem pokazana jest linią przerywaną.



Rys.12. Średnie wartości donośności bomby

Wykres 6



Rys.13. Wykres do określania  $\Delta S_{PRH}$  i  $t_{at}$

Znaczenia poszczególnych linii na wykresie są następujące:

$$S_1 = a + d - d_{rk} \text{ /km/ ;}$$

$$\Delta V = V_m - V_c \text{ /km/}$$

Przy pomocy tego wykresu można określić również czas wykonania ataku przez samolot myśliwski. W tym celu wykorzystuje się tylko prawą jego stronę.

Potrzebną /nakazaną/ rubież wprowadzenia do walki LM wykreśla się na planie działań bojowych, planszetach i wskaźnikach obserwacji okrężnej. Kształt tej rubieży zależy od kierunku nalotu SNP oraz od rozmieszczenia obiektów osłanianych. W miarę możliwości powinna ona przebiegać prostopadłe do kierunku nalotu nieprzyjaciela. Potrzebną rubież wprowadzenia do walki lotnictwa myśliwskiego powinna być podstawą do organizacji radiolokacyjnego pola wykrywania i naprowadzania oraz do wyboru właściwych sposobów działań bojowych LM. We wszystkich przypadkach należy dążyć do tego, aby samoloty myśliwskie mogły być wprowadzone do walki na tej rubieży, jest to bowiem minimalna odległość do obiektu, w granicach której LM może uniemożliwić nieprzyjacielowi wykonanie zadania - rażenia osłanianych obiektów.

Porównanie odległości położenia w stosunku do lotniska  $S_{PRW}$  i  $S_{MRW}$  umożliwia w prosty sposób określić sposób działań bojowych. Warunkiem wprowadzenia samolotu myśliwskiego do walki na rubieży potrzebnej z położenia dyżurowania na lotnisku jest:

$$S_{PRW} \leq S_{MRW} \text{ lub } D > S_{st};$$

Gdy odległość  $S_{PRW} > S_{MRW}$  względnie  $D < S_{st}$  wówczas wprowadzenie do walki z położenia dyżurowania na lotnisku na PRW jest niemożliwe i należy wprowadzać samoloty do walki z położenia dyżurowania w powietrzu.

W przypadku, gdy radiolokacyjne pole wykrywania i w tym przypadku nie zapewnia wprowadzenia do walki LM na rubieży potrzebnej /podczas osłony wojsk na przednim skraju lub obiektów morskich, względnie na brzegu morza przed uderzeniami z małych wysokości/ wówczas przechwytywanie celów powietrznych realizuje się z położenia patrolowania w powietrzu. /samodzielne poszukiwanie i niszczenie celów powietrznych/.

### 7/ Określanie położenia strefy dyżurowania w powietrzu

Strefa dyżurowania w powietrzu powinna się znajdować w zasięgu pola radiolokacyjnego wykrywania i naprowadzania. Możliwość przesunięcia strefy dyżurowania do przodu ograniczona jest pewną minimalną odległością środka strefy od rubieży wykrywania, którą określa się przy pomocy wzoru:

$$\Delta S_{\text{str.min.}} = V_c / t_{\text{pas}} + t_{\text{man}} / ; \quad /21/$$

gdzie:

- $S_{\text{str.min.}}$  - minimalna odległość strefy dyżurowania w stosunku do rubieży wykrywania,
- $t_{\text{pas}}$  - czas od momentu wykrycia celu przez naziemną RLS do chwili rozpoczęcia manewru w strefie przez samolot myśliwski;
- $t_{\text{man}}$  - łączny czas wykonania manewru przez samolot myśliwski podczas wyjścia ze strefy oraz podczas wyjścia w tylną półstrefę lotu celu.

Położenie strefy dyżurowania w powietrzu nie zawsze powinno być najbardziej wysunięte do przodu. Najbardziej typowym położeniem strefy jest takie, które zapewnia w konkretnych warunkach wprowadzenie do walki LM na potrzebnej /nakazanej/ rubieży. Warunkiem wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego na rubieży potrzebnej ze strefy dyżurowania jest równość czasów:  $t_c = t_m$ , gdzie -  $t_c$  - czas lotu celu od rubieży wykrycia do rubieży wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego;  $t_m$  - czas wyjścia samolotu myśliwskiego ze strefy

dyżerowania na tę rubież z uwzględnieniem czasu pasywnego/.  
 Odległość środka strefy dyżerowania /  $\Delta S_{str}$  / od potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki oblicza się przy pomocy wzoru:

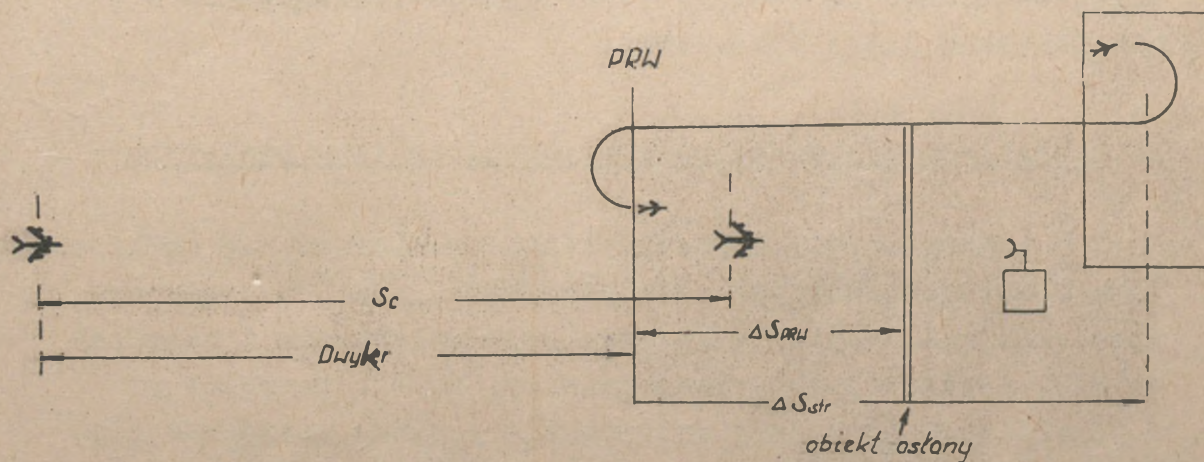
$$\Delta S_{str} = m \cdot D_{wykr} - V_m / t_{pas} + t_{man} / ; \quad /22/$$

gdzie:

$$m = \frac{V_m}{V_c}$$

-  $D_{wykr}$  - odległość rubieży wykrycia celu przez naziemne RLS na wysokości lotu celu do potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki LM;

Znaczenia pozostałych symbolów - jak we wzorze nr 21 oraz rysunku nr 14.



Rys.14. Położenie strefy dyżerowania w powietrzu.

Przykład:

Określić położenie środka strefy dyżurowania w powietrzu od potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki dla następujących warunków:  $V_c = 750$  km/godz.,  $V_m = 900$  km/godz.,  $D_{wykr} = 100$  km,  $t_{pas} = 1$  min,  $t_{man} = 2$  min.

Rozwiązanie wg wzoru nr 22.

$$\Delta S_{str} = \frac{900}{750} \cdot 100 - \frac{900}{60} / 1 + 2 / = 75 \text{ km.}$$

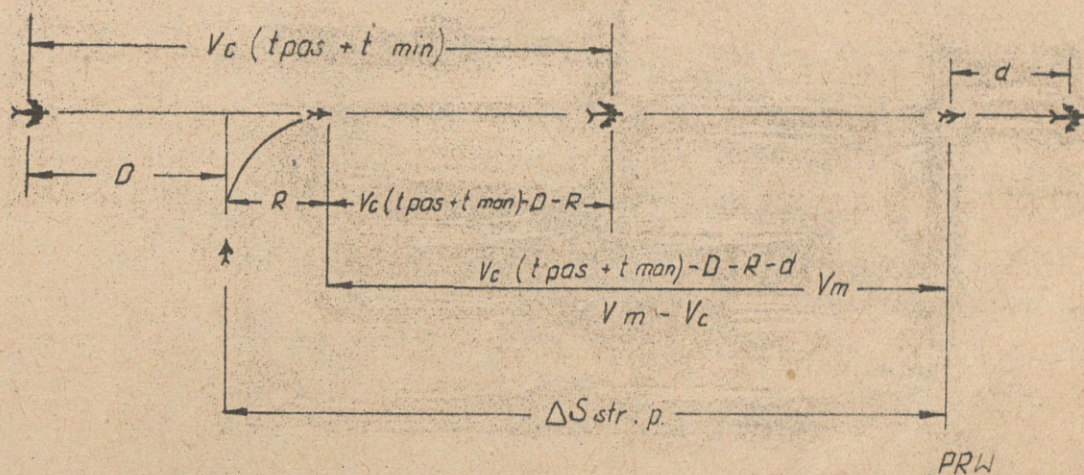
Odpowiedź:

Strefa dyżurowania powinna się znajdować w odległości 75 km od potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki IM.

Położenie strefy dyżurowania w stosunku do potrzebnej rubieży znacznie prościej określa się przy pomocy wykresu przedstawionego na rys. nr 9. Kolejność posługiwania się nim pokazano linią przerywaną.

8/ Określanie położenia strefy patrolowania w powietrzu

Strefa patrolowania powinna znajdować się na kierunku lotu celów powietrznych oraz poza zasięgiem lub częściowo poza zasięgiem radiolokacyjnego pola wykrywania i naprowadzania, poniżej jego dolnej granicy. Strefa patrolowania w odróżnieniu od strefy dyżurowania powinna znajdować się przed potrzebną rubieżą wprowadzenia do walki IM.



Rys.15. Położenie strefy patrolowania w stosunku do potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki LM.

Odległość środka strefy patrolowania od potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki oblicza się przy pomocy następującego wzoru:

$$\Delta S_{str.p} = R + \frac{V_c / t_{pas} + t_{man} / - D - R - d}{V_m - V_c} V_m; \quad /23/$$

- R - promień skrętu samolotu myśliwskiego przy wyjściu jego za celem ze strefy patrolowania;
- $t_{pas}$  - czas potrzebny na identyfikację celu i powzięcie decyzji na wyjście ze strefy;
- $t_{man}$  - czas manewru podczas wyjścia ze strefy patrolowania
- D - przybliżona odległość wykrycia celu przez pilota mierzona prostopadłe do kursu lotu samolotu myśliwskiego.

Przykład:

Obliczyć na jakiej odległości przed potrzebną rubieżą wprowadzenia do walki usytuować środek strefy patrolowania jeżeli przewiduje się następujące warunki prowadzenia działań bojowych:

- kierunek lotu celu - pod kątem  $90^\circ$  w stosunku do kursu lotu samolotów myśliwskich w strefie;
- $V_c = 720$  km/godz.;
- $V_m = 900$  km/godz./podczas dopędzania celu/;
- promień skrętu samolotu myśliwskiego - 5 km;
- przybliżona odległość wykrycia celu - 4 km;
- $t_{pas} = 10$  sek,  $t_{man} = 1$  min,  $d = 2$  km.;
- lot w strefie patrolowania - metodą wydłużonego prostokąta.

Rozwiązanie wg wzoru 23

$$\Delta S_{str.p.} = 5 + \frac{12 \cdot \frac{10}{60} + 1 - 4 - 5 - 2}{15 - 12} \cdot 15 = 20 \text{ km}$$

Odpowiedź:

Os trasy samolotu myśliwskiego powinna przebiegać na odległość 20 km od potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki. Ponieważ samoloty myśliwskie w strefie patrolowania wykonują lot na przemian raz w jednym, a drugi raz w przeciwnym kierunku, to środek strefy powinien się znajdować na większej odległości o wielkości promienia skrętu "R". Ostatecznie

położenie środka strefy w stosunku do rubieży wprowadzenia do walki w założonych warunkach powinno znajdować się na odległości 25 km.

9/ Minimalna bezpieczna odległość między samolotem myśliwskim, a celem w strefie ognia przeciwlotniczej artylerii rakietowej

Określenie zawczasu minimalnej bezpiecznej odległości między celem, a samolotem myśliwskim w strefie ognia rakiet przeciwlotniczych niezbędne jest do organizacji i realizacji współdziałania IM z przeciwlotniczą artylerią rakietową we wspólnej strefie.

Obliczona minimalna odległość wyklucza w zasadzie możliwość rażenia samolotu myśliwskiego pociskiem rakietowym skierowanym na cel powietrzny.

Minimalna bezpieczna odległość między samolotem myśliwskim i celem zależy od danych taktyczno-technicznych stacji naprowadzania rakiet, wysokości lotu celu i odległości strzelania. Obliczenia wykonuje się przy pomocy wzoru:

$$\Delta d = 1 + \frac{H \sin \varphi}{\sin \varepsilon \cdot \sin(\varepsilon + \varphi)} ; \quad /24/$$

gdzie:

$\Delta d$  - minimalnie dopuszczalna odległość między samolotem myśliwskim, a celem, w km;

$\varepsilon$  - kąt podniesienia geometrycznej osi anteny radiolokacyjnej stacji naprowadzania rakiet w stopniach  
 $\sin \varepsilon = \frac{H}{D_p} ;$

$\varphi$  - szerokość charakterystyki antenowej stacji naprowadzania rakiet w stopniach;

H - wysokość lotu ostrzeliwanego celu w km;

$D_p$  - odległość pochyła /rzeczywista/ od stacji naprowadzania rakiet do celu, w km.

Uwaga: Wyliczenia prowadzi się do czterech miejsc po przecinku. Wynik końcowy zaokrągla się do 0,01.

Przykład:

Obliczyć bezpieczną odległość między samolotem myśliwskim a celem w strefie ognia artylerii raketowej dla następujących danych:  $H_c = 6000$  m,  $D_p = 30$  km,  $\psi = 2^\circ$ .

Rozwiązanie wg wzoru nr 24

$$\sin 2^\circ = 0,0349;$$

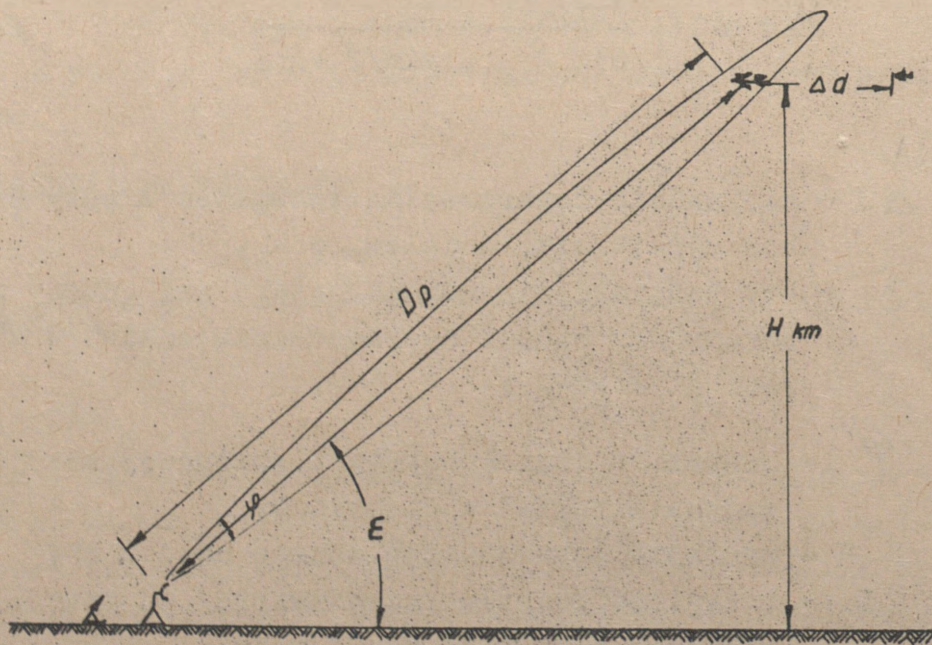
$$\sin \xi = \frac{6}{30} = 0,2;$$

$$\sin / \xi + \psi / = 0,24$$

$$\Delta d = 1 + \frac{6 \cdot 0,0349}{0,2 \cdot 0,24} = 5,35 \text{ km}$$

Odpowiedź:

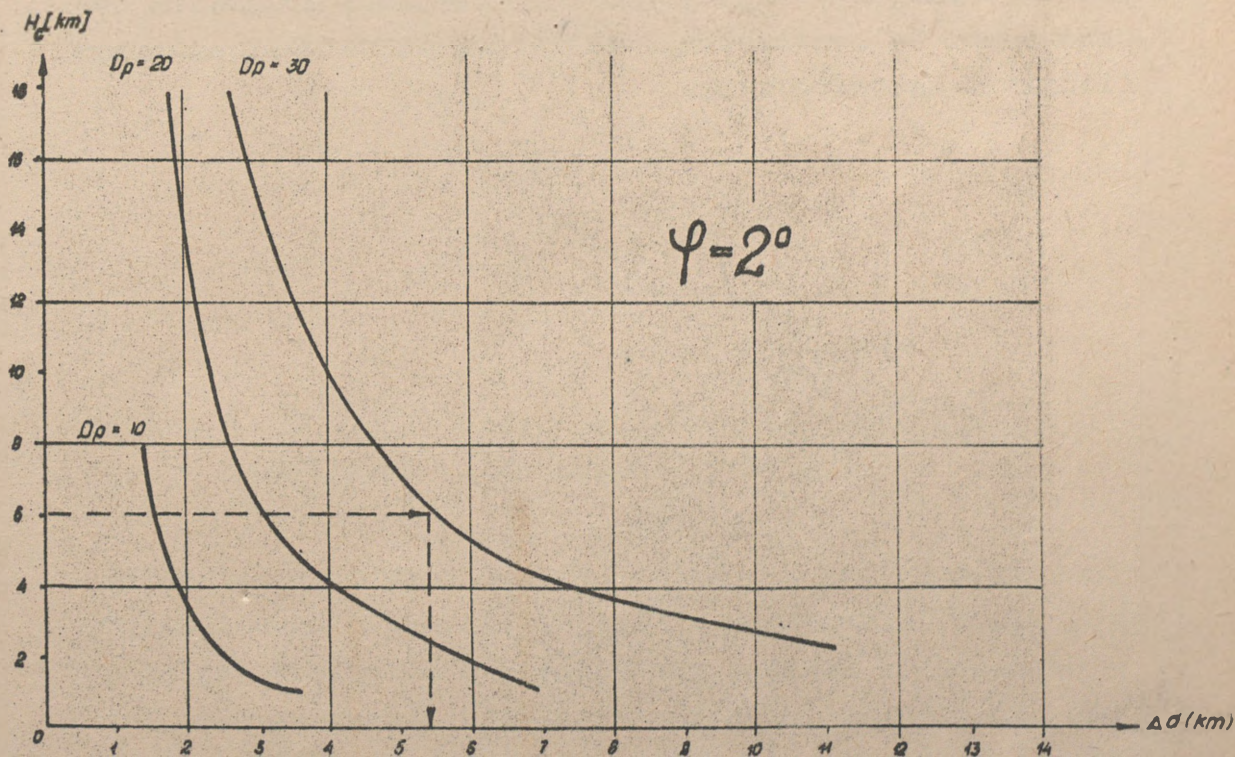
Bezpieczna odległość pomiędzy samolotem myśliwskim, a celem w założonych warunkach wynosi 5 km 350 m.



Rys.16. Parametry wzoru nr 24.

Posługując się wzorem nr 24 można dla dowolnego typu zestawu rakiet przeciwlotniczych obliczyć bezpieczną odległość w pewnym zakresie wysokości lotu celu i odległości strzelania. Na rysunku nr 17 pokazany jest przykładowo wykres dla trzech odległości strzelania  $D_p = 10, 20$  i  $30$  km/, kąt  $\varphi + 2^\circ$  i w zakresie wysokości od  $1000$  m do  $18000$  m.

Wykres nr 7



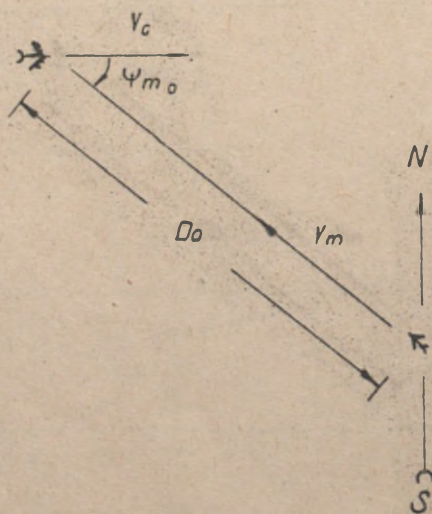
Rys.17. Bezpieczna odległość /  $\Delta d$ / samolotu myśliwskiego do celu w strefie ognia artylerii rakietowej.

Kolejność określania odległości bezpiecznej pomiędzy samolotem myśliwskim, a celem przy jednoczesnym oddziaływaniu na niego obu środków pokazana jest na wykresie.

10/ Droga i czas lotu samolotu myśliwskiego podczas naprowadzania metodą krzywej pościgu

Istota tej metody polega na tym, że wektor prędkości /oś podłużna/ naprowadzanego lub samodzielnie zbliżającego się samolotu myśliwskiego jest ciągle skierowany na cel. Kąt kursowy celu " $\psi_c$ " jest w tym przypadku stały i równy zero.

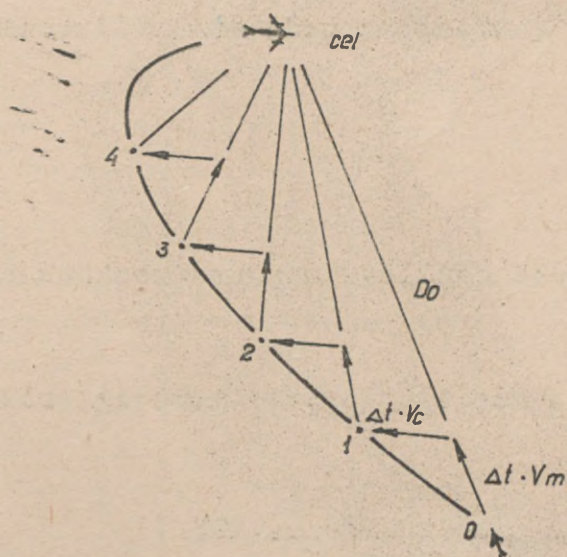
Tor lotu, po którym porusza się samolot, nosi nazwę krzywej pościgu. Długość krzywej pościgu oraz czas zbliżania do celu samolotu myśliwskiego tą metodą można obliczać graficznie i matematycznie.



Rys.18. Parametry lotu samolotu myśliwskiego po krzywej pościgu.

a/ graficzny sposób:

W celu wykreślenia krzywej pościgu stosuje się tzw. metodę końcowych przyrostów, przy czym konieczne jest przyjęcie stosunkowo małych odstępów czasowych  $\Delta t$  oraz względnego systemu współrzędnych.



Rys.19. Graficzny sposób określania drogi lotu samolotu myśliwskiego po krzywej pościgu.

Wykreślanie krzywej pościgu polega na kolejnym łączeniu położenia samolotu myśliwskiego /w punktach: 0,1,2...../ z celem. Punkty te otrzymuje się poprzez wykreślanie wektorów prędkości myśliwca oraz celu, których długość powinna odpowiadać prędkości lotu celu i myśliwca w założonych odcinkach czasu " $\Delta t$ ". Otrzymane w ten sposób punkty: 0,1,2 .... tworzą szukaną krzywą.

b/ Matematyczny sposób:

W celu określenia długości drogi samolotu myśliwskiego na krzywej pościgu od momentu rozpoczęcia naprowadzania lub też samodzielnego zbliżania, do momentu spotkania się jego z celem wykorzystuje się następujący wzór:

$$S_m = \frac{D_0 / m - \cos \psi_{mo}}{m^2 - 1} \quad /25/$$

gdzie:

$S_m$  - droga samolotu myśliwskiego po krzywej od początku zbliżenia do momentu spotkania się z celem /km/;

$D_0$  - początkowa odległość pomiędzy samolotem myśliwskim, a celem /km/;

$$m = \frac{V_m}{V_c} ;$$

$\psi_{mo}$  - kąt kursowy samolotu myśliwskiego na początku zbliżenia.

Czas lotu samolotu myśliwskiego po krzywej pościgu oblicza się z wzoru:

$$t_{lu} = \frac{S_m}{V_m} = \frac{D_0 / m - \cos \psi_{mo}}{V_c (m^2 - 1)} ; \quad /26/$$

Obliczenia według przedstawionych wzorów oraz graficznie wymagają dość dużej zatury czasu. W celu jego skrócenia, do tego rodzaju obliczeń można wykorzystać tabelę wartości

$\frac{S_m}{D_0}$  dla różnych wielkości "m" i " $\psi_{mo}$ ".

Tabela 2

$\psi_{mo}$ m	0°	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°	180°
1,1	0,52	1,23	2,06	3,14	5,76	8,36	9,47	10,30	11,00
1,2	0,55	0,91	1,34	1,91	3,27	4,63	5,20	5,63	6,00
1,4	0,58	0,78	1,01	1,31	2,04	2,77	3,07	3,30	3,50
1,6	0,62	0,75	0,92	1,13	1,64	2,16	2,37	2,53	2,67
1,8	0,64	0,74	0,88	1,05	1,45	1,85	2,02	2,14	2,25
2,0	0,67	0,73	0,86	1,00	1,34	1,67	1,81	1,91	2,00

Przykład:

Obliczyć drogę i czas lotu samolotu myśliwskiego po krzywej pościgu, jeżeli odległość początkowa  $D_0 = 100$  km, początkowa wartość kąta kursowego myśliwca  $\psi_{m_0} = 90^\circ$ ,  
 $V_m = 1400$  km/godz.;  $V_c = 1000$  km/godz.

Rozwiązanie:

1/ Określić  $m = \frac{1400}{1000} = 1,4$

2/ Odszukać w tablicy dla  $\psi_{m_0} = 90^\circ$  i  $m = 1,4$  wartość

$$\frac{S_m}{D_0} = 2,04$$

3/ Stąd droga samolotu myśliwskiego po krzywej pościgu

$$S_m = D_0 \cdot 2,04 = 100 \cdot 2,04 = 204 \text{ km.}$$

4/ Czas lotu samolotu myśliwskiego po krzywej pościgu

$$t = \frac{S_m}{V_m} = \frac{204 \cdot 60}{1400} = 8,7 \text{ min.}$$

Dodatnimi cechami tej metody naprowadzania lub samodzielnego zbliżania jest:

- prostota określania kursu lotu samolotu myśliwskiego oraz dogodne warunki poszukiwania przez pilota celu w końcowym etapie naprowadzania, ponieważ kąt kursowy celu jest stały i równy zeru;
- duże możliwości skutecznej reakcji samolotu myśliwskiego na manewr celu;
- pewność wyjścia samolotu myśliwskiego w tylną półsferę celu /za wyjątkiem przypadku, gdy samolot myśliwski znajduje się w stosunku do celu dokładnie na kursach przeciwnych/.

Do cech ujemnych można zaliczyć:

- konieczność ciągłej zmiany kursu i przęchyłu, którego wartość może niekiedy w końcowym etapie naprowadzania być większa, niż dopuszczalna dla danego typu samolotu;
- droga i czas lotu samolotu myśliwskiego po krzywej pościgu są większe, niż droga lotu po prostej, co niekiedy nie zapewnia wykonania zadania na nakazanej rubieży przechwycenia;
- konieczna jest przewaga prędkości lotu samolotu myśliwskiego nad prędkością lotu celu.

Metoda ta znajduje szerokie zastosowanie podczas samodzielnego zbliżania samolotu myśliwskiego do celu powietrznego, a więc po wyprowadzeniu samolotu myśliwskiego w tylną półsferę celu.

### 3. Wskaźniki czasowe lotnictwa myśliwskiego

Wskaźniki czasowe charakteryzują ilość zatraconego czasu przez IM na wykonanie postawionego zadania /osiągnięcia nakazanego lub obliczonego rezultatu/ w konkretnej założonej sytuacji bojowej.

Do podstawowych wskaźników tej grupy należą:

- czas krytyczny;
- czas trwania nalotu;
- czas wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego lub grupy samolotów;
- czas wprowadzenia do walki IM oddziału lub związku;
- czas trwania ciągłego dyżurowania w powietrzu;
- czas startu IM pododdziału lub oddziału z różnych stopni gotowości bojowej.

Wartości tych wskaźników oblicza się dla konkretnego rejonu obrony; wyznaczonych w nim rubieży wprowadzenia do walki IM /rubieży nakazanych/ i sposobu działań bojowych; lotnisk bazowania IM; radiolokacyjnego systemu wykrywania, powiadamiania i naprowadzania.

1/ Probabilistyczna ocena czasu

Do obliczeń rozpatrywanych wskaźników czasowych jest stosowana przeważnie metoda kalkulacyjna i taka też metoda jest zastosowana w niniejszym materiale przy obliczaniach ich wartości. Obliczanie wskaźników czasowych przy pomocy tej metody polega na znajomości zależności matematycznych ich przebiegów oraz istniejących normatywów. Dla przykładu, czas realizacji przechwycenia przez samolot myśliwski na rubieży nakazanej łatwo obliczyć, znając czas pasywny, czas wykonania manewru i ataku oraz odległość od lotniska do rubieży wprowadzenia do walki i prędkość lotu samolotu myśliwskiego na przechwycenie.

Niekiedy jednak istnieje konieczność probabilistycznej oceny czasu. Probabilistyczna ocena czasu polega na obliczaniu jego średniej oczekiwanej wartości oraz wartości na jaką średni czas trwania dowolnej czynności może się odchylić, w oparciu o metody statystyczne. Taką metodę oceny czasu stosuje się najczęściej przy obliczaniu średnich norm czasowych: czasu pasywnego, czasu obiegu informacji, czasu trwania cyklu naprowadzania itp.

Na przykład, w rezultacie dziesięciokrotnego pomiaru czasu pasywnego dla określonego typu samolotu myśliwskiego " $t_{pas}$ ", w czterech przypadkach czas ten wynosił 3 minuty, w jednym 4 minuty, a w pięciu pozostałych przypadkach 5 minut. Zakładając, że prawdopodobieństwo wystąpienia tych wartości jest proporcjonalne do uzyskanej częstości /prawdopodobieństwa statystycznego/, rozkład czasu " $t_{pas}$ " będzie następujący:

Wartość $t_{pas}, \text{min}$	3	4	5
Prawdopodobieństwo wystąpienia tych wartości	0,4	0,1	0,5

Średnia oczekiwana wartość " $M_{t_{pas}}$ ", równa sumie iloczynów każdej wartości  $t_{pas}$  przez jej prawdopodobieństwo wyniesie:

$$M_{t_{pas}} = 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,5 = 4,1 \text{ min.}$$

Błąd średni kwadratowy względem jego średniej wartości " $t_{pas}$ " wyniesie:

$$\sigma_{t_{pas}} = \sqrt{1/3 - 4,1^2 \cdot 0,4 + 1/4 - 4,1^2 \cdot 0,1 + 1/5 - 4,1^2 \cdot 0,5} \\ = 0,94 \text{ min.}$$

Określając ostatecznie " $t_{pas}$ " należy mieć na uwadze, że rozpatrywany czas " $t_{pas}$ " może być dłuższy od jego średniej wartości o " $\sigma_{t_{pas}}$ " tj. może się równać  $4,1 + 0,94 = 5 \text{ min/}$  w przybliżeniu jeden raz w sześciu przypadkach. Dłuższy o  $2\sigma_{t_{pas}}$  /tj.  $4,1 + 2 \cdot 0,94 = 6 \text{ min/}$ , dwa-trzy razy na 100 przypadków, oraz dłuższy o  $3\sigma_{t_{pas}}$  /tj.  $4,1 + 3 \cdot 0,94 = 7 \text{ min/}$  jeden-dwa razy na 1000 przypadków.

Z drugiej strony, z takim samym prawdopodobieństwem czas  $t_{pas}$  może być w takiej samej proporcji krótszy od 4,1 min.

Stąd wniosek, że najcelowiej jest posługiwać się w obliczeniach średnią oczekiwaną wartością czasu,  $M_{t_{pas}} = 4,1 \text{ min}$ , a tylko w wyjątkowych, odpowiedzialnych przypadkach przyjmować do obliczeń i kalkulacji jego wartość maksymalną: 5,6 lub 7 minut.

Podczas probalisticznej oceny czasu trwania bardziej złożonych czynności, np. czasu odtwarzania gotowości lub czasu wypracowania decyzji przez dowódcę oraz jego sztab itp. celowe jest posłużyć się nieco innym sposobem obliczeń, tzw. metodą szacunkową. Metoda ta oparta jest na danych uzyskanych w drodze ocen przybliżonych, ustalonych przez osoby mające duży zasób doświadczenia w tym zakresie. Czas oczekiwanej realizacji przedsięwzięcia przy pomocy metody szacunkowej określa się przy pomocy wzoru:

$$t_e = \frac{t_a + 4 t_m + t_b}{6} ;$$

/27/

gdzie:

- $t_e$  - czas oczekiwany trwania czynności;
- $t_a$  - czas optymistyczny lub minimalny, przypuszczalny czas trwania czynności przy najbardziej sprzyjających warunkach jej realizacji;
- $t_m$  - czas najbardziej prawdopodobny, tj. taki czas trwania czynności jaki ma miejsce przy normalnych /przeciętnych/, najczęściej spotykanych warunkach jej realizacji;
- $t_b$  - czas pesymistyczny lub maksymalny, tj. przypuszczalny czas trwania czynności przy najbardziej niesprzyjających warunkach jej realizacji.

Błąd średni kwadratowy, natomiast, oblicza się przy pomocy następującego wzoru:

$$\sigma t_e = \frac{t_b - t_a}{6} ;$$

/28/

gdzie:

$\sigma t_e$  - wartość błędu średnio kwadratowego

#### Przykład:

Obliczyć czas oczekiwany odtworzenia gotowości bojowej klucza samolotów oraz błąd średni kwadratowy, jeżeli: w najbardziej sprzyjających warunkach czas trwania tej czynności wynosi 20 min, w niesprzyjających warunkach 50 minut, a przeciętnie na wykonanie tej czynności zatraca się 30 minut.

#### Rozwiązanie:

Czas oczekiwany:  $t_e = \frac{20 + 4 \cdot 30 + 50}{6} = 32 \text{ min.}$

Błąd średni kwadratowy:  $\sigma t_e = \frac{50 - 20}{6} = 5 \text{ min}$

Oznacza to, że w jednym przypadku spośród sześciu, gotowość bojowa klucza samolotów zostanie odtworzona w czasie  $32 + 5 = 37$  min, w dwóch - trzech przypadkach spośród stu w czasie  $32 + 2 \cdot 5 = 42$  min; w jednym - dwóch przypadkach spośród tysiąca w czasie  $32 + 3 \cdot 5 = 47$  min. W kalkulacjach jednak, należy się posługiwać czasem oczekiwany /w rozpatrywanym przykładzie  $t_e = 32$  min/. Jedynie w wyjątkowych przypadkach, w bardzo odpowiednich momentach należy przyjmować większą jego wartość, tj. 37 lub 42 minuty, a niekiedy nawet 47 minut.

## 2/ Czas krytyczny

Mianem czasu krytycznego  $/T_{kr}/$  określa się okres czasu, jakim dysponuje LM na zwalczanie celu powietrznego. Jest on liczony od momentu wykrycia celu powietrznego przez naziemne stacje radiolokacyjne do chwili zniszczenia go przez LM na nakazanej rubieży przechwycenia /zniszczenia/. Wartość tego czasu można określić z wzoru:

$$T_{kr} = \frac{D - S_p}{V_c} ; \quad /29/$$

gdzie:

D - odległość rubieży wykrycia do miejsca znajdowania się samolotów myśliwskich /w stosunku do lotniska lub środka strefy dyżurowania/;

$S_p$  - odległość rubieży przechwycenia w stosunku do miejsca znajdowania się samolotów myśliwskich.

W przypadku, gdy nie zachodzi konieczność zniszczenia celu powietrznego na nakazanej rubieży przechwycenia /cel przelatuje przez strefę bojowego oddziaływania LM/ czas, jakim dysponuje LM na zwalczanie tego celu nosi nazwę czasu przebywania celu powietrznego w strefie oddziaływania bojowego LM. Czas ten wynosi

$$T_{\text{prz}} = \frac{S_n}{V_c} ;$$

/30/

gdzie:  $S_n$  - długość drogi lotu celu w granicach strefy bojowego oddziaływania LM.

### 3/ Czas trwania nalotu

Czas trwania nalotu jest jednym z podstawowych wskaźników tej grupy. Orientacyjna znajomość tego czasu umożliwia dowódcom LM od szczebla związku taktycznego i wyżej należyte zorganizowanie działań bojowych. Działania bojowe podległych jednostek powinny być tak zorganizowane, ażeby wszystkie planowane do odparcia nalotu samoloty myśliwskie mogły być wprowadzone do walki w czasie nie dłuższym niż czas trwania nalotu. Na rysunku nr 20 przedstawiony jest schematycznie jeden z możliwych wariantów nalotu oraz potrzebne do obliczania czasu trwania nalotu parametry.

Obliczenia pokazanego na rysunku czasu trwania nalotu, jak też i innych o większej ilości celów lub grup celów, można określić przy pomocy wzoru:

$$T_{\text{nal}} = \frac{L_{\text{ugr}}}{V_c} - \frac{n_{\text{gr}} - 1}{\sum_{j=1}^{n_{\text{gr}}} t_j} / t_j - T_{\text{prz}} / ; \text{ pod warunkiem, że } t_j > T_{\text{prz}} \quad /31/$$

lub

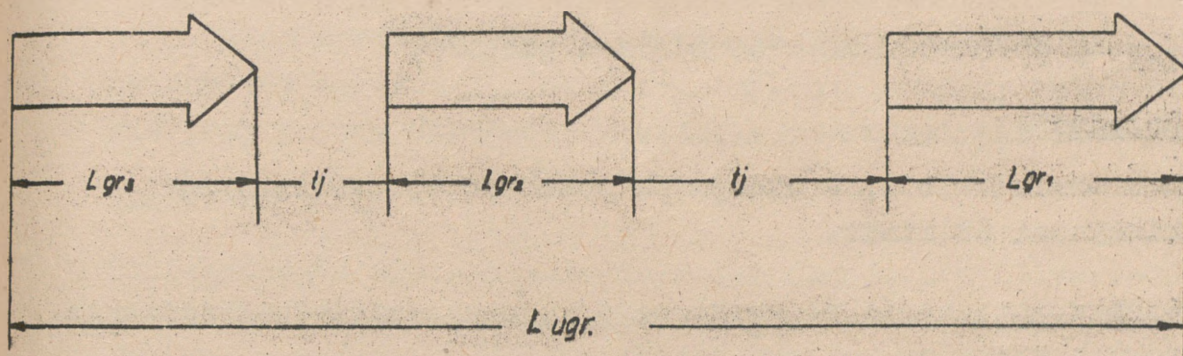
$$T_{\text{nal}} = \sum_{j=1}^{n_{\text{gr}}} t_{\text{gr } j} + /n_{\text{gr}} - 1/ T_{\text{prz}} ; \quad /32/$$

gdzie:

$L_{\text{ugr}}$  - ogólna głębokość ugrupowania środków napadu powietrznego w nalocie, w km;

$n_{\text{gr}}$  - ilość grup celów przelatujących przez dowolną rubież;

$t_j$  - przerwa czasowa pomiędzy j-tymi grupami celów.



Rys. 20. Parametry nalotu

Przykład.

Z oceny nieprzyjaciela wiadomo, że może on wykonać nalot zmasowany na obiekty położone w głębi bronionego przez LM terytorium. Nalot może być wykonany trzema falami. Głębokość ugrupowania środków napadu powietrznego w pierwszej fali  $L_{gr1} = 60$  km, w drugiej -  $L_{gr2} = 90$  km i w trzeciej -  $L_{gr3} = 60$  km. Głębokość strefy oddziaływania bojowego LM na kierunku nalotu,  $S_n = 300$  km. Przeciętna prędkość lotu środków napadu powietrznego około 800 km/godz. Obliczyć czas trwania nalotu, w ciągu którego LM może być wprowadzane do walki na rubieżach nakazanych.

Rozwiązanie:

Obliczenie można wykonać wg wzoru nr 32. W tym celu należy najpierw określić  $t_{grj}$  /1,2 i 3/ oraz  $T_{prz}$ .

$$t_{gr/1,2,3/} = \frac{L_{gr1} + L_{gr2} + L_{gr3}}{V_m} = \frac{60 + 90 + 60}{13,3} = 16 \text{ min}$$

$$T_{prz} = \frac{300}{13,3} = 22,5 = 22 \text{ min.}$$

$$T_{nal} = 16 + 1/3 - 1/22 = 60 \text{ min} = 1 \text{ godz.}$$

Odpowiedź:

Czas trwania nalotu, w którym LM może być wprowadzane do walki wynosi 60 minut.

4/ Czas wprowadzenia do walki pojedynczego samolotu myśliwskiego lub grupy na rubieży nakazanej

Czas wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego /grupy/ na rubieży nakazanej /potrzebnej/ zależy przede wszystkim od taktyczno-technicznych danych samolotów myśliwskich / $V_m$ ,  $V_y$  itp/ oraz odległości znajdowania się samolotów myśliwskich od rubieży wprowadzenia do walki. Czas ten można określić drogą doświadczalną lub też wg przybliżonego wzoru:

$$T_{PRW} = \frac{S_{PRW}}{V_m} + t_{pas} + t_{man}; \text{ gdy } \frac{S_{PRW}}{V_m} + t_{man} \geq t_H \quad /33/$$

gdzie:

$T_{PRW}$  - czas wprowadzenia samolotu myśliwskiego /grupy/ do walki na rubieży nakazanej, liczony od momentu otrzymania komendy na start lub lotu na przechwycenie ze strefy dyżerowania;

$t_{pas}$  - czas liczony od momentu otrzymania komendy na start do chwili wystartowania, a podczas dyżerowania w powietrzu - czasu na otrzymanie i zrozumienie przez pilota komendy;

$t_H$  - czas naboru wysokości nakazanej.

Czas realizacji zadania bojowego przez samolot myśliwski /grupę/ jest większy od czasu wprowadzenia do walki o czas wykonania ataku i wynosi:

$$T_{zb} = T_{PRW} + t_{at}$$

/34/

gdzie:

$$t_{at} = \frac{a + d - d_{rk}}{V_m - V_c} ;$$

Czas wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego na rubieży nakazanej, jak i czas wykonania ataku można określić przy pomocy wykresów, przedstawionych na rys. nr 9 i 13.

Przykład:

Obliczyć czas wprowadzenia do walki samolotu myśliwskiego z gotowości bojowej nr 1 na rubieży nakazanej, oraz czas wykonania zadania bojowego przez ten samolot w warunkach:  $S_{PRW} = 90$  km, prędkość lotu samolotu myśliwskiego podczas naprowadzania na kursach przeciwnych  $V_m = 900$  km/godz.,

$V_m$  podczas zbliżania i ataku  $\approx 1200$  km/godz.,  $V_c = 900$  km/godz.

$t_{pas} = 4$  min,  $t_{man} = 1$  min,  $d = 8$  km,  $d_{rk} = 3$  km,  $a = 5$  km.

Rozwiązanie wg wzorów:

$$T_{PRW} = \frac{90}{15} + 4 + 1 = 11 \text{ min.}$$

$$t_{at} = \frac{5 + 8 - 3}{20 - 15} = 2 \text{ min}$$

$$T_{zb} = 11 + 2 = 13 \text{ min.}$$

Odpowiedź:

W założonych warunkach samolot myśliwski może być wprowadzony do walki po 11 minutach od momentu otrzymania komendy na start. A wykonanie zadania /przechwycenie/ może nastąpić po 13 minutach.

Uwaga: Jeżeli atak celu wykonywany będzie po krzywej ataku, czas jego wykonania będzie nieco dłuższy, a obliczyć go można przy pomocy wzoru nr 26.

$T_{PRW}$  lub  $T_{zb}$  przy przechwytywaniu z położenia dyżurowania w powietrzu oblicza się analogicznie.

5/ Czas wprowadzenia do walki LM oddziału lub związku taktycznego

Minimalny czas wprowadzenia do walki dowolnej ilości oddzielnych samolotów myśliwskich /grup/ liczony od momentu rozpoczęcia naprowadzania można obliczyć przy pomocy wzoru:

$$T_{ww} = \frac{N_{gr} \cdot t_{cn}}{n_{jn}} ; \quad /35/$$

gdzie:

$T_{ww}$  - czas wprowadzenia do walki LM;

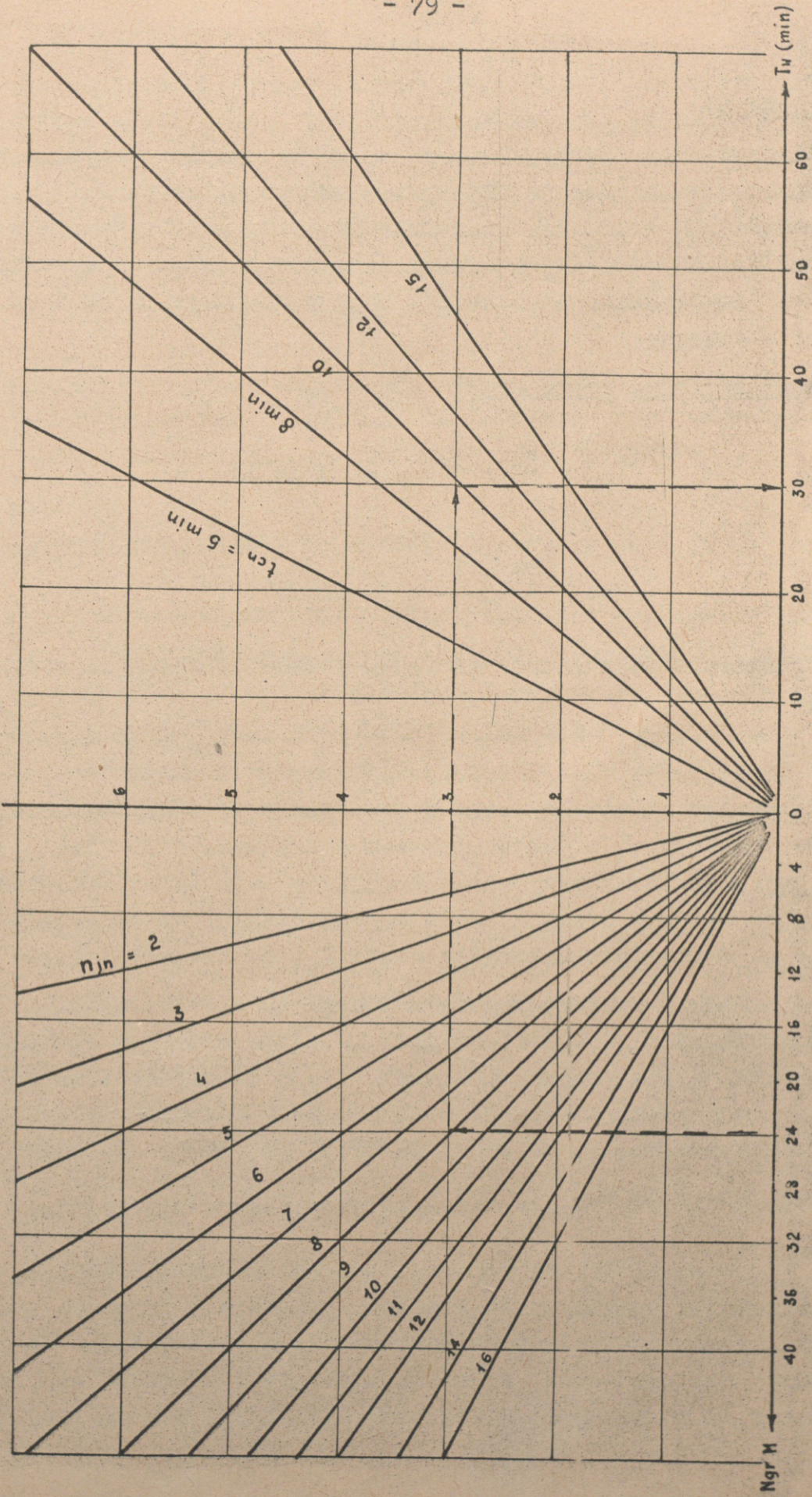
$N_{gr}$  - ilość samolotów myśliwskich lub grup samolotów naprowadzanych oddzielnie;

$t_{cn}$  - średni czas trwania cyklu naprowadzania;

$n_{jn}$  - ilość jednoczesnych naprowadzeń w odniesieniu do konkretnych rubieży wprowadzenia do walki LM.

Kalkulacje w zakresie obliczania czasu wprowadzenia do walki LM można także wykonywać według zawczasu sporządzonego wykresu:

WYKRES DO OKRESLANIA CZASU WPROWADZENIA DO WALKI LM W ZALEŻNOSCI  
od  $n_{jn}$ ,  $t_{cn}$  i  $N_{gr}$



rys. 21.

Przykład:

Obliczyć czas wprowadzenia do walki 64 samolotów myśliwskich. 50% samolotów planuje się wprowadzać do walki parami, a pozostałe 50% kluczami. Czas trwania cyklu naprowadzania wynosi średnio 10 minut, system OP w rozpatrywanych warunkach może jednocześnie naprowadzać 8 grup własnego IM na 8 celów powietrznych.

Rozwiązanie wg wzoru nr 35

$$N_{gr} = \frac{32}{2} + \frac{32}{4} = 24 \text{ grup IM}$$

$$T_{ww} = \frac{24 \cdot 10}{8} = 30 \text{ minut}$$

Rozwiązanie przy pomocy wykresu, przedstawionego na rys. 21.

$$N_{gr} = 24 \rightarrow n_{jn} = 8 \rightarrow t_{cn} = 10 \rightarrow T_{ww} = 30 \text{ min.}$$

Odpowiedź: Minimalny czas wprowadzenia do walki 64 samolotów myśliwskich w założonych warunkach wynosi 30 min.

Uwaga: Jeżeli końcowy wynik z obliczeń nie dzieli się bez reszty na czas trwania cyklu naprowadzania, to zaokrąglą się go w stronę zwiększenia czasu  $T_{ww}$  do krotności  $t_{cn}$ .

Według wykresu przedstawionego na rysunku nr 21 można także określić ilość grup IM, jaka może być wprowadzona do walki w pewnym okresie czasu, np. w czasie trwania nalotu. W tym przypadku kolejność obliczeń jest odwrotna, a zamiast czasu wprowadzenia do walki IM " $T_{ww}$ " przyjmuje się czas trwania nalotu " $T_{nal}$ ", tj:  $T_{nal} \rightarrow t_{cn} \rightarrow n_{jn} \rightarrow N_{gr}$ .

W obliczeniach tego rodzaju na szczeblach związek taktyczny i operacyjno-taktyczny, broniących rejonu o znacznych rozmiarach należy obowiązkowo uwzględniać tylko te punkty naprowadzania, które są w stanie realizować naprowadzanie na rozpatrywanym kierunku i rubieży. Szczególnego

znaczenia problem ten nabiera przy dużych szerokościach rejonu obrony /B/ i przewidywanym nalocie środków napadu powietrznego nieprzyjaciela na wąskim froncie.

Ilość punktów naprowadzania /chodzi o ich dyslokację/, które mogą być wykorzystane do naprowadzania IM podczas nalotu nieprzyjaciela na wąskim froncie można określić wg przybliżonego wzoru:

$$n_{PN} = \frac{N_{PN} / 2R_n + b_{nal}}{B} ; \quad /36/$$

gdzie:

$n_{PN}$  - ilość punktów naprowadzania, które są w stanie realizować naprowadzanie;

$N_{PN}$  - ogólna ilość punktów naprowadzania rozmieszczonych równomiernie na całej szerokości bronionego rejonu;

$R_n$  - promień strefy naprowadzania IM punktu naprowadzania;

$b_{nal}$  - szerokość frontu nalotu nieprzyjaciela;

B - szerokość frontu bronionego rejonu przez dany związek IM.

Przykład:

Obliczyć czas wprowadzenia do walki 64 samolotów myśliwskich /50% parami, pozostałe kluczami/, jeżeli przewiduje się, że nieprzyjaciel będzie pokonywał obronę na wąskim froncie

$b_{nal} = 50$  km. Szerokość bronionego rejonu,  $B = 300$  km.

Ogólna ilość punktów naprowadzania, w zasięgu których znajduje się nakazana rubież wprowadzenia do walki IM,  $N_{PN} = 3$ ; możliwości jednoczesnego naprowadzania z każdego punktu naprowadzania - 3; promień strefy naprowadzania każdego punktu wynosi:

przy  $H_c = 500$  m;

$R_n = 50$  km

przy  $H_c = 1000$  m;

$R_n = 100$  km

Rozwiązanie:

a/ przy  $H_c = 500$  m

$$\hat{n}_{PN} = \frac{3/100 + 50/}{300} \approx 1 \text{ PN, tj: } n_{jn} = 3 \text{ jednoczesne naprowa-}$$

dzania

$$T_{ww} = \frac{24 \cdot 10}{3} = 80 \text{ minut}$$

b/ przy  $H_c = 1000$  m;

$$n_{PN} = \frac{3/200 + 50/}{300} \approx 2 \text{ PN, tj. } n_{jn} = 6 \text{ jednoczesnych}$$

naprowadzeń

$$T_{ww} = \frac{24 \cdot 10}{6} = 40 \text{ minut}$$

Z rozwiązanego przykładu wynika, że czas wprowadzenia do walki tej samej ilości sił LM przy pomocy tego samego systemu naprowadzania zależy jest prócz wielu innych czynników, od wysokości lotu i szerokości ugrupowania celów powietrznych w nalocie.

Wartość tego wskaźnika posiada istotne znaczenie przy porównywaniu jej z wartością wskaźników charakteryzujących czas trwania nalotu. Z analizy tych wartości dowódca może określić zawczasu:

- ile sił LM jest w stanie wprowadzić do walki na wyznaczonej rubieży za czas trwania nalotu:

$$N_{gr} = \frac{T_{nal}}{t_{cn}} \cdot n_{jn} ; \quad /37/$$

- lub w całym rejonie obrony:

$$N_{gr} = \frac{T_{nal} + T_{prz}}{t_{cn}} \cdot n_{jn} \quad /38/$$

- względnie, ile należy zorganizować punktów naprowadzania lub zapewnić jednoczesnych naprowadzeń, ażeby wprowadzić do walki taką ilość sił, która zapewni pomyślne wykonanie zadania bojowego:

$$n_{jn} = \frac{N_{gr} \cdot t_{cn}}{T_{nal} + T_{prz}} \quad ; \quad /39/$$

6/ Czas wprowadzenia do walki IM oraz ilość naprowadzeń za czas trwania nalotu z uwzględnieniem metod teorii masowej obsługi.

Obliczanie czasu wprowadzenia do walki oraz możliwej ilości naprowadzeń IM przy pomocy wzorów nr 35 i 37 lub 38 ma sens jedynie wtedy, gdy poszczególne cele wykonują nalot z jednakową gęstością, gdy przerwy czasowe pomiędzy poszczególnymi celami są mniej więcej jednakowe, a system naprowadzania jest maksymalnie i równomiernie obciążony w czasie odpierania nalotu. W takich przypadkach rezultaty obliczeń według tych wzorów wskazują na minimalny czas wprowadzenia do walki oraz maksymalną ilość sił lotnictwa myśliwskiego, która może być wprowadzona do walki. W działaniach bojowych przeciwnik w większości wypadków będzie wykonywał naloty z różną intensywnością i gęstością, z różnymi przerwami czasowymi pomiędzy poszczególnymi celami i grupami celów. Dlatego też celowo jest w tych przypadkach obliczenia tego rodzaju wykonywać przy pomocy wzorów z teorii masowej obsługi, które te okoliczności uwzględniają.

Usytuowanie poszczególnych celów, uczestniczących w nalocie rozpatruje się w tej teorii jako prosty potok o rozkładzie Poisson'a, którego podstawowym parametrem jest intensywność /gęstość/, to znaczy ilość celów przelatujących daną rubież w jednostce czasu  $\lambda_c = \frac{Nc}{min}$ .

Oddziałość lub związek IM z jego systemem naprowadzania rozpatruje się jako system masowej obsługi z ograniczonym czasem oczekiwania o następujących parametrach:

- średnia oczekiwana wartość czasu obsługi równoznaczna  
średniemu czasowi trwania cyklu naprowadzania  
 $m^t_{\text{obsł}} = t_{\text{cn}}/;$
- ilość kanałów obsługi równoznaczna z ilością jednoczesnych  
naprowadzeń danego systemu:

$$/n = n_{jn}/$$

Znając te parametry można przy pomocy wzoru Erlange'a obliczyć prawdopodobieństwo tego, że cel nie będzie obsłużony /samolot, myśliwski lub grupa nie będzie naprowadzona na dany cel/, ponieważ wszystkie kanały naprowadzania przy danej intensywności nalotu będą zajęte, a cel przeleci rubież wprowadzenia do walki IM nie atakowany. Prawdopodobieństwo to oblicza się przy pomocy wzoru:

$$P_{\text{odm}} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} \quad /40/$$

gdzie:

$\alpha$  - parametr określony przy pomocy wzoru:  $\alpha = \lambda_c \cdot t_{\text{cn}};$

$n$  - ilość kanałów obsługi /naprowadzania/.

Przy określaniu przepustowości systemu naprowadzania i czasu wprowadzenia do walki IM wykorzystuje się jednak nie prawdopodobieństwo odmowy systemu naprowadzania  $/P_{\text{odm}}/$  lecz prawdopodobieństwo obsługi -  $P_{\text{obsł}}$ , tj. prawdopodobieństwo naprowadzania samolotów myśliwskich na wszystkie zwalczane cele na danej rubieży. Uwzględniając tę okoliczność wzór na prawdopodobieństwo obsługi będzie miał postać:

$$P_{\text{obsł}} = 1 - P_{\text{odm}} \quad /41/$$

A końcowy wzór na przepustowość danego systemu naprowadzania w założonych warunkach:

$$N_{gr} = \lambda_c \cdot T_{nal} \cdot P_{obsł} \quad /42/$$

gdzie:

$N_{gr}$  - możliwa ilość wprowadzeń do walki samolotów myśliwskich /grup/ za czas trwania nalotu  $T_{nal}$ ;

$\lambda_c$  - intensywność nalotu przeciwnika  $\frac{N_c}{\text{min}}$ ;

$N_c$  - ogólna ilość środków napadu powietrznego przeciwnika oraz na czas wprowadzenia do walki IM na określonej rubieży:

$$T_{ww} = \frac{N_{gr}}{\lambda_c \cdot P_{obsł}} \quad /43/$$

gdzie:

$N_{gr}$  - planowana ilość grup /samolotów myśliwskich, przy działaniach pojedynczo/ do odparcia nalotu.

#### Przykład:

Przeciwnik może wykonać nalot, w którym uczestniczyć będzie około 50 celów. Przewidywany czas trwania nalotu  $T_{nal} = 60$  min.

System naprowadzania IM w odniesieniu do pewnej rubieży dysponuje 12 kanałami obsługi, średni czas trwania jednego cyklu naprowadzania wynosi 12 minut. Do walki planuje się wprowadzić 60 grup własnego IM. Obliczyć, czas wprowadzenia do walki 60 grup IM.

#### Rozwiązanie:

dane wyjściowe n = 12 kanałów  
 $T_{nal}$  = 60 minut  
 $N_c$  = 50 celów  
 $t_{cn}$  = 12 minut

- obliczyć intensywność nalotu " $\lambda_c$ "

$$\lambda_c = \frac{N_c}{T_{nal}} = \frac{50}{60} = \frac{5}{6} \text{ cel/min.}$$

- obliczyć parametr " $\lambda$ ";

$$\lambda = \lambda_c \cdot t_{cn} = \frac{5}{6} \cdot 12 = 10$$

- obliczyć " $P_{odm}$ " wg wzoru nr 40:

$$P_{odm} = \frac{\frac{10^{12}}{12!}}{\frac{10^0}{0!} + \frac{10^1}{1!} + \frac{10^2}{2!} + \frac{10^3}{3!} + \dots + \frac{10^{12}}{12!}} = 0,11;$$

- obliczyć " $P_{obsk}$ ":

$$P_{obsk} = 1 - P_{odm} = 1 - 0,11 = 0,89$$

- stąd ostateczny czas wprowadzenia do walki wyniesie:

$$T_{ww} = \frac{60}{0,89} = 67,4 \text{ min.}$$

Jeżeli obliczenia będą wykonywane wg wzoru nr 35 lub wykresu na rys. nr 21 /bez uwzględnienia nierównomierności procesu /wówczas czas wprowadzenia do walki IM będzie mniejszy lecz mniej realny.

$$T_{ww} = \frac{60 \cdot 12}{12} = 60 \text{ minut.}$$

Podobnie można porównać także wynik w zakresie możliwej ilości wprowadzanych do walki grup IM. Jeżeli z uwzględnieniem nierównomierności procesu  $N_{gr} = 44$ , to w przypadku jej nie uwzględnienia wyniesie:

$$N_{gr} = \frac{60}{12} \cdot 12 = 60 \text{ naprowadzeń}$$

Z przytoczonego przykładu wynika, że czas wprowadzenia do walki 60 grup IM po uwzględnieniu prawdopodobieństwa obsługi jest większy o 21 minut, a ogólna ilość naprowadzeń za czas trwania nalotu mniejsza o 16. Oznacza to, że możliwości systemu w zakresie naprowadzania po uwzględnieniu bardziej realnych warunków działań /nierównomierności procesu/ znacznie się zmniejszają, w konkretnym przykładzie zmniejszyły się o 27%.

Obliczanie czasu wprowadzenia do walki oraz możliwej ilości wprowadzeń do walki IM z uwzględnieniem wartości prawdopodobieństwa obsługi jest na ogół proste. Komplikuje obliczenia jedynie wartość " $P_{obsł}$ ".

Aby uprościć proces obliczania tego prawdopodobieństwa można zawniczasu przygotować wykres wartości " $P_{obsł}$ " w zależności od ilości kanałów / $n$ / i parametru " $\alpha$ ", wykorzystując do tego celu wzór nr 40 i 41. Wykres ten pokazany jest na rys.22.

W celu określenia  $P_{obsł}$  według wykresu przedstawionego na rys. nr 22 wystarczy wiedzieć iloma kanałami obsługi dysponuje system i parametr " $\alpha$ ", który określa się z wzoru:  $\alpha = \lambda_c \cdot t_{cn}$

Przykład:

Określić wartość prawdopodobieństwa obsługi systemu o 20 kanałach dla intensywności nalotu przeciwnika  $\lambda_c = 2$  cele/min przy  $t_{cn} = 10$  min.

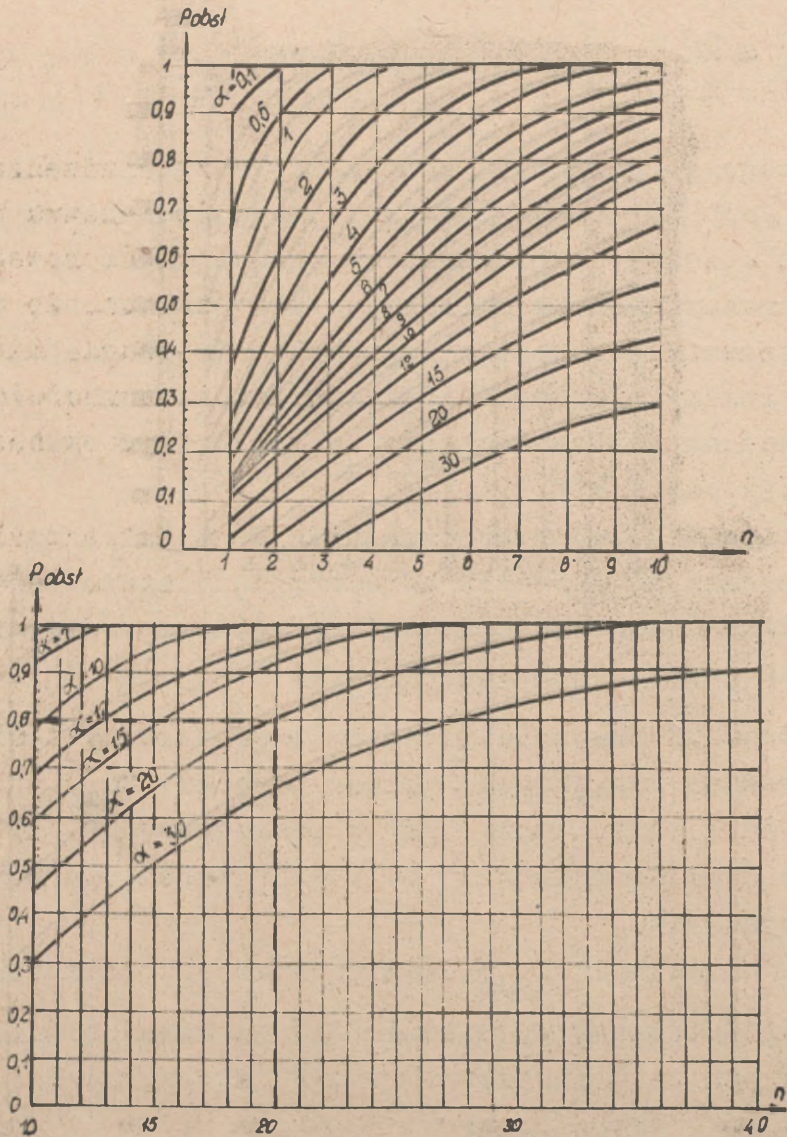
Rozwiązanie:

- określić parametr " $\alpha$ ";

$$\alpha = \lambda_c \cdot t_{cn} = 2 \cdot 10 = 20$$

- określić  $P_{obsł}$  na wykresie nr 10;

$$n = 20 \rightarrow \alpha = 20 \rightarrow P_{obsł} = 0,8$$



Rys. 22

7/ Czas trwania ciągłego dyżurowania /patrolowania/  
w powietrzu

Wartość tego wskaźnika nabiera szczególnego znaczenia przy konieczności wprowadzania do walki samolotów myśliwskich z położenia dyżurowania lub patrolowania w powietrzu. Czas ciągłego dyżurowania /patrolowania/ w powietrzu oblicza się dla pododdziału, oddziału lub związku LM w przywiązaniu do konkretnej sytuacji. Możliwy

czas trwania okresu ciągłego dyżurowania zależy od:

- typu samolotów myśliwskich wydzielonych do dyżurowania /patrolowania/, ich możliwej długotrwałości przebywania w powietrzu;
- składu grupy samolotów myśliwskich dyżurujących jednocześnie;
- odległości stref dyżurowania lub patrolowania od lotnisk bazowania IM;
- warunków lotu w strefach /V, H/;
- intensywności działań bojowych przeciwnika i szeregu innych czynników.

Znajomość wartości tego wskaźnika pozwala zawczasu, w okresie wypracowania decyzji na działania bojowe, określić rozchód sił na dyżurowanie w powietrzu, składy grup jednocześnie dyżurujących zmian samolotów myśliwskich, wnioskować o warunkach lotu w strefach lub też miejscu poszczególnych stref w stosunku do lotnisk bazowania.

Czas dyżurowania pojedynczego samolotu myśliwskiego lub pary / $t_d$ / określa się z wzoru:

$$t_d = \frac{Q_p - Q}{C_h};$$

/44/

gdzie:  $Q_p$  - pełny zapas paliwa we wszystkich zbiornikach samolotu;

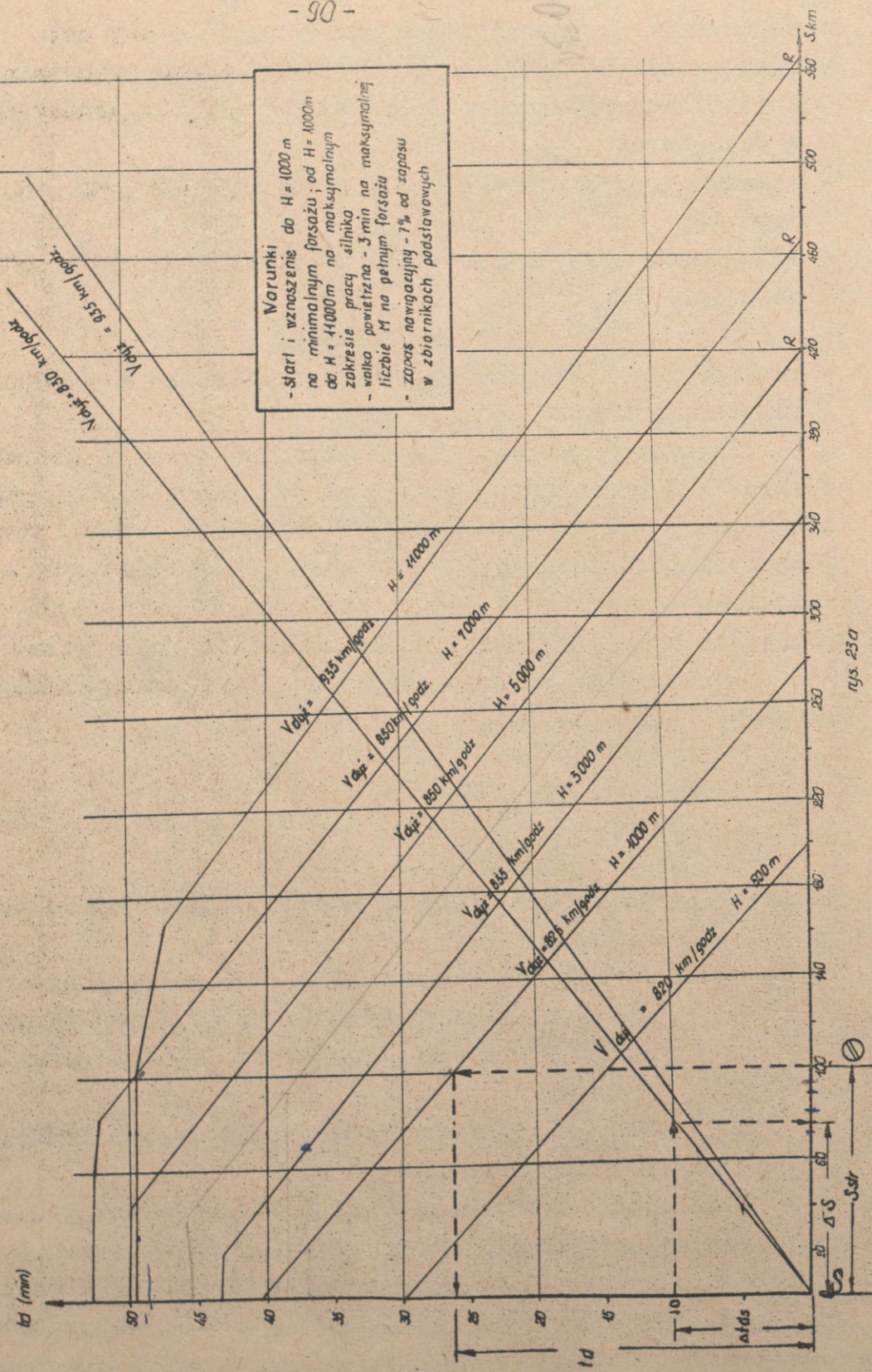
$Q$  - sumaryczna ilość paliwa przeznaczona na: pracę silnika na ziemi, start, dolet do strefy, walkę powietrzną, powrót na lotnisko oraz lądowanie;

$C_h$  - rozchód paliwa w jednostce czasu w strefie dyżurowania /patrolowania/.

W celu uproszczenia procesu obliczeń czasu dyżurowania pojedynczego samolotu lub pary wykonuje się zawczasu odpowiednie wykresy dla poszczególnych typów samolotów. Przy pomocy wykresu bardzo szybko i z wystarczającą dokładnością można określić czas dyżurowania pojedynczego samolotu lub pary dla przewidywanej wysokości dyżurowania oraz odległości strefy dyżurowania w stosunku do lotniska bazowania IM.

Лыкres nr 10

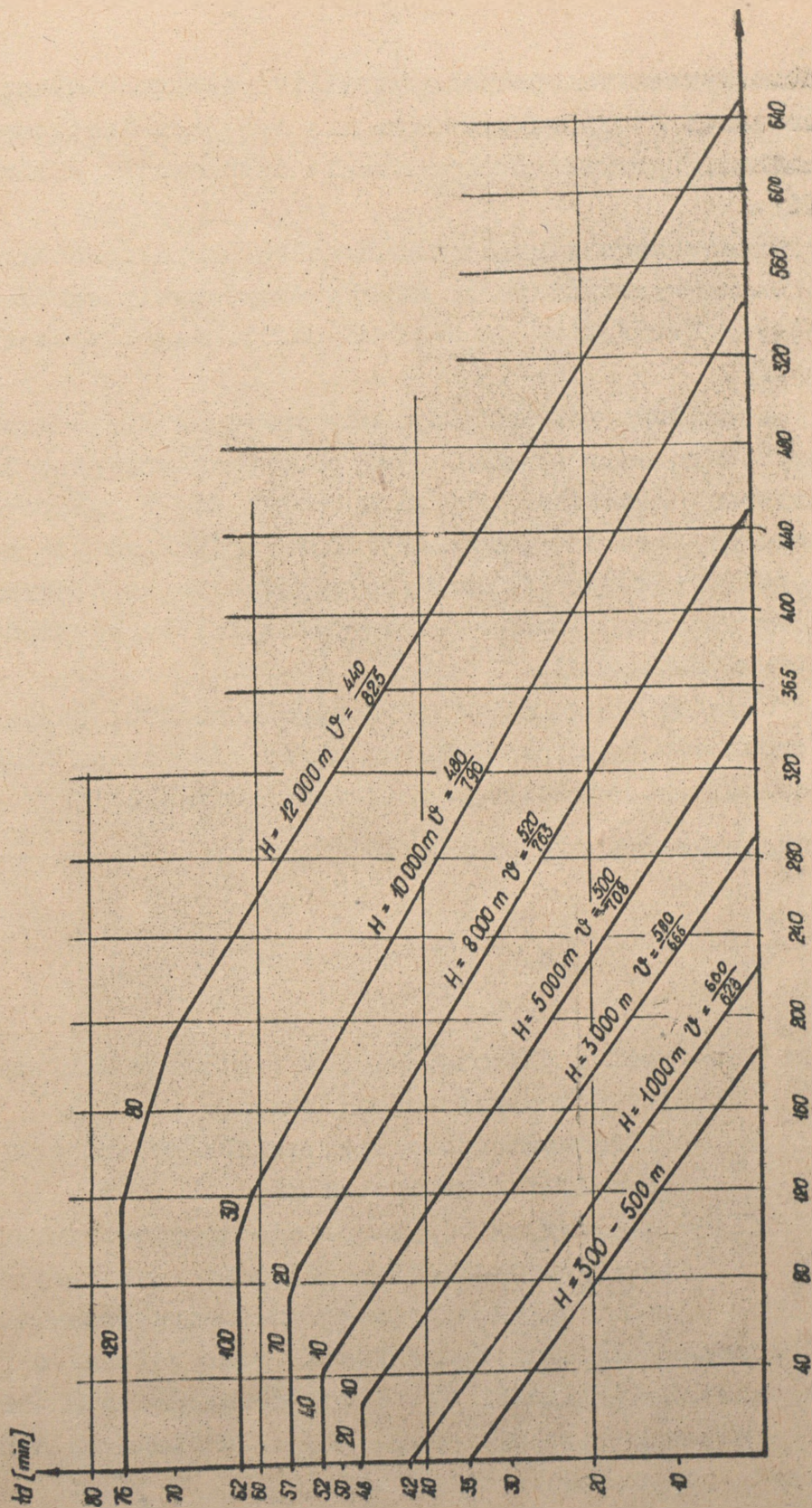
МЫКРЕS МOЖЛИМЕJ ДЛУБОТПВАРЛОСЦИ ДЫЗУРОВАНИА И ПOИЕТРЗУ САМОЛОТУ Миг-21 ДФ  
 ZE ЗБИРНИКИЕМ ДОДАТКOНЫМ (G<sub>c</sub> = 2690 kg)



рыс. 23а

Wykres nr. 41

# WYKRES MOŻLIWEJ DŁUGOTRWAŁOŚCI DYZURWANIA W POWIETRZU PARY LIM-5 ZE ZB DOD



rys. 23b

Ponadto wykres ten pozwala określić najwygodniejszą wysokość dyżurowania /w wypadku jeżeli nie jest ona limitowana innymi czynnikami/ przy założonym czasie dyżurowania w konkretnej strefie.

Przy pomocy tego wykresu można także określić odległość na jaką można wyprowadzić ze strefy dyżurowania samoloty myśliwskie /  $\Delta S$  / w zależności od pozostałego czasu dyżurowania /  $\Delta t_{\text{d}}$  /.

Kolejność posługiwania się wykresem przy określaniu czasu dyżurowania samolotu lub pary pokazana jest linią przerywaną. Jeżeli dyżurowanie odbywa się w ugrupowaniu bojowym klucza, wówczas otrzymany wynik opisaną metodą należy pomnożyć przez współczynnik  $0,9$ , /jest to współczynnik uwzględniający większy rozchód paliwa podczas lotu we wspólnym ugrupowaniu klucza/.

Czas dyżurowania pojedynczego samolotu, pary lub klucza samolotów jest podstawą do określania czasu ciągłego dyżurowania pododdziałów, oddziału i związku / $T_{\text{do}}$ /.

Czas ten określa się przy pomocy wzoru:

$$T_{\text{do}} = \frac{N_m}{n_{\text{gr}}} \cdot t_d \cdot K_t \quad /45/$$

gdzie:  $N_m$  - ogólna planowana ilość samolotów lub samolotolotów do dyżurowania w powietrzu;

$n_{\text{gr}}$  - ilość samolotów myśliwskich dyżurująca w strefie /strefach/ jednocześnie;

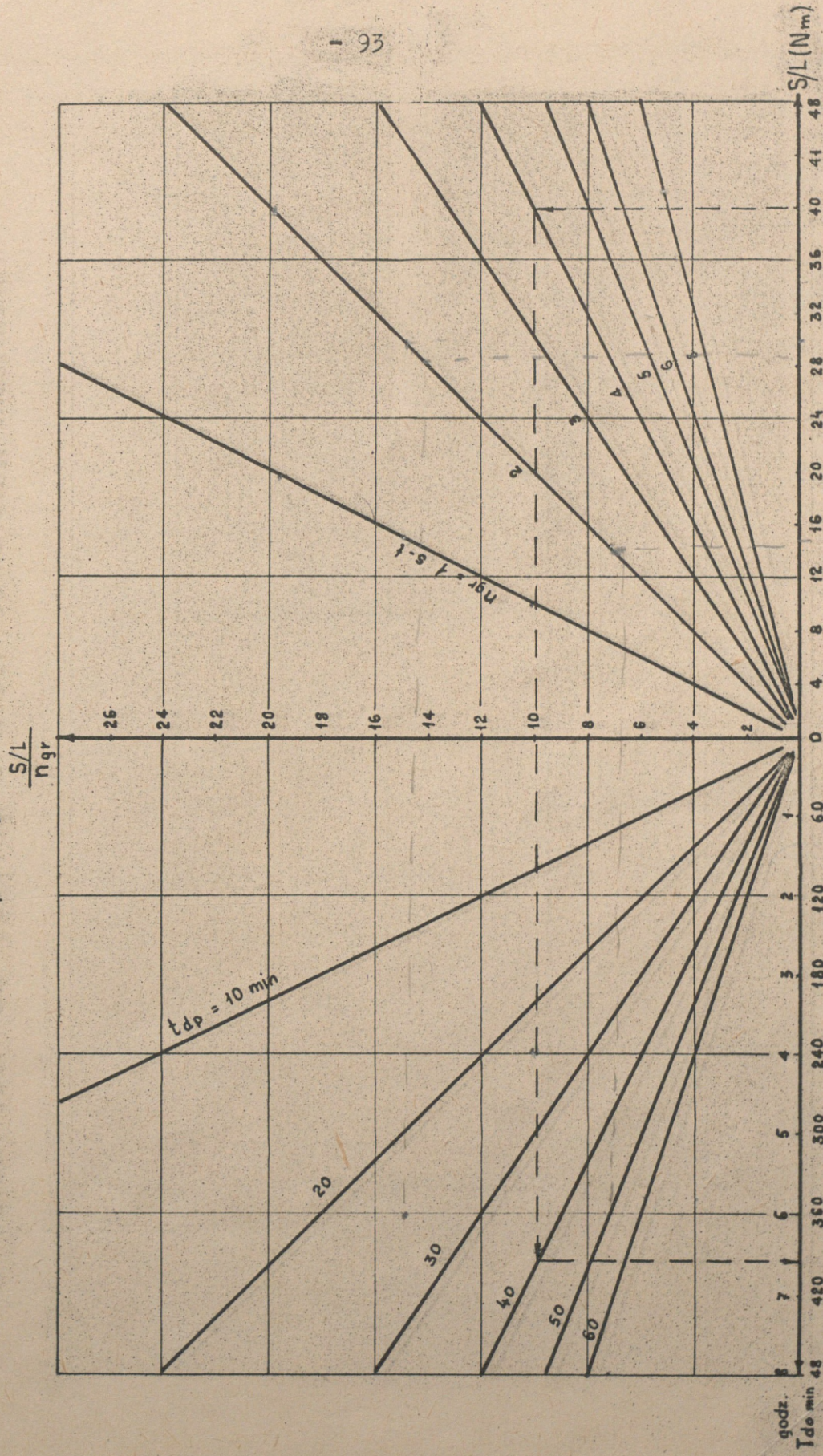
$K_t$  - współczynnik dyżurowania w powietrzu, uwzględniający wyprowadzenie myśliwców ze strefy dyżurowania przed upływem pełnego czasu dyżurowania.

Podczas kalkulacji możliwości może zaistnieć także potrzeba określania ilości sił LM do dyżurowania w nakazanej strefie w pewnym okresie czasu / $T_{\text{db}}$ / . Wartość tę można także obliczyć, po przekształceniu wzoru: 45.

$$N_m = \frac{T_{\text{db}} \cdot n_{\text{gr}}}{t_d \cdot K_t} ; \quad /46/$$

gdzie:  $T_{\text{db}}$  - nakazany czas ciągłego dyżurowania w powietrzu.

# Wykres do określania ciężkiego czasu dyżurowania LM Tda w zależności od t<sub>dp</sub>, ngr i ilości samolotów myśliwskich



rys. 24

Posługując się wzorami 45 i 46 można wykonać wykres w pewnym /potrzebnym dla danego szczebla dowodzenia/ zakresie  $N_m$ ,  $T_{do}$ ,  $n_{gr}$  i td. Wykres ten przedstawiony jest na rysunku 24.

Przykład:

Określić czas ciągłego dyżurowania oddziału LM w strefie dyżurowania odległej od lotniska,  $S_{str} = 150$  km na wysokości 7000 m, jeżeli wiadomo, że do dyżurowania przeznaczono 40 samolotów. Skład grupy dyżurującej - klucz MiG-21  $K_t = 0,8$ .

Rozwiązanie:

- określić na wykresie przedstawionym na rys. nr 23a czas dyżurowania pojedynczego samolotu;

$$S_{str} = 150 \text{ km} \rightarrow H_d = 7000 \text{ m} \rightarrow t_d = 45 \text{ min.}$$

- określić  $t_d$  dla klucza;

$$t_{dkl} = 45 \cdot 0,9 = 40 \text{ minut}$$

- określić na wykresie przedstawionym na rys. nr 24  $T_{do}$ :

$$S/L = 40 \cdot n_{gr} = 4 \rightarrow t_d = 40 \rightarrow T_{do1} = 400 \text{ min} \approx 6 \text{ godz. } 40 \text{ min.}$$

- określić czas ciągłego dyżurowania z uwzględnieniem współczynnika  $K_t$ :

$$T_{do} = T_{do1} \cdot K_t \approx 400 \cdot 0,8 = 320 \text{ min} = 5 \text{ godz. } 20 \text{ min.}$$

Przykład:

Określić potrzebną ilość samolotów do ciągłego dyżurowania w powietrzu na okres  $T_{db} = 6$  godz. Pozostałe dane do obliczeń:

$$n_{gr} = 2, S_{str} = 100 \text{ km}, H_d = 11000 \text{ m}, K_t = 0,8$$

Rozwiązanie:

- określić " $t_d$ " z wykresu na rys. nr 23a

$$S_{\text{str}} = 100 \rightarrow H_d = 11000 \rightarrow t_d = 50 \text{ min.}$$

- określić z wykresu na rys. nr 24  $N_{s/l}$ :

$$T_{\text{db}} = 6 \rightarrow t_d = 50 \rightarrow n_{\text{gr}} = 2 \rightarrow N_{s/l} = 14,4 \text{ s/l.}$$

- określić potrzebną ilość sił do dyżurowania z uwzględnieniem współczynnika  $K_t$ :

$$N_m = \frac{N_{s/l}}{K_t} = \frac{14,4}{0,8} = 18 \text{ s/l}$$

Odpowiedź:  $N_m = 18$  samolotolotów /cztery wyloty kluczem/.

8/ Czas startu samolotów pododdziału lub oddziału z różnych stopni gotowości bojowej

Wartość tego wskaźnika charakteryzuje minimalny czas trwania startu samolotu /grupy/ lub też pododdziału i oddziału w konkretnych warunkach i sytuacji. Wielkość tego wskaźnika zależy od:

- typu samolotów myśliwskich;
- stopnia gotowości bojowej, w jakiej się znajdują poszczególne samoloty;
- składu grupy jednocześnie startujących samolotów;
- ogólnej ilości startujących samolotów;
- rozmieszczenia samolotów na lotnisku w stosunku do drogi startowej;
- minimalnie dopuszczalnych dla danego lotniska i pilotów przerw czasowych pomiędzy kolejno startującymi samolotami;
- warunków atmosferycznych, pory roku, doby i szeregu innych czynników.

Czasy startu pojedynczego samolotu, pary lub klucza od momentu podania sygnału na start do momentu osiągnięcia  $H = 1000$  m z różnych stopni gotowości bojowej zawarte są w instrukcjach, traktujących o gotowości bojowej IM.

W celu obliczenia minimalnego czasu startu pododdziału lub oddziału z jednego lotniska należy znać minimalnie dopuszczalne przerwy czasowe pomiędzy startującymi samolotami lub grupami  $\Delta t$  z danego lotniska i ilość startujących samolotów lub grup z poszczególnych stopni gotowości bojowej /got. nr 1, 2 i 3/.

Obliczenia te można wykonać przy pomocy następujących wzorów:

$$t_{gr1} = \Delta t/n - 1/ + t_1 \quad /47/$$

$$t_{gr2} = \Delta t/n - 1/ + t_2 \quad /48/$$

$$t_{gr3} = \Delta t/n - 1/ + t_3 \quad /49/$$

gdzie:

$t_{gr1}$ ,  $t_{gr2}$ ,  $t_{gr3}$  - czas startu samolotów, odpowiednio z gotowości nr: 1, 2 i 3 od momentu podania sygnału na start do momentu wystartowania ostatniego samolotu;

$\Delta t$  - przerwa czasowa przy starcie pomiędzy poszczególnymi samolotami /grupami/ w min;

$n$  - ilość grup lub pojedynczych samolotów;

$t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  - odpowiednio czasy startu: pojedynczego samolotu lub grupy jednocześnie startującej z got. nr 1, 2 i 3.

W celu obliczenia minimalnego łącznego czasu startu samolotów znajdujących się w gotowości nr 1 i 2 od momentu podania sygnału na start do momentu wystartowania ostatniego samolotu, znajdującego się w gotowości nr 2 można się posłużyć następującym wzorem:

$$t_{gr1,2} = \Delta t/n_{1,2} - 2/ + t_2 - \Delta t/n_1 - 1/; \quad /50/$$

gdzie:  $n_{1,2}$  - suma samolotów lub grup startujących z gotowości nr 1 i 2.

Mogą być potrzebne również wyliczenia minimalnego czasu startu wszystkich samolotów z jednego lotniska w przypadku kiedy znajdują się one w różnych stopniach gotowości bojowej tj: 1, 2 i 3. Obliczenia takie można wykonać przy pomocy następującego wzoru:

$$t_{gr1,2,3} = \Delta t/n_{1,2,3} - 3/ + t_3 - \Delta t/n_{1,2} - 2/; \quad /51/$$

gdzie:

$n_{1,2,3}$  - suma wszystkich samolotów lub grup samolotów startujących jednocześnie z gotowości nr 1, 2, 3.

### ROZDZIAŁ III

#### Wykorzystanie wskaźników możliwości bojowych LM w procesie organizacji dowodzenia i dowodzenia

Metody matematyczne stosuje się w okresie organizacji działań, jak i podczas prowadzenia działań bojowych. Zakres ich stosowania jest uzależniony od szczebla dowodzenia, wyposażenia w aparaturę liczącą organów dowodzenia, od charakteru zadania bojowego, czasu dysponowanego na powzięcie decyzji itp.

W praktycznej działalności jednostek lotniczych, jak i w procesie nauczania słuchaczy w Akademii Sztabu Generalnego, może być stosowana metoda nieco uproszczona z wykorzystaniem, w zależności od szczebla dowodzenia, dużej ilości zmiennych wyjściowych danych. O tej metodzie traktuje niniejszy skrypt. Jednocześnie z tym mogą być także stosowane najprostsze metody kalkulacji i analizy oparte o średnie normy i polegające na bardzo ogólnych obliczeniach. Istota tych obliczeń sprowadza się z zasady do porównywania danych, którymi dysponuje dowódca i na wyciąganiu wpływających stąd logicznych wniosków. Metoda ta była szeroko stosowana w przeszłości, znajduje zastosowanie w chwili obecnej oraz będzie najprawdopodobniej stosowana także w przyszłości. Główną zaletą tej metody jest to, że nie wymaga ona skomplikowanych obliczeń, a tym samym straty czasu.

Jej zastosowanie w procesie wypracowania decyzji jest możliwe jedynie wówczas, gdy dowódcy posiadają duże doświadczenie bojowe, wysoki poziom wiedzy wojskowej i nieprzeciętne zdolności logicznego rozumowania.

W większości przypadków, szczególnie w procesie nauczania dowódców lotniczych przy braku takich doświadczeń, metoda ta jest niewystarczająca.

W warunkach współczesnego pola walki, gdy na uzbrojenie wojsk OPK i OPL wprowadzane są coraz nowsze, bardziej skuteczne środki walki z nieprzyjacielem powietrznym zarysowuje się wyraźna tendencja do zwiększenia ilości otrzymywanych danych o sytuacji bojowej, które sztaby jednostek lotniczych i ich stanowiska dowodzenia powinny przetwarzać w bardzo krótkim czasie. Dlatego też stosowanie najprostszych metod obliczeń w warunkach współczesnej wojny staje się coraz mniej przydatne, nie zapewniające wykorzystania w maksymalnym stopniu możliwości bojowych posiadanych środków walki. Prócz tego opieranie się tylko o średnie normy może doprowadzić do poważnych błędów i nieoptymalnych decyzji, ponieważ w warunkach szybko zmieniającej się sytuacji bojowej średnie normy mogą ulegać bardzo dużym wahaniom.

Z drugiej jednak strony należy pamiętać, że nawet najbardziej złożone obliczenia matematyczne wykonywane przy pomocy najnowszej aparatury liczącej nie zastąpią logicznej analizy dowódców, która jest niezbędną częścią składową procesu wypracowania optymalnej decyzji. Logiczna analiza wyników obliczeń jest elementem jakościowej oceny, którą przeprowadza dowódca osobiście w końcowej fazie procesu wypracowania decyzji. Praktycznie, istota tej analizy sprowadza się do wyboru optymalnego wariantu użycia podporządkowanych sił i środków.

Pod pojęciem optymalnego wariantu użycia sił i środków lotnictwa myśliwskiego należy rozumieć taki wariant decyzji, który zapewnia osiągnięcie maksymalnego efektu działań, osiągnięcie w maksymalnym stopniu celu działań bojowych. W tym celu do kalkulacji zakłada się najprawdopodobniejsze warianty działania nieprzyjaciela, analizuje się efekty własnych

wariantów działań w bronionym rejonie z uwzględnieniem czasu działania nieprzyjaciela i wybiera się ostatecznie spośród nich najkorzystniejszy.

Praktyczne wykorzystanie metod matematycznych w dowodzeniu, jak było wspomniane na początku skryptu, sprowadza się z zasady /aktualnie/ do rozwiązywania zadań taktycznych i operacyjno-taktycznych. W istocie rzeczy rozwiązywanie tych zadań jest szczegółową oceną konkretnej sytuacji bojowej, a ich wyniki końcowe - uzasadnionymi wnioskami z oceny sytuacji tj. elementami decyzji dowódcy.

Zadania te, ze względu na czas ich wykonywania oraz okres dowodzenia /organizacja działań lub prowadzenia działań bojowych/ można podzielić na dwie zasadnicze grupy: zadania rozwiązywane w okresie przygotowania i organizacji działań bojowych oddziału lub związku oraz zadania rozwiązywane w toku prowadzenia działań bojowych.

Pierwsza grupa zadań - obliczanie możliwości i potrzeb oraz ich ocena zawiera dwa etapy. Etap pierwszy - wykonywanie obliczeń, etap drugi - analiza i ocena końcowych wartości obliczeń oraz wybór najkorzystniejszych wariantów prowadzenia działań bojowych. Do wykonania obliczeń w pierwszym etapie może być zaangażowane szerokie grono oficerów sztabu /jeżeli sztab nie dysponuje maszyną liczącą/. Obliczeń dokonuje się na podstawie danych wyjściowych, określonych przez dowódcę, wypływających z treści otrzymanego zadania bojowego oraz wiadomych zawczasu bezpośrednim wykonawcom /rozmieszczenie i bazowanie środków OP, oraz taktyczno-techniczne sprzętu i inne temu podobne/.

Do danych wyjściowych określonych przez dowódcę zalicza się:

a/ o nieprzyjacielu

- kierunki nalotu lotnictwa nieprzyjaciela;
- ilość samolotów biorąca udział w nalocie;
- profil nalotu;
- ugrupowanie bojowe samolotów nieprzyjaciela w trakcie nalotu;
- szerokość frontu nalotu i inne;

b/ o własnych siłach i środkach

- ilość wydzielonych do działań bojowych samolotów myśliwskich i pilotów;
- ilość punktów naprowadzania zabezpieczających naprowadzanie LM;
- sytuacja skażeń promieniotwórczych;
- aktualne pozycje naziemnych środków OP oraz ich możliwości i inne w miarę potrzeby.

c/ o warunkach działań bojowych

- okres działań bojowych /dzień, noc, godziny/;
- warunki atmosferyczne;
- obiekty osłony oraz ich ważność;
- poziom ufności /prawdopodobieństwo gwarantowane oraz procent zadawanych strat jaki należy przyjmować w obliczeniu potrzeb i inne.

d/ czas i sposób przedstawienia wyników, propozycji i wniosków

- wykonawca, czas przedstawienia wyników i propozycji;
- forma przedstawienia /na wykresach, w formie tabel, ustnie, graficznie itp./.

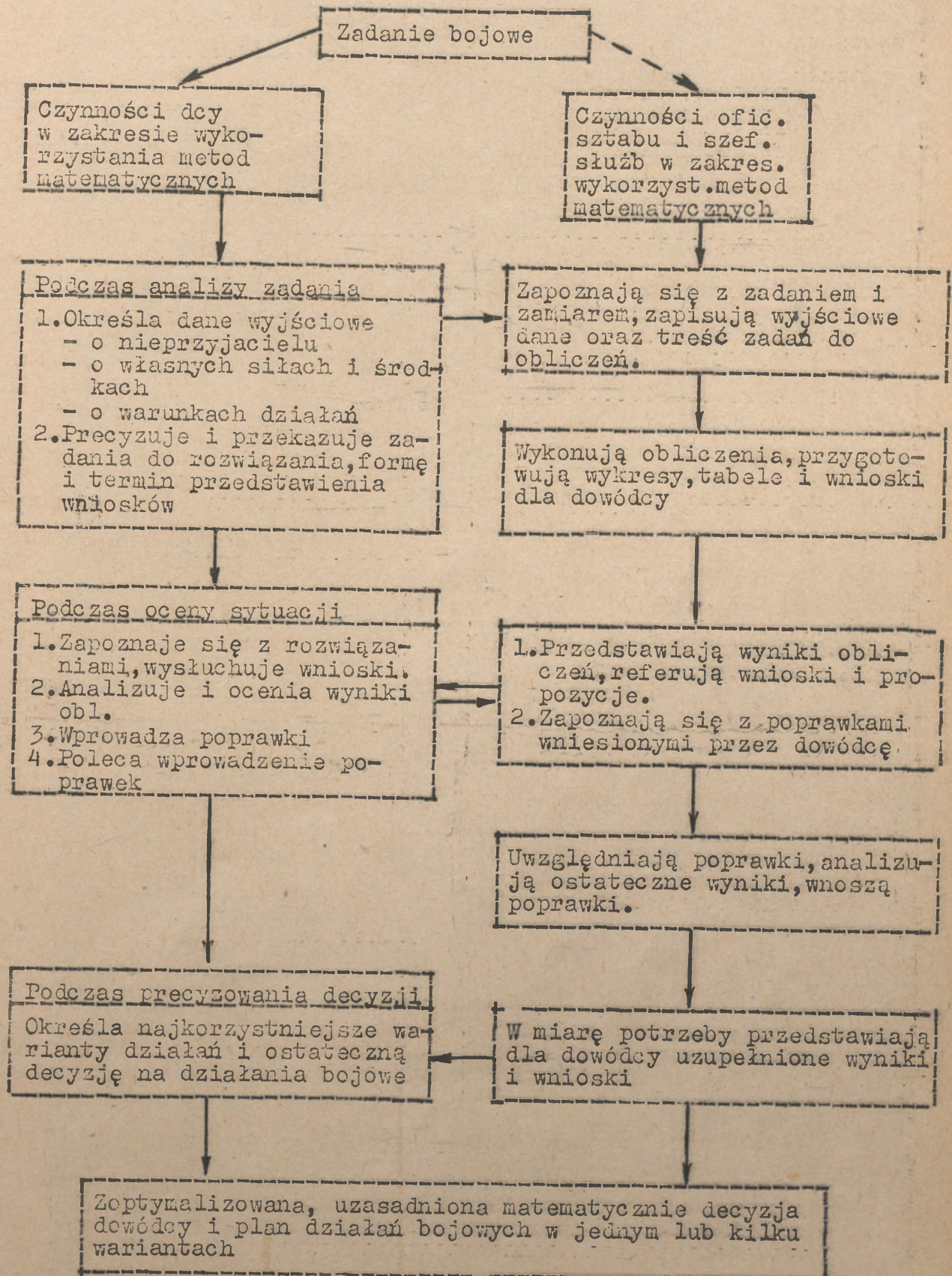
Kolejność pracy dowódcy i sztabu w zakresie wykorzystania metod matematycznych w procesie wypracowania decyzji przez sztab jednostki lotniczej pokazane jest na schemacie .

Zakres wykonywanych obliczeń uzależniony jest od szczebla dowodzenia, czasu wydzielonego na przygotowanie do działań i powzięcie decyzji oraz stopnia mechanizacji i automatyzacji tych obliczeń.

Na szczeblu oddziału oblicza się możliwości pojedynczych samolotów, grup samolotów, pododdziałów, oddziału oraz nalicza się potrzebną ilość sił i środków do wykonania postawionego zadania. Na szczeblu związku, obliczenia wykonuje się w szerszym zakresie, związane z odpieraniem nalotów nieprzyjaciela w bronionym rejonie.

Niezależnie od szczebla dowodzenia schemat metodyczny wypracowania decyzji w okresie organizacji działań pozostaje taki sam /Schemat nr 2/.

Schemat nr 2



Ponieważ w rezultacie przeprowadzonych kalkulacji określony zostaje wariant działań bojowych /względnie kilka wariantów/ na okres przynajmniej jednego wylotu pododdziału, oddziału lub związku, to realizacja jego w toku działań powinna być zgodna z podstawowymi założeniami tego wariantu. Na przykład, jeżeli w wybranym wariantcie przewiduje się wprowadzenie do walki na cel grupowy w składzie ośmiu samolotów 12 własnych, to tyle należy wprowadzić. Jeżeli podczas optymalizacji decyzji uzyskano największy efekt działań bojowych LM przy wariantcie prowadzenia ognia przez samoloty myśliwskie przy odpalaniu rakiet do celu pojedynczo z kontrolą rezultatów, to zasady tej należy przestrzegać także w pojedynczych walkach powietrznych. Inaczej rezultat działań bojowych obliczony /planowany/ nie będzie osiągnięty. Obliczenia według tego schematu dotyczą rozwiązania pierwszej grupy zadań, w okresie organizacji działań bojowych.

1. Określenie potrzebnej ilości sił lotnictwa myśliwskiego do przechwytywania celów powietrznych

Potrzebną ilość samolotów myśliwskich do zniszczenia założonej z góry odpowiedniej ilości środków napadu powietrznego przeciwnika określa się w kilku wariantach prowadzenia ognia. Ze względu na posiadane w chwili obecnej typy samolotów myśliwskich rozróżnia się następujące warianty prowadzenia ognia:

- z przenoszeniem ognia /ataku/ na inny środek napadu powietrznego;
- bez przenoszenia ognia na inny środek napadu powietrznego;
- kombinowany wariant prowadzenia ognia, w którym występują dwa pierwsze warianty.

W wariantcie z przenoszeniem ognia stawia się warunek, że jeżeli atakowany środek napadu powietrznego zostanie zniszczony podczas pierwszego ataku /odpalenia/, to samolot myśliwski wykonuje drugi atak do następnego środka napadu. Podczas określania potrzebnej ilości samolotów myśliwskich wg tego wariantu potrzebna ich ilość jest minimalna.

W wariancie bez przenoszenia ognia zakłada się warunek, gdy samolot myśliwski wykonuje atak tylko do jednego środka napadu. W tym wariancie obliczeń potrzebna ilość samolotów myśliwskich do zniszczenia określonej ilości środków napadu powietrznego jest maksymalna.

W wariancie kombinowanym zakłada się warunek, że samolot myśliwski prowadzi ogień do jednego lub dwóch środków.

Najczęściej część samolotów myśliwskich prowadzi ogień z przenoszeniem ognia, a część bez przenoszenia ognia. W wariancie tym potrzebna ilość samolotów myśliwskich jest średnią wartością dwóch poprzednich wariantów.

Wyboru najbardziej racjonalnego wariantu prowadzenia ognia w procesie wypracowania decyzji dokonuje dowódca decydujący o użyciu IM na podstawie konkretnej sytuacji bojowej oraz warunków prowadzenia walki powietrznej. W nocy, w chmurach i na wysokościach stratosferycznych w pobliżu pułapu samolotu myśliwskiego stosuje się z zasady wariant bez przenoszenia ognia. Natomiast w dzień w zwykłych warunkach atmosferycznych przy wzrokowej widzialności celu oraz podczas zwalczania celów grupowych najczęściej stosuje się wariant z przenoszeniem ognia lub też wariant kombinowany.

Potrzebna ilość samolotów myśliwskich do przechwycenia celu grupowego zależy od jego ugrupowania, jak również od rodzaju stosowanych przez IM środków rażenia. Ogólnie rzecz biorąc, cele grupowe mogą wykonywać nalot w zwartym lub luźnym ugrupowaniu bojowym. Podczas atakowania środka napadu powietrznego, wykonującego nalot w zwartym ugrupowaniu bojowym istnieje pewne prawdopodobieństwo zniszczenia więcej, niż jednego środka napadu ze składu grupy /szczególnie podczas stosowania przez IM rakiet/. Natomiast, podczas zwalczania celu grupowego, wykonującego nalot w luźnym ugrupowaniu bojowym praktycznie wyklucza się możliwość rażenia jakiegokolwiek innego środka napadu ze składu grupy z wyjątkiem atakowanego.

Do określania potrzebnej ilości samolotów myśliwskich podczas zwalczania celów grupowych lub większej ilości

środków napadu działających pojedynczo i małymi grupami wykorzystuje się jako główne kryterium - prawdopodobieństwo przechwycenia nie mniej od nakazanej ilości środków napadu:  $R_m$ . Podczas przechwytywania celów powietrznych o dużym znaczeniu kalkulacje związane z określeniem potrzebnej ilości samolotów myśliwskich przeprowadza się wg wskaźnika o wartości  $R_m = 0,8$  lub  $R_m = 0,95$ . W początkowym okresie wojny, gdy dowódcy nie dysponują doświadczeniem i danymi statystycznymi o skuteczności własnego LM należy się posługiwać przy tego rodzaju kalkulacjach wskaźnikiem  $R_m = 0,8$ . Podczas określania potrzebnej ilości sił w okresie odpierania nalotów zmasowanych względnie w innych przypadkach, gdy ilość s-tów LM jest mniejsza od ilości środków napadu uczestniczących w nalocie, kalkulacje wykonuje się z  $R_m = 0,5$  tj. wg średniej oczekiwanej wartości. O ilości środków napadu powietrznego jaką należy zniszczyć jak też o wartości prawdopodobieństwa gwarantowanego, jakie należy przyjąć do określenia potrzebnej ilości sił LM decyduje z zasady dowódca korpusu lub dywizji lotnictwa myśliwskiego.

Określanie potrzebnej ilości samolotów LM dla wspomnianych wariantów prowadzenia ognia oblicza się przy pomocy wzorów matematycznych. W praktycznych jednak obliczeniach wygodniej jest posługiwać się przy tego rodzaju kalkulacjach wykresami. Wykresy te /patrz rys. 25, 26, 27 i 28/ zostały wykonane na podstawie skomplikowanych wzorów matematycznych. Zaletą wykorzystania wykresów jest znaczna oszczędność czasu, wystarczająca dokładność oraz prostota w posługiwaniu się nimi.

Przytoczona niżej metodyka określania potrzebnej ilości sił LM jest wykorzystywana od szczebla oddziału LM i wyżej.

a/ Określenie potrzebnej ilości samolotów myśliwskich do przechwycenia pojedynczego środka napadu powietrznego

Potrzebną ilość samolotów myśliwskich do przechwycenia pojedynczego środka napadu określa się wg wzoru:

$$N_m = \frac{\log / 1 - R_g /}{\log \sqrt{1 - P_p}} ;$$

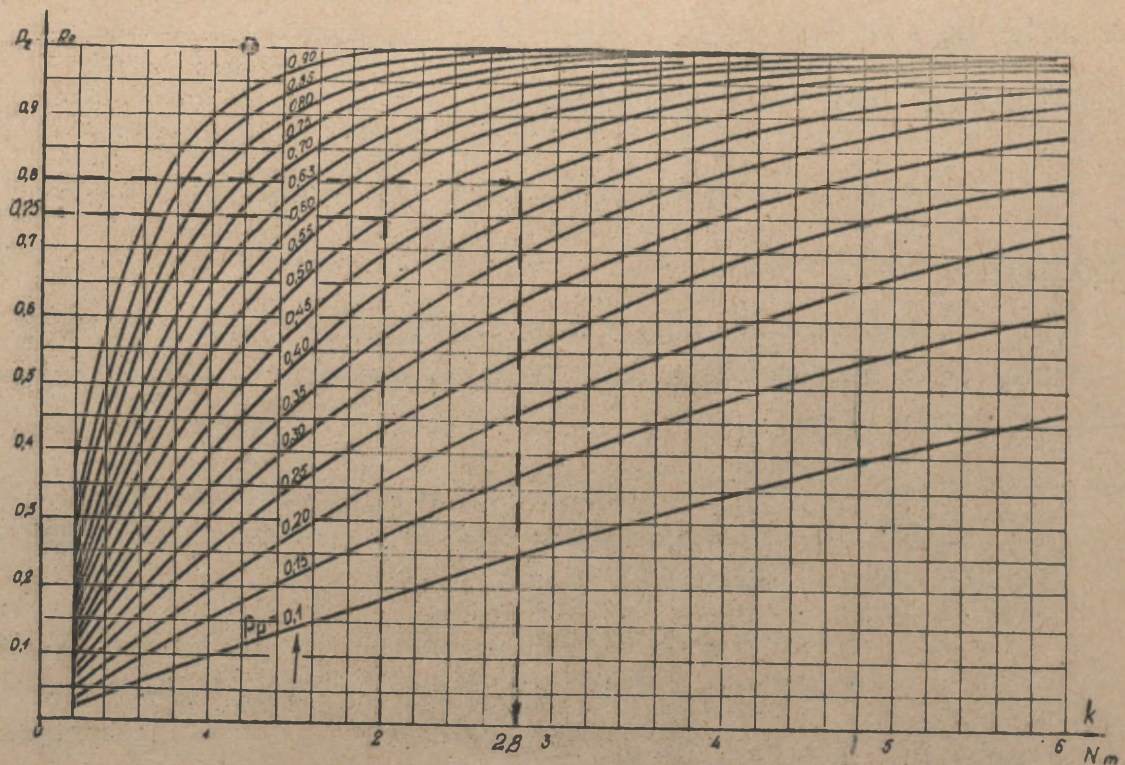
/51/

gdzie:

- Nm - potrzebna ilość s-tów myśliwskich do przechwycenia pojedynczego środka;
- Rg - gwarantowane /nakazane/ prawdopodobieństwo przechwycenia jednego środka napadu powietrznego;
- Pp - prawdopodobieństwo przechwycenia jednego środka przez jeden samolot myśliwski.

Dla ułatwienia obliczeń na podstawie wzoru 51 można wykonać wykres /wykres nr 13 rys. 25/. Przy pomocy tego wykresu w bardzo krótkim czasie i z dość wysoką dokładnością można określić potrzebną ilość samolotów myśliwskich do przechwycenia pojedynczego środka napadu Nm lub też wykonując operację w kierunku odwrotnym określić prawdopodobieństwo sumaryczne przechwycenia pojedynczego środka przez dowolną ilość samolotów myśliwskich  $P_{\Sigma}$ . Kolejność posługiwania się wykresem pokazana jest strzałkami.

Wykres nr 13



Rys. 25

Przykład:

Określić przy pomocy wykresu potrzebną ilość samolotów myśliwskich Mig-21pf do zniszczenia samolotu B-58, jeżeli prawdopodobieństwo przechwycenia go przez pojedynczy Mig-21pf wynosi 0,45, a prawdopodobieństwo nakazane  $R_g = 0,8$ .

Rozwiązanie przy pomocy wykresu nr 13

$$R_g = 0,8 \longrightarrow P_p = 0,45 \longrightarrow N_m = 2,8 \text{ s-tów Mig-21 pf.}$$

Odpowiedź:

Na przechwycenie jednego samolotu B-58 z prawdopodobieństwem gwarantowanym  $R_g = 0,8$  należy wysłać w założonych warunkach działań 3 samoloty Mig-21 pf.

Przykład:

Obliczyć sumaryczne prawdopodobieństwo przechwycenia  $P_\Sigma$  pojedynczego samolotu F-104 G przez parę samolotów Mig-21 pf, jeżeli wiadomo, że prawdopodobieństwo przechwycenia przez pojedynczy samolot Mig-21 pf w założonych warunkach prowadzenia działań  $P_p = 0,5$ .

Rozwiązanie przy pomocy wykresu nr 13

$$N_m = 2 \longrightarrow P_p = 0,5 \longrightarrow P_\Sigma = 0,75;$$

Odpowiedź:

Prawdopodobieństwo przechwycenia pojedynczego samolotu F-104 G przez parę samolotów Mig-21 pf w założonych w zadaniu warunkach wynosi  $P_\Sigma = 0,75$ .

b/ Określanie potrzebnej ilości samolotów myśliwskich do przechwycenia celu grupowego lub odparcia nalotu pojedynczych środków napadu względnie małych grup

Sposób określania potrzebnej ilości samolotów myśliwskich na zwalczanie celów grupowych lub odparcie nalotu większej ilości pojedynczych środków napadu oparty jest na wykorzystaniu wykresów, przedstawionych na rysunkach 26, 27 i 28. Wykresy te sporządzone na podstawie następujących wzorów:

- dla wariantu bez przenoszenia ognia na inny środek napadu:

$$R_m = \sum_{j=m}^{K_c} C_{K_c}^j P_{\Sigma}^j / 1 - P_{\Sigma} /^{K_c-j} ; \quad /52/$$

- dla wariantu z przenoszeniem ognia:

$$R_m = \sum_{i=m}^{nat} C_{nat}^i P_{pat}^i (1 - P_{pat})^{nat-i} ; \quad /53/$$

gdzie:

$P_{\Sigma}$  - prawdopodobieństwo przechwycenia jednego środka napadu wszystkimi wydzielonymi na jego zniszczenie samolotami myśliwskimi /przy wykonaniu wszystkich ataków/;

$P_{pat}$  - prawdopodobieństwo przechwycenia środka napadu przez samolot myśliwski w jednym ataku /przy odpaleniu jednej rakiety/;

$K_c$  - ilość zwalczanych przez III środków napadu powietrznego;

$m$  - ilość środków napadu spośród ogólnej liczby  $K_c$ , które należy zniszczyć;

$nat$  - ogólna potrzebna ilość ataków /odpaleń lub strzelań/;

$C_{K_c}^j$  oraz  $C_{nat}^i$  - ilość kombinacji odpowiednio od  $K_c$  do  $j$  i od  $nat$  do  $i$  dla ustalonych wartości  $R_m = 0,5$ ;  $0,8$  i  $0,95$ .

Wzory 52 i 53 nie mogą być wykorzystywane bezpośrednio do obliczenia potrzebnej ilości samolotów myśliwskich  $N_m$ , ponieważ nie wyrażają one w jawnej postaci tej wartości. Dlatego też pominięta została metoda ich wykorzystania. Wykonane na podstawie tych wzorów wykresy umożliwiają w krótkim czasie i z wystarczającym stopniem dokładności te kalkulacje wykonać.

Określenie potrzebnej ilości samolotów myśliwskich w wariantcie działań bez przenoszenia ognia związane jest koniecznością określenia  $P_{\Sigma}$ . W celu określenia wartości  $P_{\Sigma}$ , wprowadza

się pojęcie potrzebnej ilości samolotów myśliwskich do zniszczenia jednego środka napadu k.

Jeżeli każdy samolot myśliwski spośród ogólnej potrzebnej ilości sił przechwytuje pojedynczy środek napadu z prawdopodobieństwem  $P_p$ , to prawdopodobieństwo przechwycenia, tego środka k samolotami myśliwskimi oblicza się przy pomocy wzoru:

$$P_{\Sigma} = 1 - (1 - P_p)^k ; \quad /54/$$

W obliczeniach tych zakłada się warunek równomiernego podziału samolotów myśliwskich na każdy spośród grupy środków napadu. Ostateczną potrzebną ilość sił do zniszczenia m środków określa się przy pomocy wzoru:

$$N_m = k \cdot K_c ; \quad /55/$$

gdzie:

$$k = \frac{N_m}{K_c} ;$$

Obliczenie sumarycznego prawdopodobieństwa łatwiej i szybciej wykonuje się nie przy pomocy wzoru nr 54, lecz przy pomocy wykresu nr 13.

Określanie potrzebnej ilości samolotów w wariancie działań z przenoszeniem ognia na inny środek wykonuje się przy pomocy jednego z wykresów, przedstawionych na rysunkach 26, 27 lub 28.

Przy czym na wykresie określa się tylko potrzebną ilość ataków Nat. Potrzebną ilość samolotów myśliwskich określa iloraz ilości potrzebnych ataków na możliwą ilość ataków jaką może wykonać pojedynczy samolot myśliwski. W celu określenia potrzebnej ilości samolotów myśliwskich do przechwycenia nakazanej ilości środków napadu m należy dysponować następującymi wyjściowymi danymi:

1/ przy wariancie działań bez przenoszenia ognia:

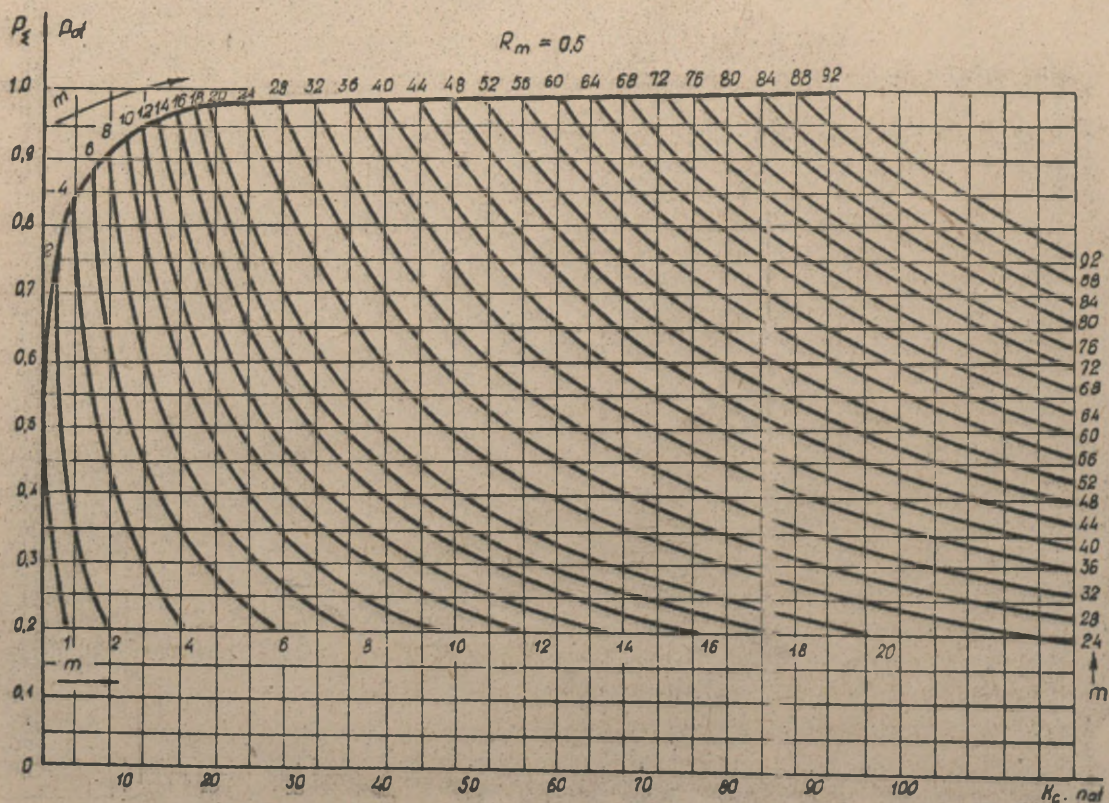
- ogólną ilość środków napadu w grupie  $K_c$ ;

*5 km / 2400  
Pp = 0,45  
Rg = 0,8*

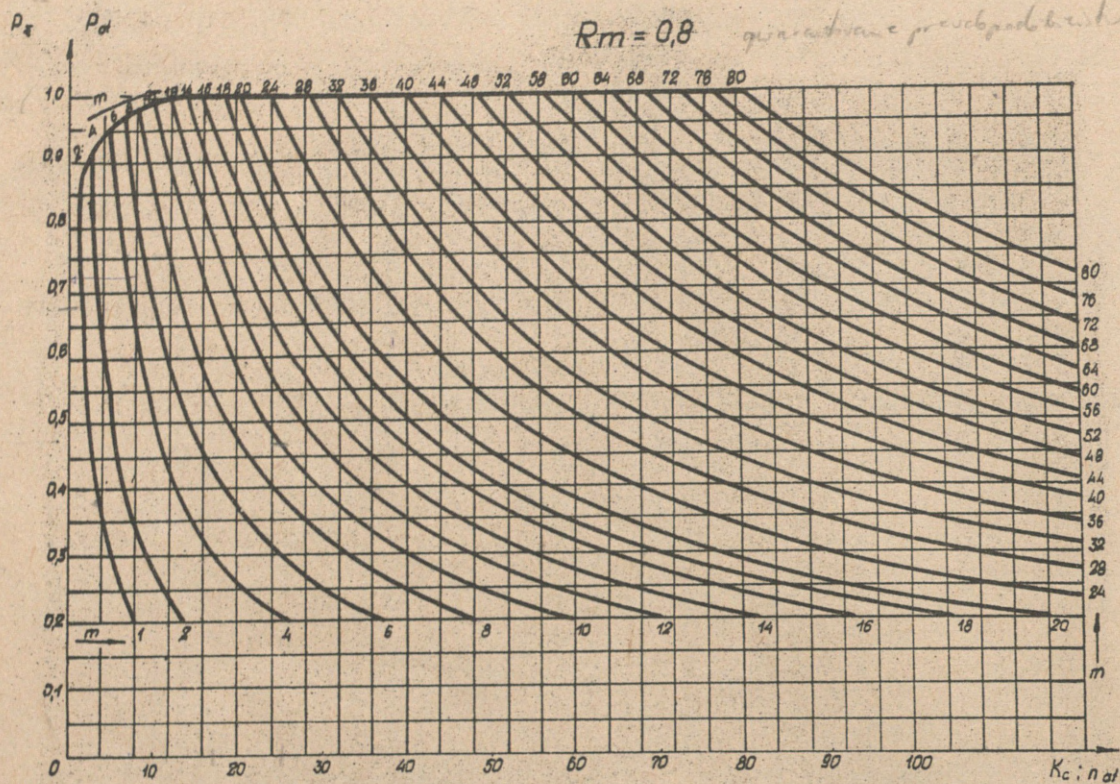
*B-52*

- ilość środków napędu jaką należy zniszczyć, ażeby przeciwnik nie był w stanie wykonać swojego zadania -  $m$ ;
  - prawdopodobieństwo przechwycenia pojedynczego środka napędu przez jeden samolot myśliwski przy wykonaniu wszystkich ataków /strzelań/ -  $P_p$ ;
  - prawdopodobieństwo gwarantowane /nakazane/ wykonania zadania przez LM -  $R_m$ ;
- 2/ przy wariancie działań z możliwością przenoszenia ognia na inny środek napędu:
- ogólna ilość środków napędu w grupie -  $K_c$ ;
  - ilość środków napędu, jaką należy zniszczyć, ażeby przeciwnik nie był w stanie wykonać swojego zadania -  $m$ ;
  - ilość przewidywanych ataków dla każdego samolotu myśliwskiego -  $N_{at}$ ;
  - prawdopodobieństwo przechwycenia pojedynczego środka napędu w jednym ataku -  $P_{pat}$ .

Wykres nr 14

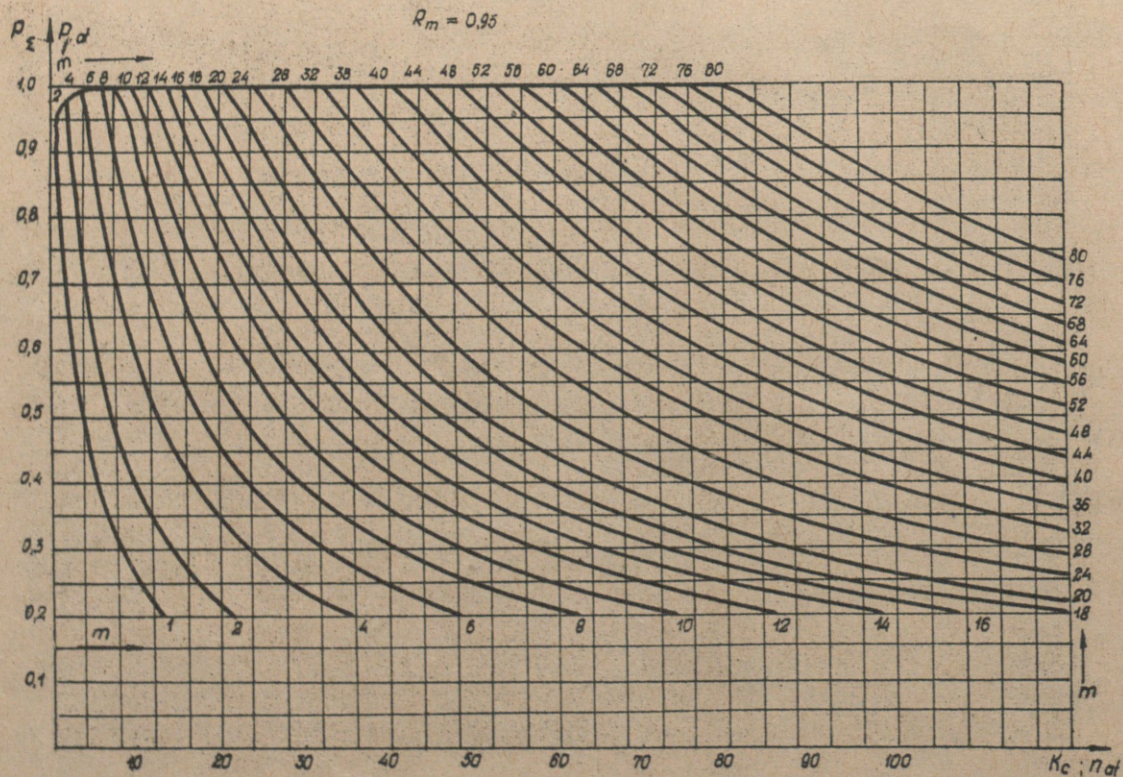


Rys. 26



Rys.27.

Wykres nr 16



Rys.28.

Przykład:

Cel grupowy w składzie 16 F-104G wykonuje nalot na małej wysokości w luźnym ugrupowaniu bojowym. Zadanie bojowe oddziału III polega na zniszczeniu przynajmniej 8 samolotów F-104 spośród 16. Prawdopodobieństwo przechwycenia pojedynczego środka w tych warunkach przez samolot myśliwski typu Mig-21 pf wynosi  $P_p = 0,45$ , a prawdopodobieństwo nakazane  $R_m = 0,8$ .

Rozwiązanie

- 1/ Określić wariant prowadzenia ognia: ponieważ cel wykonuje nalot na małej wysokości i w luźnym ugrupowaniu bojowym należy przyjąć wariant - bez przenoszenia ognia na inny środek.
- 2/ Określić potrzebne sumaryczne prawdopodobieństwo przechwycenia każdego pojedynczego środka napadu  $P_\Sigma$  z ogólnej ilości  $K_c = 16$ , aby zapewnić zniszczenie nie mniej niż  $m = 8$  F-104 G z prawdopodobieństwem nakazanym  $R_m = 0,8$ . Do obliczeń wykorzystać wykres przedstawiony na rys.nr 27 dla  $R_m = 0,8$ . Kolejność posługiwania się wykresem jest następująca:

$$K_c = 16 \rightarrow m = 8 \rightarrow P_\Sigma = 0,58$$

- 3/ Według znanego sumarycznego prawdopodobieństwa  $P_\Sigma = 0,58$  oraz prawdopodobieństwa przechwycenia przez jeden samolot Mig-21 pf pojedynczego samolotu F-104 G określić na wykresie nr 13 potrzebną ilość samolotów Mig-21 pf do zwalczania pojedynczego samolotu F-104 G - "k". Kolejność posługiwania się wykresem jest następująca:

$$P_\Sigma = 0,58 \rightarrow P_p = 0,45 \rightarrow k = 1,5$$

- 4/ Obliczyć przy pomocy wzoru nr 55 potrzebną ilość samolotów myśliwskich Mig-21 pf

$$N_m = k \cdot K_c = 1,5 \cdot 16 = 24 \text{ samoloty Mig-21 pf.}$$

Odpowiedź:

Na zniszczenie 8 samolotów F-104 G lecących w ogólnym ugrupowaniu 16 samolotów należy wysłać 24 samoloty myśliwskie Mig-21 pf.

Przykład:

Obliczyć potrzebną ilość samolotów myśliwskich do odparcia nalotu małych grup środków napadu. Ogólnie w nalocie bierze udział 80 środków napadu. 40 z nich zwalczą raketowa i lufo- wa artyleria plot. Lotnictwo myśliwskie ma zadanie zniszczyć przynajmniej 24 środki spośród pozostałych 40. Cele powietrzne na kierunku działania III wykonują nalot na średnich i dużych wysokościach. Średnie prawdopodobieństwo przechwycenia każdego środka napadu w jednym ataku  $P_{pat} = 0,35$ . Każdy samolot myśliwski może wykonać 2 ataki.

Prawdopodobieństwo nakazane  $R_m = 0,5$ .

Rozwiązanie:

- 1/ Wariant z przenoszeniem ognia /cele grupowe na średniej i dużej wysokości/;
- 2/ Określić według wykresu nr 14, przedstawianego na rys.26 potrzebną ilość ataków na podstawie wiadomych:  $P_{pat} = 0,35$ ;  $m = 24$ . Kolejność posługiwania się wykresem jest następująca.

$$P_{pat} = 0,35 \longrightarrow m = 24 \longrightarrow Nat = 70 \text{ ataków}$$

- 3/ Stąd potrzebna ilość samolotów myśliwskich do wykonania zadania w założonych warunkach wynosi:

$$n_m = \frac{Nat}{2} = \frac{70}{2} = 35 \text{ samolotów}$$

Odpowiedź:

Na wykonanie wymienionego zadania, tj. zniszczenie 24 środków napadu należy wysłać 35 własnych samolotów myśliwskich. Przy czym rezultat ten może być osiągnięty, jeżeli każdy samolot myśliwski będzie wykonywał dwa ataki /do jednego środka, jeżeli nie został on zniszczony w pierwszym ataku i kolejno do dwóch środków, jeżeli pierwszy środek został zniszczony w pierwszym ataku/.

## 2. Potrzebna ilość lotnictwa myśliwskiego w poszczególnych stopniach gotowości bojowej w zależności od intensywności działań

Wskaźnik, określający potrzebną ilość sił /samolotów myśliwskich/ w poszczególnych stopniach gotowości bojowej oraz w strefach dyżurowania w powietrzu, jest jednym z ważniejszych wskaźników. Prawidłowe obliczenie jego wartości daje rozwiązanie jednego z podstawowych elementów decyzji: ile sił utrzymywać jednocześnie w strefach dyżurowania oraz poszczególnych stopniach gotowości bojowej w różnych okresach działań. Oblicza się go najczęściej w związkach taktycznych i operacyjno-taktycznych. Wartość tego wskaźnika uzależniona jest głównie od możliwej intensywności działań lotnictwa myśliwskiego. Intensywność działań bojowych lotnictwa myśliwskiego zależy z kolei od intensywności działań nieprzyjaciela powietrznego.

Działania bojowe IM powinny być tak zaplanowane i zorganizowane ażeby zapewniały osiągnięcie maksymalnego rezultatu działań, w nakazanym miejscu /na rubieżach nakazanych/ i w minimalnie krótkim czasie /czas ten nie powinien być dłuższy od czasu przebywania środków napadu powietrznego w strefie oddziaływania bojowego IM/. Rezultat taki osiąga się poprzez wprowadzenie do walki maksymalnej ilości IM, a przy nalotach zmasowanych, obowiązkowo, wszystkich zdolnych do lotu samolotów myśliwskich. Zapewnienie takiej działalności IM jest możliwe przy prawidłowym rozplanowaniu rozchodu wysiłku dobowego tego lotnictwa.

Wiadomo jest, że podstawową zasadą użycia środków napadu powietrznego przez nieprzyjaciela na rejon nasycony dużą ilością środków obrony powietrznej jest masowe ich użycie. A więc, duża ich ilość w stosunkowo krótkim czasie, w ograniczonym rejonie.

Kierując się tą zasadą można dojść do wniosku, że rozplanowanie wysiłku lotnictwa myśliwskiego równomiernie na dzień lub noc działań jest niesłuszne. Tak rozplanowane natężenie działań jest w pewnych okresach działań zbyt duże, w innych znowu zbyt małe /w okresie intensywnych nalotów/.

Taka organizacja działań nie zapewnia racjonalnego i skutecznego wykorzystania możliwości oddziałów i związków LM. Plan rozchodu sił LM na dobę powinien uwzględnić jedno lub dwukrotne i jednoczesne użycie wszystkich sprawnych do lotu samolotów myśliwskich oddziału lub związku w możliwie krótkim czasie na rubieżach nakazanych lub w całej strefie oddziaływania bojowego LM.

W sytuacji, gdy LM nie może być wprowadzone do walki na rubieży potrzebnej z położenia dyżurowania na lotnisku, wprowadza się je z położenia dyżurowania w powietrzu.

Jednocześnie w strefach /strefie/ dyżurowania powinna się znajdować taka ilość samolotów myśliwskich, która w całości współdziałaniu z naziemnymi środkami OP będzie w stanie skutecznie odpiierać nalot nieprzyjaciela do momentu wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich startujących z gotowości nr 1.

W przybliżeniu potrzebną ilość sił LM, jaka powinna się znajdować jednocześnie w strefach /strefie/ dyżurowania można określić przy pomocy następujących wzorów:

a/ w wypadku, gdy  $\lambda_m < \lambda_c$ :

$$N_{mp} = [T_{nal} / \lambda_c - \lambda_m / + \lambda_c / t_m - t_c / ] \text{ Km}; \quad /56/$$

b/ w przypadku, gdy  $\lambda_m \geq \lambda_c$

$$N_{mp} = \lambda_c / t_m - t_c / \text{ Km}; \quad /57/$$

gdzie:

$N_{mp}$  - potrzebna ilość samolotów myśliwskich w strefach dyżurowania;

$T_{nal}$  - ogólny oczekiwany czas trwania nalotu w min;

$\lambda_c$  - oczekiwana intensywność nalotu nieprzyjaciela /środków napadu powietrznego w ciągu minuty/;

$\lambda_m$  - możliwa intensywność wprowadzenia do walki LM /samolotów w ciągu 1 minuty/;

$t_m$  - czas wprowadzenia samolotu myśliwskiego do walki na potrzebnej rubieży, liczony od momentu wykrycia celu powietrznego przez naziemne radiolokacyjne stacje;

$t_c$  - czas lotu celu powietrznego od momentu wykrycia go przez naziemne RLS do momentu znalezienia się na PRW;  
 $K_m$  - planowana ilość samolotów myśliwskich na przechwycenie jednego środka napadu powietrznego nieprzyjaciela.

Analogicznie można określić także potrzebną ilość samolotów myśliwskich do dyżurowania na lotniskach w poszczególnych stopniach gotowości bojowej. Obliczenia te wykonuje się przy pomocy następujących przybliżonych wzorów:

$$N_{m1} = \lambda_c / t_2 - t_1 / K_m; \quad /58/$$

$$N_{m2} = \lambda_c / t_3 - t_2 / K_m; \quad /59/$$

gdzie:

$N_{m1}$  i  $N_{m2}$  - ilość samolotów myśliwskich, odpowiednio w gotowości nr 1 i 2;

$t_1, t_2, t_3$  - czas startu samolotu myśliwskiego, odpowiednio w gotowości nr 1, 2 i 3.

Tego rodzaju kalkulacje wykonuje się z zasady na szczeblu związku taktycznego IM. Na szczeblu oddziału tylko w przypadkach samodzielnych działań. W oddziale IM obliczenia takie można wykonywać w celu znalezienia odpowiedniego ilościowego stosunku samolotów myśliwskich dyżurujących w gotowości nr 1 do ilości samolotów, jaka powinna dyżurować w gotowości nr 2. We wszystkich przypadkach w gotowości nr 1 powinno znajdować się tyle samolotów, ile może wystartować przy założonej /potrzebnej/ intensywności działań zanim samoloty znajdujące się w gotowości nr 2 nie osiągną gotowości do startu. Na analogicznej podstawie oblicza się także potrzebną ilość samolotów myśliwskich w gotowości nr 2. Różnica polega na tym, że zamiast czasu startu z gotowości nr 1 " $t_1$ " podstawia się czas startu z gotowości nr 2 " $t_2$ ", a w miejsce czasu startu " $t_2$ " podstawia się czas " $t_3$ ".

Przykład:

Związek taktyczny IM w składzie trzech oddziałów myśliwskich we współdziałaniu z przeciwlotniczą artylerią raketową

osłania z powietrza wojska lądowe i obiekty w pewnym rejonie. Z oceny nieprzyjaciela powietrznego wynika, że może on użyć jednocześnie w jednym nalocie około 120 środków napadu powietrznego /SNP/ w czasie,  $T_{\text{nal}} = 1$  godz. Ugrupowana na kierunku nalotu artyleria raketowa zapewnia zwalczanie środków napadu z intensywnością 1 SNP/minutę.

Lotnictwo myśliwskie, zgodnie z planem działań bojowych wprowadzane będzie do walki na jednej rubieży. Średni czas lotu środka napadu od rubieży wykrycia przez naziemne radiolokacyjne stacje do rubieży wprowadzenia do walki lotnictwa myśliwskiego,  $t_c = 8$  min. Czas wejścia do walki samolotu myśliwskiego z położenia dyżurowania na lotnisku w got. nr 1, na rubieży nakazanej,  $t_m = 12$  min. Czasy startu samolotów myśliwskich z poszczególnych gotowości  $t_1 = 4$  min;  $t_2 = 15$  min;  $t_3 = 35$  min. Możliwa intensywność działań IM,

$\lambda_m = 2$  samoloty myśliwskie na minutę. Z oceny skuteczności bojowej wiadomo, że do osiągnięcia nakazanego rezultatu działań bojowych należy na jeden środek napadu wysłać dwa własne samoloty,  $K_m = 2$ . Określić potrzebną ilość samolotów myśliwskich w poszczególnych stopniach gotowości bojowej dla całego związku taktycznego.

#### Rozwiązanie:

1. Określić, czy dyżurowanie w powietrzu jest konieczne, tj. czy  $t_c < t_m$

$$t_c = 8 < t_m = 12;$$

Wniosek: dyżurowanie w powietrzu jest konieczne.

2. Określić potrzebną ilość samolotów myśliwskich do jednoczesnego dyżurowania w powietrzu przy pomocy wzoru nr 57, gdyż  $\lambda_m = 2 > \lambda_c = 1$  /należy uwzględnić intensywność zwalczania SNP przez przeciwlotniczą artylerię raketową/.

$$N_{\text{mp}} = 1/12 - 8/2 = 8 \text{ samolotów myśliwskich}$$

3. Określić potrzebną ilość samolotów myśliwskich do dyżurowania na lotniskach w gotowości nr 1 wg wzoru 58.

$$N_{\text{ml}} = 1/15 - 4/ \cdot 2 = 22 \text{ samoloty myśliwskie.}$$

4. Określić potrzebną ilość samolotów myśliwskich w gotowości nr 2 wg wzoru nr 59.

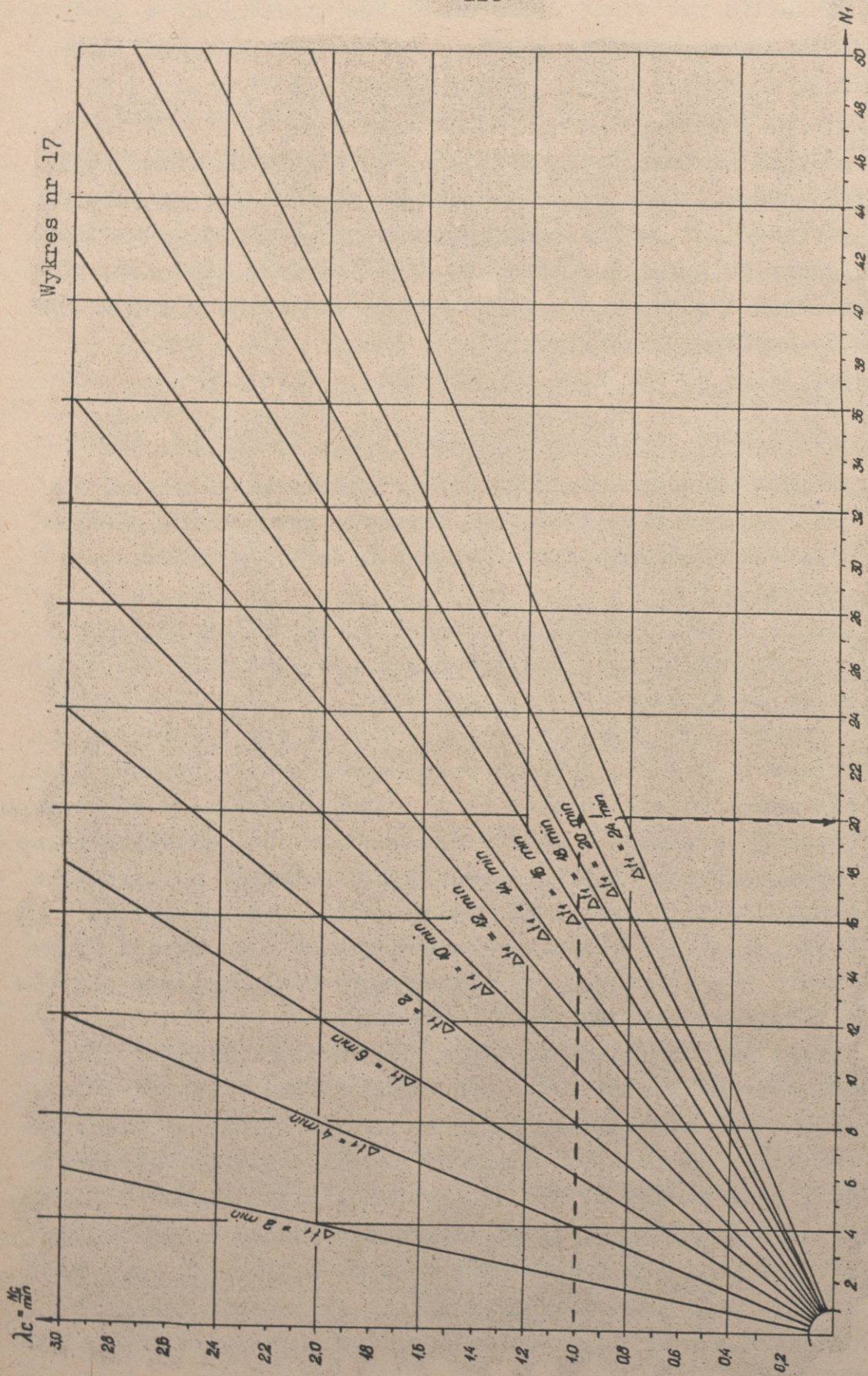
$$N_{m2} = 1 / 35 - 15 / 2 = 40 \text{ samoloty myśliwskie.}$$

Pozostałe samoloty na lotniskach, z wyjątkiem odtwarzających gotowość bojową i niesprawnych powinna się znajdować w gotowości nr 3. Takie usytuowanie sił związku taktycznego zapewnia mu wprowadzenie do walki na rubieży nakazanej parę samolotów myśliwskich w ciągu każdej minuty na przeznaczony IM do zwalczania SNP.

Zastrzeżenia:

- jeżeli suma samolotów myśliwskich  $N_{mp} + N_{m1} + N_{m2}$  przekracza 60-70% wszystkich sprawnych do działań samolotów to działania w ciągu dłuższego okresu czasu niż 1-2 godz. są niemożliwe. W takich przypadkach należy przyjąć mniejsze natężenie " $\lambda_c$ ";
- zmiana ilości samolotów w jakimkolwiek położeniu pociąga za sobą konieczność bezzwłocznego przechodzenia sił z niższego do wyższego stopnia gotowości /w czasie ustalonym normami/, np. jeżeli para samolotów ze strefy dyżurowania otrzymała komendę lotu na przechwycenie celu powietrznego, wówczas para z gotowości nr 1 powinna bezzwłocznie otrzymać komendę na start do strefy dyżurowania. Następna para samolotów z gotowości nr 2 przechodzi w gotowość nr 1, a para samolotów z gotowości nr 3 przechodzi do gotowości 2. Spełnienie tego warunku wymaga sprawnej organizacji dowodzenia IM, a szczególnie terminowego powiadamiania pilotów o zajmowaniu gotowości bojowej;
- jeżeli na uzbrojeniu znajdują się dwa lub więcej typów samolotów myśliwskich, których czasy startu z poszczególnych stopni gotowości bojowej różnią się od siebie w sposób zasadniczy, wówczas intensywność dzieli się proporcjonalnie do ilości samolotów myśliwskich. Np. przypuszczalna intensywność  $\lambda_c = 3$  SNP/min. na uzbrojeniu znajduje się 50% samolotów typu x i 50% samolotów typu y. W tym przypadku dla każdego typu samolotów myśliwskich obliczenia wykonuje się oddzielnie przyjmując do każdego wariantu obliczeń  $\lambda_c = 1,5$  SNP/min.

Podczas wykonania tego rodzaju obliczeń można się posłużyć wykresem, przedstawionym na rys. 29.



Rys.29

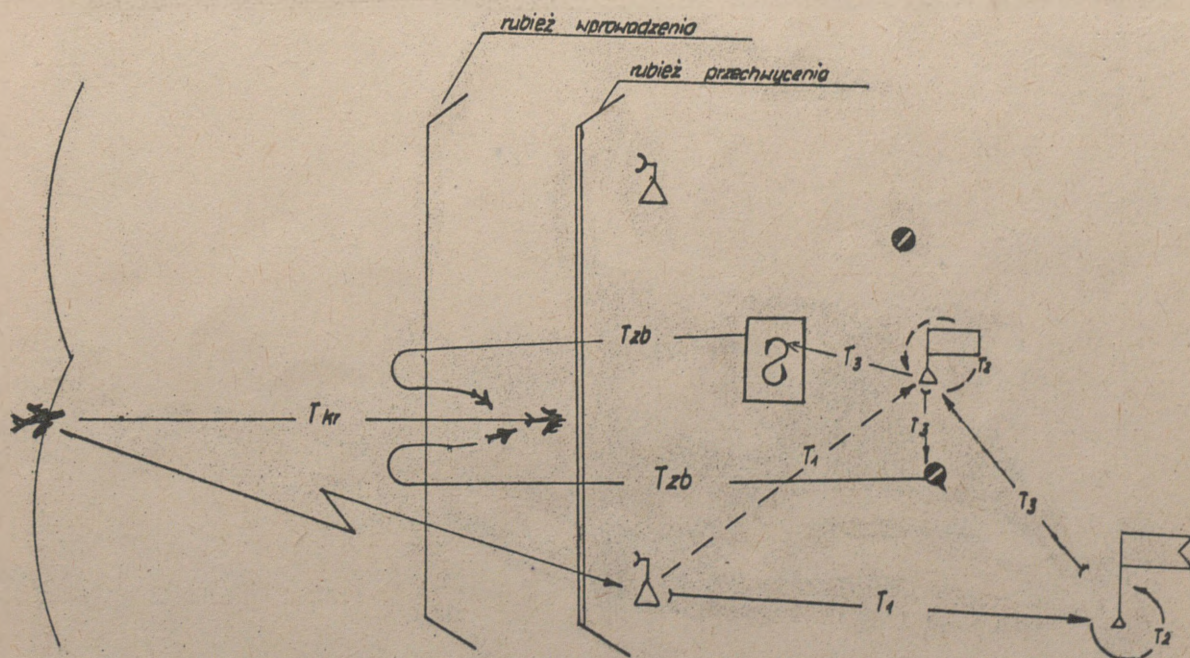
Wykres ten został wykonany na podstawie wzorów 57, 58 i 59. Na osi pionowej przedstawiona jest intensywność nalotu,  $\lambda_c$ . Na osi poziomej parametr  $N_1$  /ilość przechwytywanych przez LM środków napadu powietrznego za czas  $\Delta t_1$ . Linie proste nachylenie charakteryzują różnice czasów:  $t_m - t_c$  lub  $t_2 - t_1$  względnie  $t_3 - t_2$ .

W celu określenia potrzebnej ilości samolotów myśliwskich w strefach dyżurowania i w poszczególnych stopniach gotowości bojowej lub też odpowiedniego stosunku sił w poszczególnych stopniach gotowości bojowej należy wynik odczytany na osi poziomej pomnożyć przez " $K_m$ ", tj:  $N_m = N_1 \cdot K_m$ . Linie przerywane na wykresie pokazują kolejność posługiwania się nim podczas rozwiązywania przykładowo przytoczonego zadania.

### 3. Praktyczne wykorzystanie niektórych wartości wskaźników czasowych do analizy operatywności dowodzenia

W praktycznej działalności bojowej oddziałów i związków lotnictwa myśliwskiego wartości wskaźników czasowych wykorzystuje się do analizy operatywności systemu dowodzenia. Kalkulacje tego rodzaju przeprowadza się w okresie organizacji działań bojowych.

Rysunek nr 30 przedstawia schematycznie podstawowe elementy systemu obrony powietrznej, ich wzajemną zależność oraz drogę informacji wyrażoną w czasie.



Rys. 30

Ogólnie rzecz biorąc, system obrony powietrznej składa się z szeregu stanowisk dowodzenia i punktów naprowadzania LM, aktywnych środków walki /samoloty myśliwskie, rakiety i lufowa artyleria OP/ oraz środków i kanałów łączności, które łączą te ogniwa w jednolity system. Tymi kanałami łączności w jednym kierunku postępują meldunki ze źródeł informacji, w drugim kierunku - rozkazy i zarządzenia bojowe. Aby zbadać jak operatywny jest system dowodzenia należy porównać czas jaki potrzebny jest na wykonanie zadania bojowego z czasem ztraconym na całokształt czynności związanych z dowodzeniem. Dla przykładu rozpatrzony zostanie prosty przykład, związany z procesem zwalczania przez lotnictwo celów powietrznych. Proces dowodzenia w tym przypadku rozpocznie się od momentu wykrycia celu powietrznego i zakończy się z chwilą przekazania rozkazu lub komendy lotu na przechwycenie do dyżurujących w powietrzu względnie na lotnisku samolotów myśliwskich. W celu ułatwienia analizy czas ten można podzielić na następujące okresy:

- czas od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu przekazania i zobrazowania informacji o nim na kompetentne do decydowania o użyciu LM SD  $/T_1/$ ;
- czas wypracowania decyzji oraz jej sprecyzowanie na SD przez dowódcę lub maszynę liczącą  $/T_2/$ ;
- czas potrzebny na przekazanie komendy lub rozkazu do bezpośrednich wykonawców  $/T_3/$ ;

Ogólnie czas ten nosi nazwę cyklu dowodzenia  $/T_{cd}/$ , a jego sumaryczna wartość równa się:  $T_{cd} = T_1 + T_2 + T_3$ ;

Ponadto do analizy operatywności dowodzenia niezbędne są jeszcze dwa wskaźniki czasowe:

- czas realizacji postawionego zadania  $/T_{zb}/$ . Czas ten liczony jest od momentu otrzymania zadania bojowego /komendy lotu na przechwycenie/ przez samoloty myśliwskie do momentu przechwycenia celu na rubieży nakazanej;
- czas krytyczny  $/T_{kr}/$ , liczony od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu znalezienia się go na nakazanej rubieży przechwycenia.

Głównym kryterium podczas badania i oceny operatywności dowodzenia LM jest czas krytyczny. Jeżeli przed upływem tego

czasu LM nie wykona swego zadania /nie zniszczy całkowicie lub częściowo celu/ to cel powietrzny może zniszczyć broni-  
ne przez LM obiekty.

Wartości czasu krytycznego  $/T_{kr}/$  oraz czasu realizacji zadania bojowego  $/T_{zb}/$  są ściśle związane z konkretnymi warunkami prowadzenia działań bojowych, a ich wielkości mogą być różne. Czas krytyczny zależy od głębokości radiolokacyjnej informacji oraz od prędkości lotu celu, natomiast czas realizacji zadania bojowego od odległości rubieży wprowadzenia do walki LM w stosunku do miejsca znajdowania się samolotów myśliwskich, a także od ich stopnia gotowości bojowej i danych taktyczno-technicznych  $/V_m, V_y,$  czasu wykonania ataku/.

Mianem operatywnego dowodzenia nazywa się takie dowodzenie, przy którym suma czasu zatraconego na cykl dowodzenia  $/T_{cd}/$  i czasu niezbędnego samolotom myśliwskim na wykonanie zadania w powietrzu  $/T_{zb}/$  jest mniejszą od czasu krytycznego  $/T_{kr}/$ , tj. powinien być spełniony następujący warunek:

$$/T_{cd} + T_{zb}/ < T_{kr} ;$$

inaczej ten warunek, tj. warunek operatywności dowodzenia można zapisać:

$$T_{cd} < /T_{kr} - T_{zb}/ ;$$

#### Przykład:

Lotnictwo myśliwskie broni rejonu, przechwytyjąc cele powietrzne na rubieży nakazanej. Czas krytyczny  $/T_{kr}/$  od rubieży wykrycia celu do chwili znalezienia się go na rubieży przechwycenia wynosi 12 min. Dowodzenie może się odbywać z SD związku lub SD oddziału LM. Czas trwania cyklu dowodzenia z poszczególnych szczebli  $T_1, T_2$  i  $T_3$  przekazany jest w tabeli nr 4 w rubrykach 5,6 i 7. Lotnictwo myśliwskie cele powietrzne może zwalczać z położenia dyżurowania na lotnisku oraz ze stref dyżurowania w powietrzu.

Tabela nr 4

Warianty dowodz.	Sposoby działań bojowych IM	$T_{kr}$ /min/	$T_{zb}$ /min/	Czas trwania cyklu dowodzenia				Dysponowany czas na dowodz. $T_{kr} - T_{zb}$	Wnioski
				$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_{zd}$		
I dowodzenie scentralizowane	z dyżurowania na lotnisku	12	8	3	1	2	6	4	dowodzenie nie operatywne /opóźnienie 2 min/
II dowodzenie zdecentralizowane	z dyżurowania na lotnisku	12	8	1	1	1	3	4	dowodzenie operatywne /nadwyżka + 1 min/
III dowodzenie scentralizowane	z położenia dyżurowania w powietrzu	12	5	3	1	2	6	7	dowodzenie operatywne /nadwyżka + 1 min/
IV dowodzenie zdecentralizowane	z położenia dyżurowania w powietrzu	12	5	1	1	1	3	7	dowodzenie operatywne /nadwyżka + 4 min/

Czas wykonania zadania przez LM / $T_{zb}$ / od momentu jego otrzymania do chwili przechwycenia celu powietrznego w zależności od sposobu działań bojowych wykazany jest w rubryce nr 4. Ocenie operatywność dowodzenia lotnictwem myśliwskim podczas zwalczania celów powietrznych dla wykazanych w rubryce nr 1 czterech wariantów dowodzenia.

Z zestawionych w tablicy przykładów wartości poszczególnych czasów wynika, że II, III i IV warianty dowodzenia spełniają warunek operatywności dowodzenia. Natomiast I wariant dowodzenia tego warunku nie spełnia z powodu zbyt dużej straty czasu na cykl dowodzenia /6 min/. Strata tego czasu pozbawia możliwości gotowe do działań na lotnisku samoloty myśliwskie przechwycenia celu powietrznego na nakazanej rubieży /komenda na ~~strefie~~ podana będzie z dwuminutowym opóźnieniem/. Operatywność dowodzenia w tym wariantcie można uzyskać poprzez:

- skrócenie czasu cyklu dowodzenia z 6 minut do co najmniej 4 min, a szczególnie jego składowych  $T_1$  i  $T_2$ ;
- wydłużenie radiolokacyjnego pola, tj. zwiększenie odległości rubieży wykrycia w stosunku do rubieży przechwycenia, a tym samym zwiększenie  $T_{kr}$ ;
- przybliżenie miejsca znajdowania się samolotów myśliwskich do rubieży przechwycenia /lotnisk, stref dyżurowania w powietrzu/, co pozwoli zmniejszyć czas realizacji zadania / $T_{zb}$ /.

Jeżeli zastosowanie któregoś z wymienionych przedsięwzięć nie zapewnia mimo wszystko operatywności dowodzenia, tj. czas cyklu dowodzenia jest większy od różnicy czasu krytycznego i czasu realizacji zadania bojowego:

$$T_{zd} > /T_{kr} - T_{zb}/ ;$$

wówczas należy dążyć do tego, aby na każdym z tych przedsięwzięć uzyskać choćby małą, ale rezerwę czasu.

Przytoczony przykład operatywności dowodzenia jest jednym z uproszczonych wariantów tego rodzaju kalkulacji wskaźników czasowych. W praktyce prowadzenia i organizacji działań bojowych jednostek lotniczych wariantów dowodzenia może być

znacznie więcej, ale metoda rozwiązania tego problemu powinna być zbliżona do wyżej opisanej.

Uogólniając powyższe należy podkreślić raz jeszcze, że jeżeli warunek operatywności dowodzenia  $T_{zd} < /T_{kr} - T_{zb}/$  nie zostanie spełniony, to w rezultacie gotowe do działań bojowych samoloty myśliwskie mogą być częściowo, a niekiedy zupełnie nie wykorzystane do zwalczania celów powietrznych przed ich dolotem do bronionych obiektów. Poprawnie zorganizowane dowodzenie powinno zabierać minimum czasu krytycznego na przekazywanie i przetwarzanie informacji, a także przekazywanie rozkazów, sygnałów i komend do bezpośrednich wykonawców oraz zostawiać go możliwie najwięcej wykonawcom.

We współczesnych działaniach bojowych LM, szczególnie na kierunkach nadmorskich, przygranicznych lub w systemie osłony wojsk czas jest bardzo ważnym kryterium. Dlatego też, szczegółowa analiza jego rozchodu jest niezbędną czynnością sztabów lotniczych wszystkich szczebli. W przypadku wykrycia zbyt dużego rozchodu czasu w jakiegokolwiek czynności mającej wpływ na operatywność dowodzenia należy stosować wszystkie możliwe przedsięwzięcia organizacyjne ażeby dowodzeniu zapewnić operatywność.

#### 4. Podział celów powietrznych

Pod pojęciem podziału celów należy rozumieć przydzielenie każdemu przeznaczonemu do działań bojowych aktywnemu środkowi OP określonego środka napadu powietrznego.

Jeżeli zadanie systemu OP, rozporządzającego kilkoma rodzajami aktywnych środków OP polega na zniszczeniu określonej ilości środków napadu, to organizacja zwalczania tych środków powinna się rozpocząć od powzięcia decyzji przez dowódcę. Decyzja powinna zawierać element optymalnego podziału celów, tj. powinna zawierać odpowiedź jakimi środkami OP jakie zwalczać cele ażeby osiągnąć największy efekt.

Podczas rozwiązywania tego problemu może zaistnieć konieczność skierowania na jeden środek napadu nie jeden lecz kilka środków OP, a niektóre środki napadu mogą być w ogóle nie zwalczane.

Rozwiązanie zadania podziału celów jest typowym elementem taktycznej decyzji, związanym z najbardziej skutecznym wykorzystaniem gotowych do działań środków OP.

W chwili obecnej czynności tej /podziału celów/ dokonuje się z zasady na podstawie intuicji, posiadanego doświadczenia i oceny konkretnej sytuacji powietrznej. W warunkach współczesnej wojny przy stale zwiększających się prędkościach lotu środków napadu oraz dużej różnicy w skuteczności oddziaływania poszczególnych środków OP taki sposób traktowania tego problemu może być niewystarczający. Szczególnego znaczenia problem ten nabiera w procesie nauczania słuchaczy w ASG.

Z uwagi na bardzo ograniczony czas, w którym ten problem powinien być rozwiązywany, oraz dużą ilość wariantów obliczeń /przy dużej ilości środków napadu i środków OP/ niezbędne są do tego maszyny liczące.

Zadanie podziału celów pomiędzy poszczególne aktywne środki OP podczas procesów masowych /podczas nalotu dużej ilości celów na rejon mocno nasycony różnorodnymi środkami OP/ jest bardzo złożone. Podczas jego rozwiązywania należy uwzględnić cały szereg ciągle zmieniających się czynników takich na przykład jak: stopień gotowości, ilość i miejsce znajdowania się aktywnych środków OP oraz ich możliwości w zakresie skuteczności, zasięgu i czasu działania; niezawodności pracy i przepustowości systemu wykrywania, powiadamiania i naprowadzania systemu w odniesieniu do konkretnego nalotu; ważność poszczególnych kierunków nalotu i oddzielnych celów powietrznych; ogniowe przeciwdziałanie nieprzyjaciela systemowi OP i szereg innych wywierających wpływ na optymalny podział celów. Wszystkie te czynniki w większym lub mniejszym stopniu powinny być uwzględniane przy sporządzaniu algorytmów do rozwiązywania tego zadania. Zadanie podziału celów powinno być rozwiązywane w bardzo krótkim czasie. Ponieważ oprócz tej okoliczności w algorytmach występuje jeszcze ogromna ilość różnorodnych zmiennych czynników, zadania te powinny być rozwiązywane na elektronowych maszynach liczących.

W celu wyjaśnienia istoty zagadnienia /podziału celów/ rozpatrzonych zostanie kilka uproszczonych /z małą ilością

celów i środków OP/ sposobów rozwiązania tego zadania.

Podział celów według głównego wskaźnika skuteczności bojowej - średniego oczekiwanego rezultatu działań.

Zadanie sprecyzowane może być w następujący sposób:

Związek LM /oddział/ broniący rejonu o pewnych rozmiarach posiada  $n$  samolotów myśliwskich w gotowości do działań. Zadanie polega na przechwyceniu  $N$  środków napadu, które wchodzi w broniony rejon. Każdy samolot myśliwski ma możliwość zwalczania każdego środka napadu z różną skutecznością /różne typy samolotów myśliwskich i różne rodzaje celów powietrznych/. Prawdopodobieństwo przechwycenia każdego środka napadu dowolnym samolotem myśliwskim jest nakazane.

Należy znaleźć optymalny podział celów, tj. taki, który zapewni osiągnięcie maksymalne znacznie średniej oczekiwanej ilości przechwyconych środków napadu.

W rezultacie rozwiązania tego zadania każdy samolot myśliwski powinien mieć wyznaczony do przechwycenia środek napadu. Przy tym może zaistnieć taki przypadek, że jeden i ten sam środek napadu /cel/ może być zwalczany nie jednym lecz kilkoma samolotami myśliwskimi.

Prawdopodobieństwo przechwycenia  $i$ -tym samolotem myśliwskim  $j$ -tego środka napadu oznacza się symbolem  $P_{ij}$ . Poszczególne wartości prawdopodobieństwa przechwycenia dla różnych typów samolotów myśliwskich i różnych środków napadu może być przedstawione w formie tabeli. Podobne tabele przy rozwiązywaniu zadań podziału celów nazywa się macierzą skuteczności.

$$\| \| P_{ij} \| \| = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nN} \end{vmatrix} ;$$

W macierzy tej symbol  $P_{21}$  oznacza wartość prawdopodobieństwa przechwycenia środka napadu nr 1 przez samolot myśliwski nr 2. Numerację własnych samolotów i środków napadu można wykonać zawczasu i w dowolny sposób.

Przytoczone zadanie nosi nazwę zadania podziału celów  $n \times N$ . Ogólnie rzecz biorąc zniszczenia spowodowane przez środki napadu powietrznego w bronionym rejonie są proporcjonalne ilości przepuszczonych do osłanianych obiektów celów powietrznych. Zadanie obrony powietrznej w tym przypadku powinno polegać na tym ażeby te zniszczenia były minimalne. Dlatego też w takich przypadkach w charakterze głównego kryterium należy przyjmować średnią oczekiwaną ilość zniszczonych środków napadu powietrznego /sposób obliczania wartości tego wskaźnika opisany jest w drugim rozdziale niniejszego skryptu/. Należy przy tym dodać, że nie mały wpływ na wartość prawdopodobieństwa przechwycenia celu powietrznego  $P_{ij}$  wywiera także sposób podziału celów.

Założmy, że podziału celów dokonano, tj. każdy samolot myśliwski /grupa/ ma przydzielony odpowiedni cel powietrzny. Oznacza to, że ustalona jest zależność  $j/i/$ , numer celu powietrznego jednoznacznie przywiązany jest do numeru środka OP /nie odwrotnie, gdyż w rozpatrywanym przypadku jeden i ten sam cel może być zwalczany przez wiele środków OP/. Funkcja  $j/i/$  nosi nazwę funkcji podziału celów. Zadanie, polegające na odszukaniu funkcji podziału celów może być rozwiązane drogą bezpośredniego wyboru /na podstawie analizy zestawionej macierzy/.

W praktyce jednak, ilość możliwych kombinacji podziału  $n$  środków OP na  $N$  środków napadu może być bardzo duża. A prześledzenie wszystkich kombinacji oraz obliczenie dla każdej z nich średniej oczekiwanej wartości i ostateczny wybór zoptymalizowanego podziału celów, który odpowiada maksymalnemu znaczeniu oczekiwanej wartości jest procesem bardzo skomplikowanym. Rozwiązywanie tego rodzaju zadań wymaga zastosowania elektronicznych maszyn liczących.

Rozwiązując różne warianty ugrupowania środków OP w bronionym rejonie oraz różne warianty nalotu można już w okresie pokojowym dojść do wniosków właściwego /optymalnego/ ugrupowania środków OP jak i organizacji całego systemu. Zadanie podziału celów umożliwia także wykrycie potrzeb w zakresie budowy lub zakupu najbardziej odpowiednich środków OP.

W celu zilustrowania przytoczonych wyżej założeń teoretycznych rozpatrzmy uproszczone przykłady podziału celów.

Przykład 1

Zadanie podziału celów 2 x 2 przedstawia macierz nr 1 z wartościami prawdopodobieństwa przechwycenia dwóch środków napadu przez dwa różne typy samolotów myśliwskich.

Macierz nr 1

Typy s-tów myśliwskich	Numery środków napadu	
	1	2
1	0,6	0,4
2	0,4	0,1

Należy znaleźć optymalny wariant podziału celów.

Rozwiązanie:

Każdy wariant podziału celów zapisuje się w formie par kolumn. Lewa kolumna z każdej pary oznacza numer środka OP, prawa numer środka napadu. W danym przypadku są cztery możliwe warianty podziału celów.

I	II	III	IV
/1 1/	/ 1 1/	/1 2 /	/1 2 /
/2 1/	/ 2 2/	/2 2/	/2 1 /

Średnia oczekiwana wartość przechwyconych środków napadu wyniesie:

$$M_I = 0,6 + /1 - 0,6/ \cdot 0,4 = 0,74$$

$$M_{II} = 0,6 + 0,1 = 0,7$$

$$M_{III} = 0,4 + /1 - 0,4/ \cdot 0,1 = 0,46$$

$$M_{IV} = 0,4 + 0,4 = 0,8$$

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że najbardziej skuteczny jest czwarty wariant. W tym wariantcie samolot myśliwski nr 1 powinien zwalczać środek napadu nr 2, a nie jak się pozornie wydaje nr 1 /prawdopodobieństwo przechwycenia 0,6/, samolot myśliwski nr 2 powinien zwalczać środek napadu nr 1.

Przykład nr 2

Zadanie na podział celów 2 x 2 przedstawione jest w macierzy nr 2

Macierz nr 2

Typy s-tów myśliwskich	Numery środków napadu	
	1	2
1	0,4	0,1
2	0,6	0,2

Znaleźć optymalny podział celów.

Rozwiązanie:

Możliwe warianty podziału celów:

I	II	III	IV
/ 1 1 /	/ 1 1 /	/ 1 2 /	/ 1 2 /
/ 2 1 /	/ 2 2 /	/ 2 2 /	/ 2 1 /

Średnia oczekiwana wartość zniszczonych celów dla poszczególnych wariantów wyniesie:

$$M_I = 0,4 + /1 - 0,4/ \cdot 0,6 = 0,76$$

$$M_{II} = 0,4 + 0,2 = 0,6$$

$$M_{III} = 0,1 + /1 - 0,1/ \cdot 0,2 = 0,28$$

$$M_{IV} = 0,1 + 0,6 = 0,7$$

W tym przypadku optymalny jest I wariant tj. oba samoloty myśliwskie powinny być skierowane na zwalczanie środka napadu nr 1.

Zadanie podziału celów z uwzględnieniem ich ważności.

Podczas odpierania nalotów nieprzyjaciela, szczególnie w warunkach stosowania broni jądrowej oraz sytuacji, gdy w rejonie obrony znajdują się obiekty osłony o dużym znaczeniu, należy uwzględnić stopień zagrożenia jaki stwarzają poszczególne cele powietrzne. Uwzględnia się to poprzez przyporządkowywanie współczynników poszczególnym celom powietrznym. Współczynniki te noszą nazwę wagi celu.

Zwiększoną wagę /ponad jedność/ należy przyporządkowywać środkom napadu z bombami jądrowymi /jeżeli mogą być w jakikolwiek sposób wydzielone/ samolotom rozpoznawczym, zakłócającym system, dużym bombowcom, celom szczególnie ważnym w kierunku obiektów osłony o dużym znaczeniu i innych, których wartość jest większa od przeciętnych.

Jeżeli oddzielne cele powietrzne mają przyporządkowane współczynniki wagowe:  $K_1, K_2, K_3 \dots \dots \dots, K_N$  wyrażające cyfrowo stopień zagrożenia, to jako kryterium skuteczności bojowej występuje tzw. średnia ważona oczekiwana wartość, tj. średnia oczekiwana wartość z uwzględnieniem ważności celów powietrznych.

$$M_c = \sum_{j=1}^N K_j P_{\Sigma j} ;$$

Rozwiązywanie zadań w celu odszukania optymalnego wariantu podziału celów <sup>jest</sup> identyczne jak w przykładach nr 1 i 2. Różnica polega na tym, że poszczególne kolumny wartości prawdopodobieństwa przechwycenia zawarte w macierzy mnoży się przez współczynnik wagi danego celu.

Podział celów według wskaźnika - oczekiwanej wartości zniszczonych celów, przy konieczności oddziaływania na maksymalną ich ilość.

Rozpatrywany wyżej podział celów według wskaźnika - oczekiwanej wartości zniszczonych środków napadu nie zapewnia w wielu przypadkach oddziaływania IM na wszystkie możliwe do przechwycenia cele powietrzne. Ma to miejsce wówczas gdy prawdopodobieństwa przechwycenia  $P_p$  są tak małe, że celowiej jest użyć taki samolot myśliwski nie pojedynczo lecz grupowo lub też do potęgowania wysiłku innych skuteczniejszych środków. Taki podział celów może doprowadzić do tego, że nieprzyjaciel rozszyfrowawszy naszą koncepcję użycia środków OP będzie celowo "odciągał" nasz główny wysiłek od celów powietrznych o dużym znaczeniu, kierując go na cele o niewielkim znaczeniu, stwarzając jednocześnie sprzyjające warunki do zwalczania ich z wysoką skutecznością.

Aby zapobiec takim przypadkom /taktycznym błędom w podziale celów/ należy przestrzegać następującą zasadę: oddziaływać w miarę możliwości na każdy środek napadu /cel/, a główny wysiłek koncentrować tylko na cele ważniejsze.

Uwzględniając wyżej wymienioną zasadę optymalny podział celów w tym przypadku zapewnia oddziaływanie IM na maksymalnie możliwą ilość środków napadu. Nieatakowanie wszystkich celów powietrznych może mieć miejsce wówczas jeżeli ilość środków napadu jest znacznie większa od ilości środków OP. Optymalny podział celów przy rozwiązywaniu tego zadania polega tak jak i w uprzednio rozpatrywanych przykładach na odszukaniu maksymalnej oczekiwanej wartości zniszczonych środków napadu powietrznego.

Niżej zostanie rozpatrzony przykład podziału celów  $n \times N$  w przypadku,  $n < N$  /środków napadu więcej, niż samolotów myśliwskich/. W tej sytuacji każdy samolot myśliwski /grupa/ może być skierowany tylko na jeden środek napadu. Funkcja podziału celów  $j/i/$  określa jednoznacznie zależność pomiędzy numerem środka OP, a środkiem napadu:

$$N / N - 1 / / N - 2 / \dots - / N - n + 1 /$$

### Przykład nr 3

Zadanie polega na podziale  $2 \times 3$  /dwóch typów samolotów myśliwskich na trzy różne rodzaje środków napadu powietrznego/. Macierz prawdopodobieństwa przechwycenia przedstawia się następująco:

Typy s-tów myśliwskich	Numery środków napadu		
	1	2	3
1	0,5	0,4	0,3
2	0,6	0,2	0,4

Znaleźć optymalny podział celów.

### Rozwiązanie:

W konkretnym przypadku ilość wariantów wyniesie:

$$3 / 3 - 1 / / 3 - 2 / = 6$$

Warianty:

I	II	III	IV	V	VI
/1 1/	/1 1/	/1 2/	/1 2/	/1 3/	/1 3/
/2 2/	/2 3/	/2 1/	/2 3/	/2 2/	/2 1/

Srednia oczekiwana ilość przechwyconych środków napadu dla każdego wariantu podziałów celów wyniesie:

$$\begin{aligned}M_I &= 0,5 + 0,2 = 0,7 \\M_{II} &= 0,5 + 0,4 = 0,9 \\M_{III} &= 0,4 + 0,6 = 1,0 \\M_{IV} &= 0,4 + 0,4 = 0,8 \\M_V &= 0,3 + 0,2 = 0,5 \\M_{VI} &= 0,3 + 0,6 = 0,9\end{aligned}$$

Optymalny podział celów w rozpatrywanym przypadku odpowiada III wariantowi podziału celów tj.: samolot myśliwski nr 1 powinien zwalczać środek napadu nr 2, oraz samolot myśliwski nr 2 zwalczać środek napadu nr 1.

Podział celów według wskaźnika prawdopodobieństwa przechwy-  
cenia

W warunkach współczesnych działań bojowych obrona powietrzna na niektórych ważnych kierunkach może otrzymać zadanie bojowe, polegające na niedopuszczeniu do osłanianych obiektów żadnego środka napadu. Zadanie takie może mieć miejsce podczas obrony obiektów o dużym znaczeniu, w warunkach użycia broni jądrowej, kiedy przerwanie się przez strefę obrony powietrznej chociażby jednego środka napadu - nosiciela zapewnia mu wykonanie zadania, tj. zniszczenie bronionego obiektu.

W takiej sytuacji kryterium /wskaźnikiem/ skuteczności osłony nie może być oczekiwana wartość zniszczonych środków napadu, ponieważ do bronionych obiektów nie można dopuścić ani jednego środka napadu - nosiciela, a nosicielem może być każdy samolot nieprzyjaciela.

Dlatego też w takich sytuacjach przyjmować należy w charakterze głównego kryterium prawdopodobieństwo nie przepuszczenia do bronionych obiektów ani jednego środka napadu.

Założmy, że macierz z wartościami prawdopodobieństw przechwycenia środków napadu przez środki OP ma następującą postać:

$$\|P_{ij}\| = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nN} \end{vmatrix} ;$$

Należy odnaleźć taki podział celów, przy którym prawdopodobieństwo przechwycenia wszystkich środków napadu będzie posiadało maksymalną wartość. Oczywiście jest, że wykonanie tego zadania uwarunkowane jest koniecznością zwalczania wszystkich środków napadu, tj.  $i \geq j$  /przy założeniu, że każdy samolot myśliwski przechwytuje nie więcej niż jeden środek napadu/. Jeżeli prawdopodobieństwo przechwycenia  $j$ -tego środka napadu przy zwalczaniu go pewną ilością samolotów myśliwskich wynosi  $W_j$ , to prawdopodobieństwo zniszczenia wszystkich środków napadu wyniesie /przy założeniu, że procesy przechwytywania poszczególnych środków napadu są od siebie niezależne/:

$$W = W_1 \cdot W_2 \cdot \dots \cdot W_N;$$

Optymalny podział celów będzie odpowiadał maksymalnej wartości prawdopodobieństwa przechwycenia /zniszczenia/ wszystkich środków napadu powietrznego.

Przykład nr 4

Macierz prawdopodobieństwa przechwycenia /zniszczenia/ równa się  $2 \times 2$  /dwa rodzaje środków OP i dwa rodzaje celów/:

Numery rodz. środków OP	Numery celów powietrznych	
	1	2
1	0,6	0,9
2	0,8	0,7

Określić optymalny podział celów według prawdopodobieństwa przechwycenia.

Rozwiązanie:

Określić możliwe warianty podziału celów:

I	II	III	IV
/1 1/	/1 1/	/1 2/	/1 2/
/2 1/	/2 2/	/2 2/	/2 1/

Z wymienionych wariantów dwa /I i III/ są nie do przyjęcia, ponieważ zakładają przechwytywanie jednego celu wszystkimi środkami OP /wszystkie środki napadu należy przechwytywać/.

Prawdopodobieństwo przechwycenia /zniszczenia/ wszystkich celów dla II i IV wariantów wyniesie:

$$W_{II} = 0,6 \cdot 0,7 = 0,42$$

$$W_{IV} = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$$

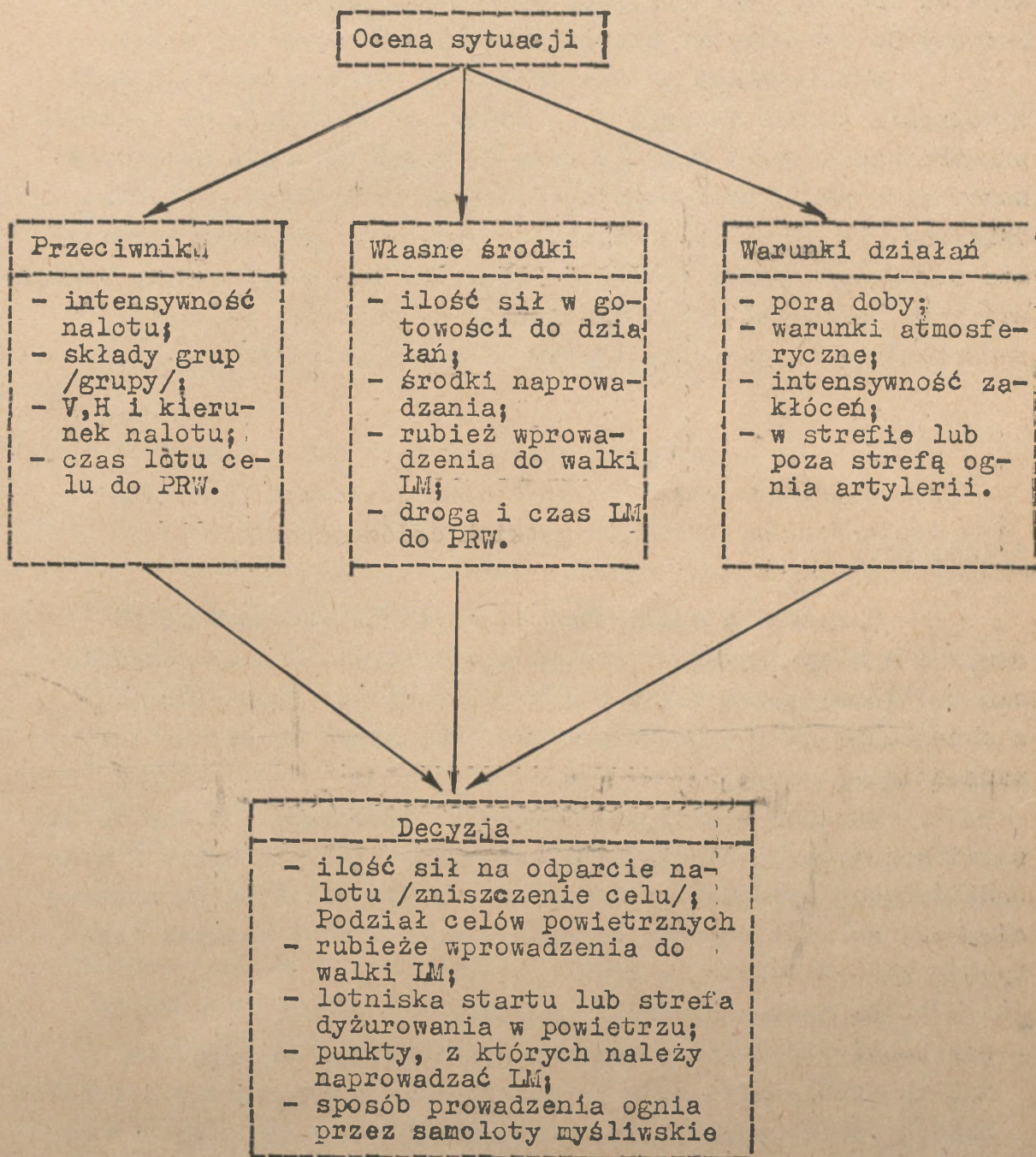
Optymalny podział celów według kryterium prawdopodobieństwa przechwycenia /zniszczenia/ wszystkich celów odpowiada w tej sytuacji IV wariantowi podziału celów.

Druga grupa zadań - określanie konkretnych elementów decyzji w toku prowadzenia działań na podstawie określonych w zadaniu pierwszym norm oraz przy pomocy przygotowanych wykresów lub maszyn liczących.

Do takich elementów decyzji zalicza się:

- potrzebna ilość sił do zwalczania poszczególnych celów powietrznych /odparcia nalotu/;
- lotnisko i czas startu samolotów myśliwskich na przechwytywanie;
- punkt, z którego będzie się odbywało naprowadzenie;
- rubież wprowadzenia do walki samolotów myśliwskich;
- sposób prowadzenia ognia i wprowadzenia do walki LM.

Rozwiązywanie zadań tej grupy wykonywane jest według innego schematu metodycznego, niż podczas rozwiązywania pierwszej grupy zadań /w procesie organizacji/.



Schemat ten nie wymaga długich i skomplikowanych obliczeń. Praca bojowa składu osobowego SD według tego schematu polega jedynie na określaniu zawczasu obliczonych wartości oraz dokładnym śledzeniu aktualnej sytuacji bojowej.

Cykl dowodzenia /powzięcie decyzji na zwalczanie celu powietrznego od momentu jego wykrycia do momentu przekazania decyzji dowódcy do wykonawców/ nie powinien przekraczać 1-2 minut.

W zależności od szczebla oraz stopnia centralizacji dowodzenia zakres decyzji jest różny. Na przykład, na szczeblu związku taktycznego decyzja może dotyczyć odparcia nalotu, a nawet niszczenia poszczególnych celów/ przy małym natężeniu działań/. Na szczeblu oddziału decyzja może dotyczyć niszczenia wskazanych przez nadrzędne SD celów lub grupy celów, względnie przy decentralizacji dowodzenia na szczebel oddziału: samodzielnego niszczenia wykrytych celów powietrznych.

x

x

x

## ZAKOŃCZENIE

Określenie możliwości bojowych LM nie jest celem samym w sobie, dlatego i skrypt nie traktuje o samym określeniu możliwości, lecz także o ich praktycznym wykorzystaniu, o określaniu na ich podstawie potrzeb, które są elementami uzasadnionej decyzji.

Zawarta w skrypcie metodyka określenia i oceny możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego pozwala określić i uzasadnić drogą uproszczonych matematycznych obliczeń podstawowe elementy decyzji dowódcy na szczeblu oddział - związek taktyczny LM.

Do takich elementów należą:

- potrzebna ilość sił lotnictwa myśliwskiego do odparcia nalotu przeciwnika oraz do zniszczenia poszczególnych środków napadu powietrznego przeciwnika, jak i celów grupowych w założonych uprzednio warunkach prowadzenia działań;
- położenie rubieży wprowadzenia do walki LM w zależności od położenia obiektów osłony, taktyki działań przeciwnika oraz danych taktyczno-technicznych własnego sprzętu;
- sposoby działań bojowych lotnictwa myśliwskiego;

- miejsce rozmieszczenia naziemnych punktów naprowadzania, zapewniające wykrycie celu z takim wyliczeniem, które zapewnia zniszczenie celu przez IM przed osłanianym obiektem;
- bezpieczna odległość pomiędzy samolotem myśliwskim, a celem w strefie ognia artylerii raketowej;
- przepustowość punktów naprowadzania;
- położenie stref dyżurowania i patrolowania w powietrzu;
- potrzebna ilość samolotów myśliwskich w strefach dyżurowania w powietrzu i na lotniskach w różnych stopniach gotowości bojowej, zapewniającą wprowadzenie do walki wszystkich planowanych sił na potrzebnych rubieżach i w planowanym czasie;
- analiza i ocena operatywności, systemu dowodzenia IM;
- optymalny podział celów pomiędzy różne rodzaje środków OP w zależności od przyjętego kryterium skuteczności.

Skrypt nie wyczerpuje całości problematyki z zakresu metodyki określania możliwości bojowych IM.

Zawarta w skrypcie metoda obliczeń dotyczy przede wszystkim podstawowych wskaźników możliwości bojowych pododdziałów, oddziałów i związków lotnictwa myśliwskiego. O metodach obliczeń wskaźników możliwości bojowych pojedynczych samolotów myśliwskich oraz wpływie na ich wartości różnorodnych czynników traktują inne wydawnictwa, z którymi słuchacz wykorzystujący niniejszy skrypt uprzednio powinien się zapoznać. Do nich należą:

"Skuteczność przechwytywania" /skrypt/ płk dr R. DWORAK i

"Skuteczność bojowa aparatów latających" /podręcznik - tłumaczenie z języka rosyjskiego/ W.N. GEWELING.

Wykorzystane w skrypcie dane do rozwiązywania konkretnych przykładów są wielkościami orientacyjnymi i posłużyły jedynie

do pokazania metody obliczeń. W innych konkretnych warunkach dane te będą inne, a więc i końcowe rezultaty obliczeń także będą miały inne wartości.

WYKONAŁ

SPRAWDZIŁ

~~ppłk~~ dypl.R. SZTURMOWICZ

ppłk dypl.J. FIJAŁKOWSKI

Odbito 100 egz.

Egz.nr 1-100 bibl.tajna

Wyk. ~~ppłk~~ SZTURMOWICZ

Druk.k.L.

Nr.ks.02410/02713/WW

Kor. Zespół

LITERATURA

1. płk dr Roman DWORAK  
płk dr Eugeniusz GRYSIEWICZ "Metodyka naprowadzania samolotów na cele powietrzne oraz zasady określania potrzebnych rubieży wprowadzenia do walki" Wyd. ASG W-wa 1965 rok.
2. mjr dypl. R. SZTURMOWICZ "Metodyka określania możliwości bojowych lotnictwa myśliwskiego" Wyd. ASG W-wa 1966 r.
3. płk dr Roman DWORAK "Zbiór materiałów do określania możliwości bojowych wojsk OPK" Zeszyt nr 2, lotnictwo myśliwskie. Rozdział II Wyd. ASG, W-wa 1967 r.
4. I. ANUREJEK  
A. TATARCZENKO "Primienienije matematycznych metodow w wojennom dziele" Wyd. MON ZSRR, Moskwa 1967 r.
5. płk G.A. SZTROM "Obłast bojowego wozdejstwa awiacyjnych kompleksow pierch-wata" Wyd. WKAPO, Kalinin 1963.
6. Praca zbiorowa "Mietodическое пособие по применению штурманских машин в объединениях, соединениях и частях ВВС" Wyd. MO ZSRR, Moskwa 1963
7. W.N. GEWELING "Skuteczność bojowa aparatów latających" Moskwa 1962 r.
8. Praca zbiorowa "Taktika ispol'zitelnoj awiacji" podręcznik KWWA MONINO 1966.