



87, 17
AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

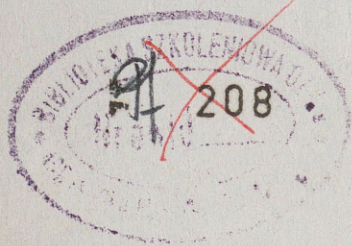
ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

JAWNE

~~XXXXXXXXXX~~
Egz. nr 1

Płk nawig. doc. dr Eugeniusz GRYSIEWICZ

METODYKA OKREŚLANIA MOŻLIWOŚCI
PRZECHWYTYWANIA ŚRODKÓW NAPADU
POWIETRZNEGO Z DYŻUROWANIA
NA LOTNISKU



42978
BIBLIOTEKA SZTABU GEN. WP
Biłogonim Bielski Katedra Specjalnych
Nr ewid. _____

WARSZAWA

PAŹDZIERNIK

1975



str. 17

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

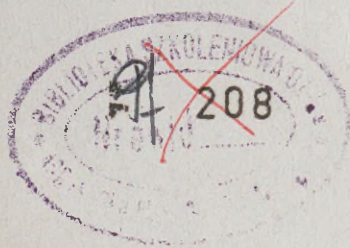
ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

JAWNE
SLUŻBA

Egz. nr 1

Płk nawig. doc. dr Eugeniusz GRYSIEWICZ

METODYKA OKREŚLANIA MOŻLIWOŚCI
PRZECHWYTYWANIA ŚRODKÓW NAPADU
POWIETRZNEGO Z DYŻUROWANIA
NA LOTNISKU



42978

WARSZAWA
Katedra Lotnictwa Specjalnego
Nr ewid.

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. gen. broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

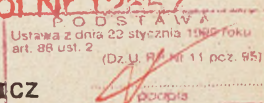
~~KLASYFIKACJA~~
JAWNE
DOKUMENT
SŁUŻBOWEGO

~~KLASYFIKACJA~~
Egz. Nr ... 1

PRZEKLASYFIKOWANO

Protokół Nr 12657

płk nawig.doc.dr Eugeniusz GRYSIEWICZ



METODYKA OKREŚLANIA MOŻLIWOŚCI PRZECHWYTYWANIA
ŚRODKÓW NAPADU POWIETRZNEGO Z DYŻUROWANIA NA
LOTNISKU



BIBLIOTEKA NAUCZNI I AGO WP
Instytutu Badawczo-Naukowego Specjalnych
Nr owid.

1742978

WARSZAWA

PAŹDZIERNIK

1975 r.

JAWNE

~~XXXXXXXXXX~~

XXXXXXXXXX

802

SPIS TREŚCI

	Str.
Wprowadzenie	5
1. Określanie odległości potrzebnych /nakazanych/ rubieży wprowadzenia do walki	11
1.1. Zasady ogólne	11
1.2. Obliczanie odległości potrzebnych rubieży wpro- wadzenia do walki w wariacie współdziałania lot- nictwa myśliwskiego z artylerią raketową OP we wspólnej strefie	12
1.2.1. Obliczanie odległości potrzebnej rubieży wpro- wadzenia do walki podczas atakowania celu z tylnej półsfery, bez uwzględniania zmiany prędkości lotu myśliwca po jego wyjściu w tylną półsferę celu ...	12
1.2.2. Obliczanie odległości potrzebnej rubieży wpro- wadzenia do walki podczas atakowania celu z tylnej półsfery z uwzględnieniem zmiany prę- dkości lotu myśliwca po jego wyjściu w tylną półsferę celu	14
1.2.3. Obliczanie odległości potrzebnej rubieży wpro- wadzenia do walki podczas atakowania celu z przedniej półsfery	16
1.3. Obliczanie odległości potrzebnej rubieży wpro- wadzenia do walki w wariacie współdziałania lot- nictwa myśliwskiego z artylerią raketową OP w osobnych strefach	17
1.4. Zasady wyboru odpowiednich wartości parametrów przy obliczaniu odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki	19
2. Zasady określania możliwości przechwycenia z dyżu- rowania na lotnisku	21
2.1. Zasady ogólne i matematyczne obliczanie odległości możliwych rubieży wprowadzenia do walki	21

2.2. Kształt rubieży wprowadzenia do walki	32
2.3. Obliczanie odległości rubieży wprowadzenia do walki przy pomocy linijek wyskalowanych w minutowych odcinkach lotu	40
3. Zasady obliczania rubieży startu	45
Zakończenie	48
 Załączniki:	
Załącznik nr 1 - Wyprowadzenie wzoru /2.4/ oraz obliczenie pierwiastków równania dla $KK_m = 0^0$	50
Załącznik nr 2 - Wyprowadzenie wzoru /2.12/	53
Załącznik nr 3 - Przekształcenie wzoru /2.22/ na wzór /2.24/	54
Załącznik nr 4 - Przekształcenie równania /2.24/ w równanie /2.25/	55
Załącznik nr 5 - Przykład posługiwania się wykresem przedstawionym na rys. /2.10/	57

W P R O W A D Z E N I E

Podstawowymi sposobami działań lotnictwa myśliwskiego w ramach osłony wojsk i obiektów, jak również obszaru kraju przed rozpoznaniem z powietrza i rażeniem przez środki napadu powietrznego /ŚNP/ są: przechwytywanie ŚNP z dyżurowania na lotni-
skach lub w powietrzu oraz samodzielne zwalczanie ŚNP przez my-
śliwców^{x/}. Przechwycenie jest to zdarzenie występujące w mo-
mencie, kiedy myśliwiec znajduje się w warunkach zezwalających
na skuteczne użycie przez niego środków rażenia przeciwko środ-
ków i rażenia przeciwko środkowi napadu powietrznego.

Dla określenia możliwości przechwycenia oraz dla naprowa-
dzenia myśliwca na ŚNP trzeba znać następujące rubieże, nazy-
wane umownie rubieżami taktyczno-nawigacyjnymi:

- rubież wykrycia celu, czyli linię będącą zbiorem punk-
tów możliwych położzeń celu, w momencie jego wykrycia przez
środki radiolokacyjne lub inne, w zależności od wysokości lo-
tu celu, jego skutecznej powierzchni odbicia fal elektromagne-
tycznych, względnie od innych właściwości /np. promieniowanie
cieplne itp./;

- rubież podania komendy startu, czyli linię będącą zbi-
orem punktów możliwych położzeń celu w momencie wydania komendy
startu myśliwcom mającym przechwytywać dany cel;

- rubież startu, czyli linię będącą zbiorem punktów moż-
liwych położzeń celu w momencie rozpoczęcia startu przez samo-
loty przechwytyjące. Rubież startu obliczamy wtedy, kiedy od-
ległość rubieży wykrycia celu jest na tyle duża, że dla wyko-
nania zadania osłony, myśliwce nie muszą startować natychmiast,
lecz dopiero w momencie znalezienia się celu na rubieży startu.
Jeżeli odległość rubieży wykrycia jest mniejsza, aniżeli po-
trzebna odległość rubieży startu, wówczas rubieży startu nie
obliczamy, a myśliwce startują możliwie najwcześniej;

- rubież podania kursu, czyli linię będącą zbiorem punk-
tów możliwych położzeń celu w momencie podania myśliwcowi kursu

x/ Pod określeniem "myśliwiec" rozumie się w niniejszym opra-
cowaniu samolot myśliwski wraz z pilotem.

lotu na przechwycenie celu. Rubież tę oblicza się przede wszystkim podczas przechwytywania z dyżurowania w powietrzu;

- rubież początku manewru, czyli linię będącą zbiorem punktów możliwych położenia celu w momencie rozpoczęcia przez myśliwca manewru, dla wyjścia w tylną półsferę celu. W szczególnych wypadkach, jak np. naprowadzanie na kursach zgodnych i zgodnie przecinających się lub naprowadzanie myśliwca, którego uzbrojenie umożliwia zaatakowanie celu z dowolnej półsfery i pod dowolną sylwetką, rubież początku manewru może nie występować;

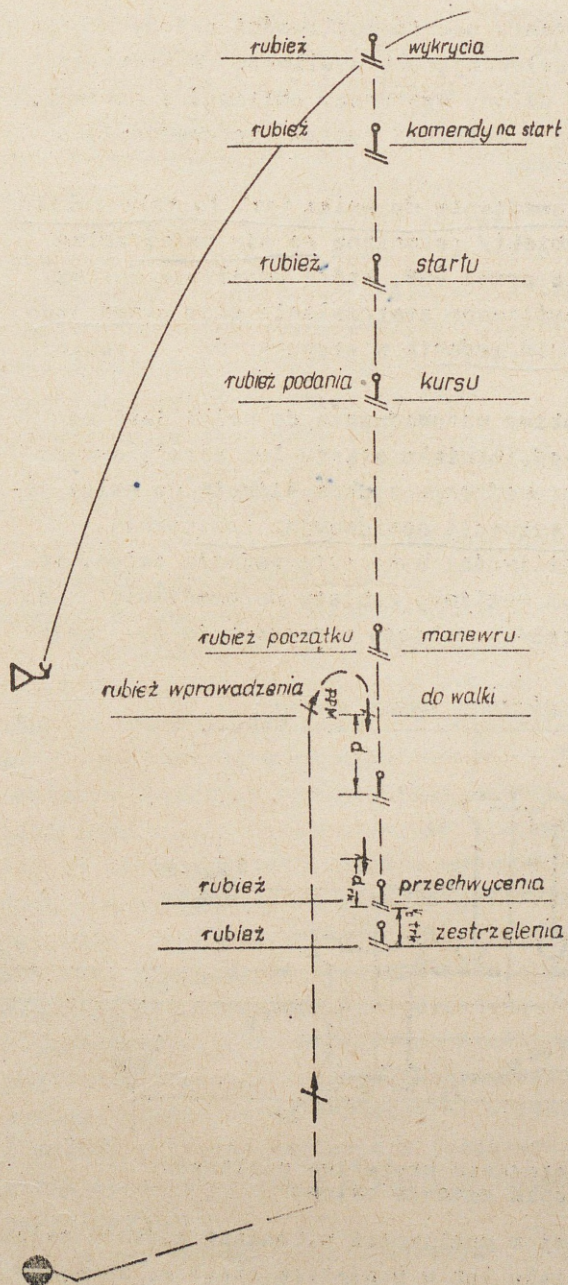
- rubież wprowadzenia do walki, czyli linię będącą zbiorem punktów możliwych położenia myśliwca w momencie wprowadzenia go do walki, to jest wyprowadzenia myśliwca w taktycznie dogodny położenie względem celu /np. potrzebną dla wykonania ataku półsferę/ i pod odpowiednim kątem w stosunku do kierunku lotu celu, oraz na taką dogodną odległość, z której myśliwiec widzi cel na ekranie celownika radiolokacyjnego lub wzrokowo i może samodzielnie /bez pomocy z ziemi/ wyjść w punkt odpalenia pocisków rakietowych lub innych pocisków;

- rubież przechwycenia, to jest linię będącą zbiorem punktów możliwych położenia celu w momencie jego przechwycenia, to jest w momencie odpalania przez myśliwca rakiet rozpoczęcia strzelania z działek;

- rubież zestrzelenia /zniszczenia/ celu, czyli linię będącą zbiorem punktów możliwych położenia celu w momencie, gdy dosięgają go pociski rakietowe lub inne, wystrzelone przez myśliwca. W praktyce, szczególnie ze strony dowódców i sztabów ogólnowojskowych, rubież zestrzelenia jest często utożsamiana z rubieżą przechwycenia.

Jeden z wariantów położenia rubieży taktyczno-nawigacyjnych przedstawia rys. nr 01.

Samo jednak obliczenie położenia możliwych do uzyskania rubieży wprowadzenia do walki i rubieży przechwycenia nie wystarcza do określenia możliwości lotnictwa myśliwskiego w zakresie wykonania zadania osłony wojsk i obiektów w warunkach konkretnej sytuacji taktyczno-nawigacyjnej. W celu określenia tych możliwości należy ponadto obliczyć położenie potrzebnych rubieży zestrzelenia i wprowadzenia do walki, a następnie



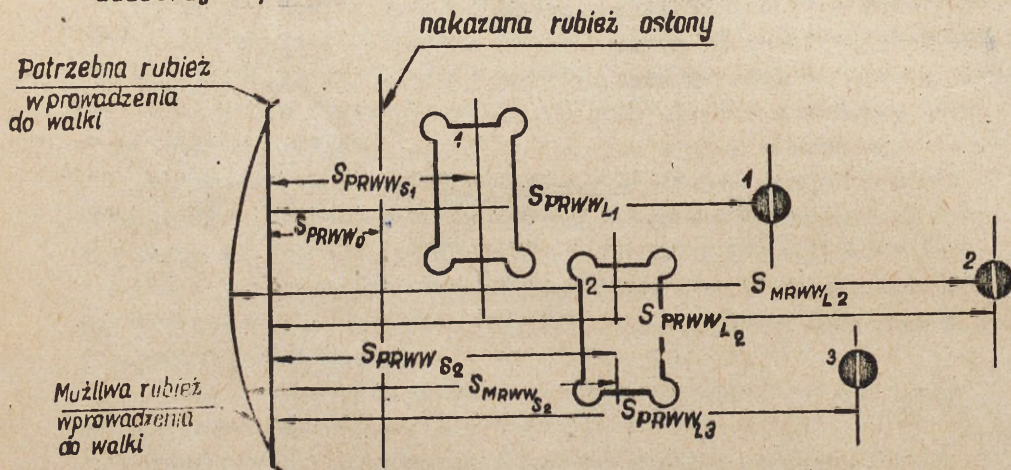
Rys. 01

porównać je i na tej podstawie ocenić możliwości osłony oraz określić sposoby działań osłaniających myśliwców. W praktyce dla określenia możliwości osłony wystarczy obliczyć i porównać tylko położenie potrzebnej i możliwej rubieży wprowadzenia myśliwców do walki.

Potrzebna rubież wprowadzenia do walki jest to taka rubież wysunięta przed rubież /obiekt/ osłanianą na minimalną odległość w kierunku zagrożenia przez ŚNP, która umożliwi wprowadzonym na niej do walki myśliwcom zestrzelenie celu przed jego wyjściem na rubież wykonania zadania w stosunku do rubieży /obiektu/ osłanianej.

Możliwa natomiast rubież wprowadzenia do walki jest ta maksymalnie wysunięta przed lotnisko startu lub strefę dyżurowania myśliwców rubież wprowadzenia tych myśliwców do walki, jaką można używać w danej sytuacji nawigacyjno-taktycznej.

Zasadę określenia możliwości wykonania zadania osłony metodą porównania odległości możliwej rubieży wprowadzenia do walki z odległością potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki - ilustruje rys. 02.



Rys.02. Nawigatorskie kryterium możliwości wykonania zadania osłony

Nawigatorskie kryterium możliwości wykonania zadania osłony z dyżurowania na lotnisku lub w powietrzu określa, że wykonanie zadania osłony z nawigatorskiego punktu widzenia możliwe jest wówczas, kiedy odległość możliwej rubieży wprowadzenia

do walki od lotniska /strefy/, z którego mają startować myśliwce na przechwycenie jest co najmniej równa lub jest większa od odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki od tegoż lotniska /strefy/.

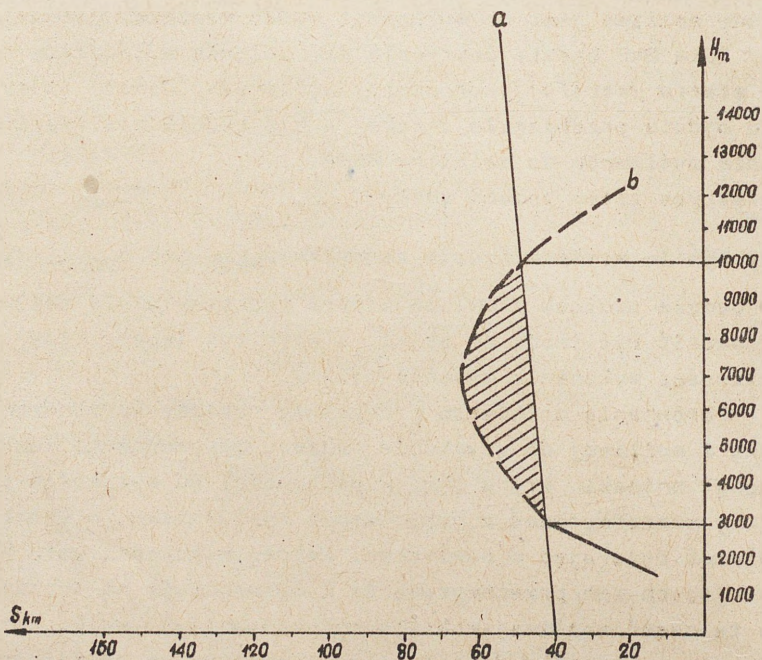
W sytuacji kiedy $S_{MRWW_{L/S/}} = S_{PRWW_{L/S/}}$ łuk o promieniu równym S_{MRWW} będzie styczny do PRWW co oznacza, że zadanie osłony możliwe jest do wykonania tylko wówczas, jeżeli linia /os/ lotu ŚNP będzie pokrywała się z linią wychodzącą z lotniska startu /strefy dyżurowania/ myśliwców. Jeżeli linia lotu celu będzie przebiegała inaczej - nie będzie możliwości wprowadzenia myśliwców do walki na PRWW.

W praktyce zatem trzeba ażeby $S_{MRWW_{L/S/}} > S_{PRWW_{L/S/}}$

Przy tym im większa będzie nadwyżka S_{MRWW} nad S_{PRWW} , tym większy będzie odcinek PRWW, na którym będziemy mieli możliwość wprowadzić myśliwców do walki, a więc tym lepsze będą również możliwości wykonania zadanie osłony.

Porównanie położenia potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki i możliwej do uzyskania rubieży wprowadzenia pozwala wyciągnąć wnioski, które ŚNP, w zależności od wysokości ich lotu, możemy przechwytywać z dyżurowania na lotnisku, a które musimy zwalczać dyżurując w powietrzu. Zakres wysokości lotu ŚNP, umożliwiających ich przechwytywanie z dyżurowania na lotnisku określa ta część możliwej rubieży wprowadzenia do walki, która znajduje się w stosunku do osłanienego obiektu na odległości równej odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki lub większej od niej. Cele lecące poza tymi zakresami wysokości nie mogą być przechwycone z dyżurowania na lotnisku. Należy więc rozpatrzyć możliwości ich przechwycenia z dyżurowania w powietrzu lub z patrolowania. Z sytuacji przedstawionej na rys.03 wynika, że cele lecące na wysokości od 3000 do 10000 m jesteśmy w stanie zwalczać z dyżurowania na lotnisku, a wszystkie pozostałe cele - tylko z dyżurowania w powietrzu lub z patrolowania.

W analogiczny sposób określamy możliwości wykonania zadania osłony z dyżurowania w powietrzu.



Rys.03. a - potrzebna rubież wprowadzenia do walki;
b - możliwa rubież wprowadzenia do walki.

Określenie możliwości przechwytywania ŚNP z dyżurowania na lotnisku i w powietrzu należy do podstawowych zadań służby nawigatorskiej lotnictwa myśliwskiego. Treść niniejszego skryptu stanowi określenie położenia potrzebnych i możliwych rubieży wprowadzenia do walki oraz określenie na tej podstawie możliwości przechwycenia ŚNP i wykonania zadania osłony.

1. OKREŚLANIE ODLEGŁOŚCI POTRZEBNYCH /NAKAZANYCH/ RUBIEŻY WPROWADZENIA DO WALKI.

1.1. ZASADY OGÓLNE

Odległość potrzebnej rubieży wprowadzania do walki oznaczamy symbolem S_{PRWW} i obliczamy od nakazanego obiektu lub nakazanej rubieży osłony $/S_{PRWW}_0/$. Następnie, uwzględniając od-

ległość między obiektem osłony lub rubieżą osłony a lotniskiem bazowania /strefę dyżurowania/ myśliwców $/\Delta S_0/$, obliczamy odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki od lotniska bazowania $/S_{PRWW}_L/$ lub strefy dyżurowania myśliwców $/S_{PRWW}_S/$,

według wzoru:

$$S_{PRWW}_L/S = S_{PRWW}_0 + \Delta S_0 ;$$

W niektórych jednak sytuacjach przełożony wyznacza tylko rubież /obiekt/, którą należy osłonić. Wtedy należy obliczyć odległość /położenie/ potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki. Potrzebna rubież wprowadzenia do walki jest najczęściej ustalana na odpowiednim szczeblu dowodzenia siłami i środkami osłony i następnie przekazywana wykonawcom już jako nakazana rubież wprowadzenia do walki.

Przy obliczaniu odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki należy uwzględnić:

- odległość, jaką przebędzie cel od momentu wyprowadzenia myśliwca w tylną półsferę celu do momentu rażenia celu przez pociski raketowe lub pociski z działek, wystrzelone przez myśliwca;

- odległość, z jakiej cel może wykonać zadanie w stosunku do rubieży /objektu/ osłanianej /donośność bomb lub pocisków raketowych zrzucanych lub strzelanych przez środek napadu powietrznego dla zniszczenia osłanianego przez lotnictwo myśliwskie obiektu, odległość od rubieży przejścia samolotów - pocisków lub pocisków raketowych typu "ziemia-ziemia" w lot nurkowy do punktów ich upadków, względnie odległość z jakiej można rozpoznać obiekt osłaniany wzrokowo, fotograficznie lub w inny sposób/;

- minimalną odległość od miejsca wybuchu środka rażenia, zabezpieczającą osłaniany obiekt przed obezwładnieniem lub zniszczeniem;

- warunki manewru wykonywanego przez myśliwca podczas wychodzenia w punkt ataku i podczas atakowania celu;

- nakazany wariant współdziałania lotnictwa z artylerią raketową OP.

1.2. OBLICZANIE ODLEGŁOŚCI POTRZEBNYCH RUBIEŻY WPROWADZENIA DO WALKI W WARIANCIE WSPÓLDZIAŁANIA LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO Z ARTYLERIĄ RAKIETOWĄ OP WE WSPÓLNEJ STREFIE

1.2.1. Obliczanie odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki podczas atakowania celu z tylnej półsfery bez uwzględniania zmiany prędkości lotu myśliwca po jego wyjściu w tylną półsferę celu

Samolot myśliwki jest najczęściej naprowadzany na cel na podstawie analizy wzajemnych, kolejnych położzeń celu i myśliwca, określanych przy pomocy stacji radiolokacyjnych. Samoloty posiadające uzbrojenie pokładowe umożliwiające atak celu tylko z tylnej półsfery wymagają wyprowadzenia myśliwca w tylną półsferę celu pod dogodną sylwetką na taką dogodną odległość /d/ ze celem, z której pilot widzi cel na ekranie samolotowego celownika radiolokacyjnego lub wzrokowo i jest w stanie samodzielnie /bez dalszego naprowadzania z ziemi /wyjść w punkt otwarcia ognie oraz zniszczyć cel przed wyjściem celu na rubież wykonania zadania.

Uwzględniając powyższe, myśliwiec winien zostać wprowadzony do walki na rubieży położonej w następującej odległości od osłanianego obiektu.

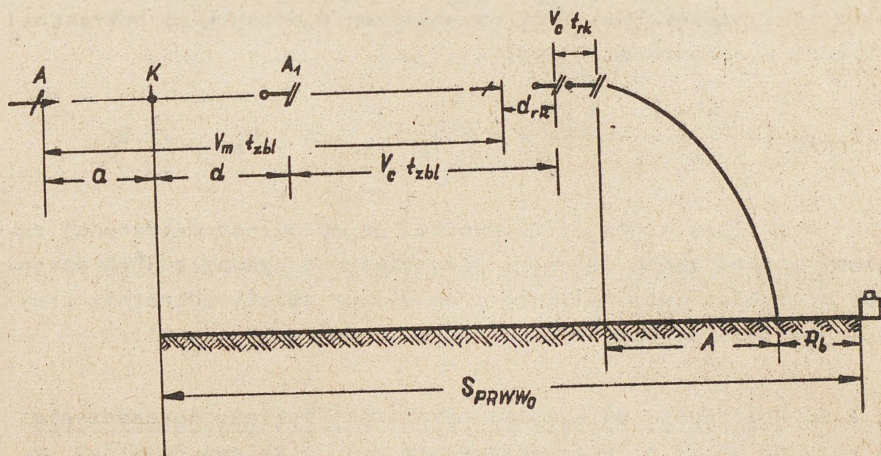
$$S_{PRWW}_0 = V_c / t_{zbl} + t_{rk} / + d + A + R_b; \quad /1.1/$$

czyli w punkt "K" /rys.1.1/.

gdzie: S_{PRWW}_0 - odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki od rubieży /obektu/ osłanianej;

d - nakazana /pożądana/ odległość między myśliwcem i celem w momencie wprowadzenia myśliwca do walki;

- A - odległość wykonania zadania przez cel;
 R_b - minimalna odległość od miejsca wybuchu środka rażenia, zabezpieczająca osłaniany obiekt przed zniszczeniem /obezwładnieniem/.



Rys.1.1

W praktyce jednak myśliwiec zostanie z reguły wyprowadzony na cel z pewnym błędem naprowadzenia pod względem odległości /a/ i znajdzie się za celem w odległości większej aniżeli /d/, co wydłuży czas i drogę lotu myśliwca do punktu ataku.

We wzorze /1.2.1/ nieznaną wielkością jest właśnie czas lotu myśliwca do punktu wyprowadzenia w tylną półsferę celu do punktu ataku, zwany czasem zbliżenia / t_{zbl} /.

Z rysunku 1.1 wynika, że

$$t_{zbl} = \frac{a + d - d_{rk}}{v_m - v_c} ;$$

Wobec tego droga jaką przebędzie cel podczas trwania zbliżenia wynosi:

$$v_c t_{zbl} = \frac{a + d - d_{rk}}{v_m - v_c} \cdot v_c = \frac{a + d - d_{rk}}{\frac{v_m}{v_c} - 1} = \frac{a + d - d_{rk}}{m - 1} ;$$

gdzie: $m = \frac{v_m}{v_c}$;

Podstawiając otrzymaną wartość $v_c t_{zbl}$ do wzoru /1.1/, otrzymamy następujący wzór na obliczenie odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki:

$$S_{PRWW}_0 = \frac{a + d - d_{rk}}{m - 1} + d + v_c t_{rk} + A + R_b; \quad /1.2/$$

Z analizy wzoru /1.2/ wynika, że odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki nie zależy od bezwzględnych wartości prędkości lotu myśliwca i celu, lecz zależy odwrotnie proporcjonalnie od wartości stosunku tych prędkości.

1.2.2. Obliczanie odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki podczas atakowania celu z tylnej półsfery z uwzględnieniem zmiany prędkości lotu myśliwca po jego wyjściu w tylną półsferę celu

W wypadku znacznej wartości błędu a , myśliwiec po wyjściu w tylną półsferę celu może, jeżeli dane taktyczno-techniczne samolotu na to pozwalają, zwiększyć prędkość lotu, dla skrócenia czasu wyjścia w punkt ataku. Ponieważ jednak atak winien być wykonywany przy pewnej optymalnej prędkości lotu myśliwca /prędkości zbliżenia/, to po zwiększeniu przez myśliwca prędkości lotu i przeleceniu określonej odległości, może zajść konieczność zmniejszenia prędkości lotu tak, aby w punkt ataku myśliwiec wyszedł z potrzebną prędkością.

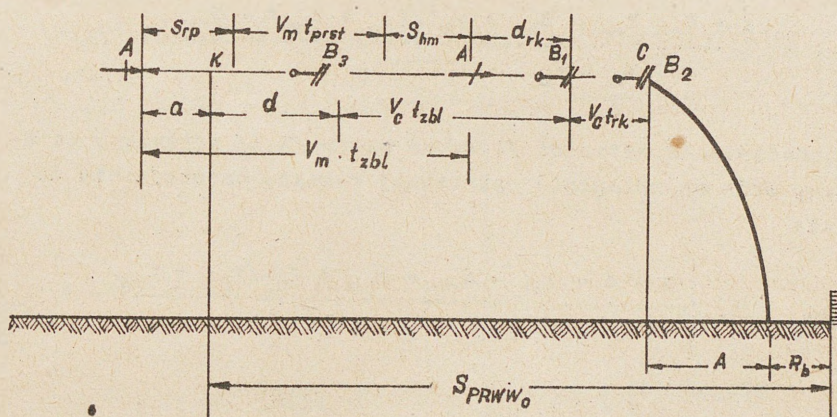
Z rys.1.2 wynika, że czas zbliżenia myśliwca:

$$t_{zbl} = t_{rp} + t_{prst} + t_{hm}; \quad /1.3/$$

gdzie: t_{rp} - czas rozpędzania prędkości;

t_{prst} - czas lotu z rozpędzoną prędkością stałą;

t_{hm} - czas hamowania.



Rys.1.2.

Nieznaną wielkość t_{pret} możemy określić również na podstawie rys. 1.2, drogą następującego rozumowania:

$$V_m \cdot t_{pret} = a + d + V_c t_{zbl} - S_{rp} - S_{hm} - d_{rk} ;$$

gdzie: S_{rp} - droga rozpędzania;

S_{hm} - droga hamowania.

Wobec tego:

$$t_{pret} = \frac{V_m t_{pret}}{V_m} = \frac{a + d + V_c t_{zbl} - S_{rp} - S_{hm} - d_{rk}}{V_m} ;$$

Po podstawieniu wartości t_{pret} do wzoru /1.3/ otrzymamy:

$$t_{zbl} = \frac{a + d + V_c t_{zbl} - S_{rp} - S_{hm} - d_{rk}}{V_m} + t_{rp} + t_{hm} ;$$

Po sprowadzeniu do wspólnego mianownika, przeniesieniu iloczynu $V_c t_{zbl}$ na lewą stronę równania i wyciągnięciu t_{zbl} przed nawias otrzymamy:

$$t_{zbl} / (v_m - v_c) = a + d - s_{rp} - s_{hm} - d_{rk} + v_m / t_{rp} + t_{hm} / ;$$

wobec tego:

$$t_{zbl} = \frac{a + d - s_{rp} - s_{hm} + v_m / t_{rp} + t_{hm} / - d_{rk}}{v_m - v_c} ; \quad /1.4/$$

Po podstawieniu wartości /1.4/ do wzoru /1.1/ otrzymamy ostateczny wzór na odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki:

$$S_{PRWW}_0 = v_c \left[\frac{a + d - d_{rk} - s_{rp} - s_{hm} + v_m / t_{rp} + t_{hm} /}{v_m - v_c} + t_{rk} \right] + d + A + R_b ; \quad /1.5/$$

1.2.3. Obliczanie odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki podczas atakowania celu z przedniej półsfery

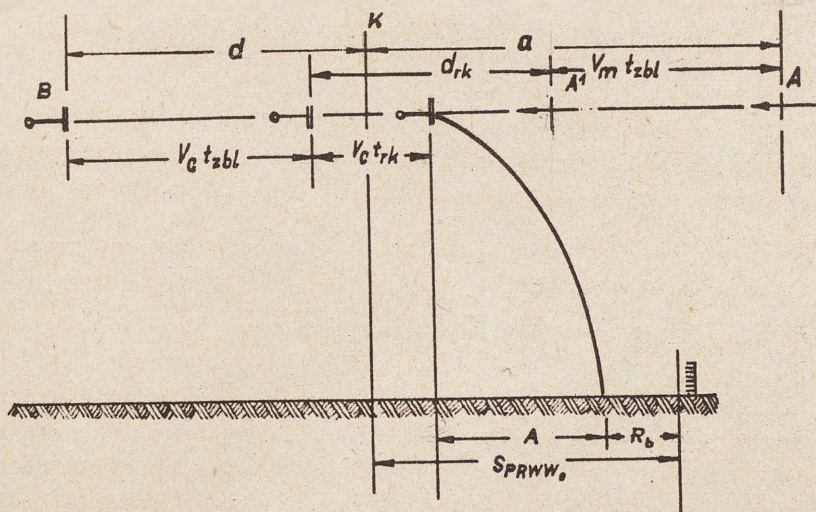
Myśliwiec atakujący cel z przedniej półsfery winien zostać wprowadzony do walki na rubieży położonej w następującej odległości od osłanianego obiektu /rys.1.3/.

$$S_{PRWW}_0 = v_c / t_{zbl} + t_{rk} / - d + A + R_b ; \quad /1.6/$$

Z rysunku 1.3 wynika, że:

$$v_c \cdot t_{zbl} = v_c \frac{a + d - d_{rk}}{v_m + v_c} = \frac{a + d - d_{rk}}{\frac{v_m}{v_c} + \frac{v_c}{v_c}} = \frac{a + d - d_{rk}}{m + 1} ;$$

Podstawiając powyższą wartość do wzoru /1.6/ otrzymujemy następujący końcowy wzór na obliczanie odległości potrzebnej ru-



Rys. 1.3

bieży wprowadzenia do walki myśliwca atakującego cel z przedniej półsfery.

$$S_{PRWW_0} = \frac{a + d - d_{rk}}{m + 1} - d + V_c t_{rk} + A + R_b ; \quad /1.7/$$

1.3. OBLICZANIE ODLEGŁOŚCI POTRZEBNEJ RUBIEŻY WPROWADZENIA DO WALKI W WARIANCIE WSPÓŁDZIAŁANIA LOTNICTWA MYŚLIWSKIEGO Z ARTYLERIĄ RAKIETOWĄ OP W OSOBNYCH STREFACH

Wzory /1.2/, /1.5/ i /1.7/ są słuszne w sytuacji, kiedy lotnictwo myśliwskie działa w jednej strefie z artylerią rakiętową OP.

Natomiast podczas działań lotnictwa myśliwskiego i artylerii rakiętowej OP w różnych strefach - samoloty myśliwskie winny zakończyć atakowanie celu i zostać wyprowadzone z walki

przed dalszą granicę strefy startu rakiet /strefy ognia artylerii raketowej OP/ na odległości:

$$S_{wypr} = v_m / t_{kom} + t_{op} / + R; \quad /1.8/$$

- gdzie: S_{wypr} - odległość wyprowadzenia myśliwca z walki;
 t_{kom} - czas przekazania komendy na wyjście myśliwca z walki;
 t_{op} - czas opóźnienia w wykonaniu komendy przez pilota;
 R - promień zakreśu myśliwca.

Dla zachowania warunków bezpieczeństwa w sensie uchronienia naprowadzanych myśliwców przed przypadkowym ich zestrzeleciem przez własną artylerię raketową należy określić położenie potrzebnej rubieży przechwycenia /PRPRZ/ oraz jej odległość od dalszej granicy strefy startu rakiet /strefy ognia/ artylerii raketowej OP.

Jeżeli $S_{PRPRZ} > S_{wypr}$, wówczas obliczamy odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki od rubieży osłanianej, a ponadto wykreślamy rubież wyprowadzenia myśliwców z walki w odległości S_{wypr} przed dalszą granicę strefy startu rakiet /strefy ognia/ artylerii raketowej OP.

W sytuacji zaś, kiedy $S_{PRPRZ} < S_{wypr}$ - obliczamy odległość potrzebnej rubieży wprowadzenia myśliwców do walki nie od rubieży osłanianej, lecz od dalszej granicy strefy startu rakiet /strefy ognia/ artylerii raketowej OP.

Odległość potrzebnej rubieży przechwycenia obliczamy ze wzoru:

$$S_{PRPRZ} = S_{PRWW}_0 - \frac{d - d_{rk}}{1 - n}; \quad /1.9/$$

Ponieważ rubież przechwycenia oznacza położenie celu w momencie odpalenia przez myśliwca rakiet /rozpoczęcia strzelania z działek/, to myśliwiec będzie przed tą rubieżą w odległości d_{rk} , co jeszcze zwiększa jego warunki bezpieczeństwa.

Podstawiając więc do wzorów /1.5/, /1.6/ i /1.7/ wartość S_{wypr} , w miejsce wielkości A i R_b , otrzymamy następujące wzory na obliczenie odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki;

- przy atakowaniu celu z tylnej półsfery, bez zmiany prędkości lotu myśliwca:

$$S_{PRWW} = \frac{a + d - d_{rk}}{m - 1} + d + v_c t_{rk} + S_{wypr} \quad /1.10/$$

- przy atakowaniu celu z tylnej półsfery z uwzględnieniem zmiany prędkości lotu myśliwca po jego wyjściu w tylną półsferę celu:

$$S_{PRWW} = v_c \left[\frac{a + d - d_{rk} - S_{rp} - S_{hm} + v_m / t_{rp} + t_{hm}}{v_m - v_c} + t_{rk} \right] + d + S_{wypr}; \quad /1.11/$$

- przy atakowaniu celu z przedniej półsfery bez uwzględnienia zmiany prędkości lotu myśliwca:

$$S_{PRWW} = \frac{a + d - d_{rk}}{m + 1} - d + v_c t_{rk} + S_{wypr}; \quad /1.12/$$

1.4. ZASADY WYBORU ODPOWIEDNIH WARTOŚCI PARAMETRÓW PRZY OBLICZANIU ODLEGŁOŚCI POTRZEBNEJ RUBIEŻY WPROWADZENIA DO WALKI

Wielkość odległości potrzebnej rubieży wprowadzenia do walki zależy w poważnej mierze od wartości parametrów przyjętych do obliczeń. Prawidłowe obliczenie wielkości odległości tej rubieży stwarza warunki do właściwej oceny możliwości lotnictwa myśliwskiego w zakresie wykonania zadania osłony wojsk i obiektów z dyżurowania na lotnisku i w powietrzu. Właściwa zaś ocena tych możliwości stwarza warunki do powzięcia słusznej i uzasadnionej decyzji odnośnie sposobów wykonania osłony oraz w zakresie organizacji działań bojowych.

Rozpatrzmy niektóre parametry wchodzące w skład wzorów na obliczenie S_{PRWW} .

I tak maksymalny błąd naprowadzania pod względem odległości jest ściśle związany /oprócz wpływu innych czynników/ z systemem naprowadzania oraz rodzajem manewru, jaki wykonuje myśliwiec dla wyjścia w tylną półsferę celu.

Na przykład, dla półautomatycznego systemu naprowadzania, przy nakazanej odległości naprowadzania równej 4-8 km i przy

wykonywaniu przez myśliwca manewru w płaszczyźnie poziomej, maksymalny błąd naprowadzania, przy prawdopodobieństwie $P=0,99$, nie przekracza wartości:

- przy wykorzystaniu własnej stacji radiolokacyjnej - 5,5 km;
- przy wykorzystaniu stacji radiolokacyjnej systemu powiadomienia 6-8 km.

W sytuacji zaś, kiedy naprowadzany myśliwiec wykonuje dla wyjścia w tylną półsferę celu manewr pionowy /przewrót lub półprzewrót/, maksymalny błąd naprowadzania nie przekracza wartości 4,5 km.

Odległość naprowadzania jest ściśle związana z możliwościami myśliwca w zakresie samodzielnego wyjścia do ataku. Wybrana odległość naprowadzania winna zapewnić, nawet w wypadku zaistnienia błędów, wykrycie celu, poprawienie błędów naprowadzania, zbliżenie myśliwca do celu oraz wyjście myśliwca w punkt ataku. Praktycznie odległość naprowadzania określa się na podstawie analizy prawdopodobieństwa wyjścia myśliwca w punkt ataku.

Ważnym elementem jest również prawidłowe określenie przewidywanej prędkości lotu celu oraz dobranie na tej podstawie odpowiedniej prędkości lotu myśliwca. Prędkość bowiem zbliżenia myśliwca do celu wywiera istotny wpływ na efektywność wykonania ataku. W szczególności należy uwzględnić fakt, że współczesne samoloty myśliwskie, po przejściu do lotu z prędkością naddźwiękową, posiadają ograniczone możliwości regulowania ciągu silnika. Myśliwiec, po wyprowadzeniu go w tylną półsferę celu z błędem powodującym zbyt dużą odległość od myśliwca do celu, może dla skrócenia czasu i drogi dopędzania, zwiększyć prędkość lotu. Następnie jednak, dla uzyskania warunków wyjścia do ataku z największym prawdopodobieństwem /odpowiednie wartości V_{zbl} , d_{rk} / myśliwiec winien zmniejszyć prędkość z takim wyliczeniem, żeby wyjść w punkt ataku z najwygodniejszą prędkością.

Wobec tego, obliczając zmianę prędkości lotu myśliwca po jego wyjściu w tylną półsferę celu, należy przestrzegać zasady, że nie można zwiększać prędkości lotu myśliwca poza określoną granicę, ponieważ może powstać taka sytuacja, że myśliwiec ten

nie będzie w stanie zmniejszyć prędkości do wymaganej wartości w momencie wyjścia w punkt ataku.

Należy więc zachować warunek wyrażony wzorem:

$$S_{rp} + S_{hm} \ll a + d + V_c t_{zbl} - d_{rk} ; \quad /1.13/$$

2. ZASADY OKREŚLANIA MOŻLIWOŚCI PRZECHWYCENIA Z DYŻUROWANIA NA LOTNISKU

2.1. ZASADY OGÓLNE I MATEMATYCZNE OBLICZANIE ODLEGŁOŚCI MOŻLIWYCH RUBIEŻY WPROWADZENIA DO WALKI

Istota przechwytywania ŚNP z dyżurowania na lotnisku polega na tym, że myśliwce dyżurują w gotowości nr 1 na lotnisku i startują na sygnał dopiero wtedy, kiedy cel został wykryty, została podjęta decyzja odnośnie przechwycenia i ewentualnie określone warunki lotu na przechwycenie. Ten sposób działań uważa się za najbardziej celowy i stosuje w zasadzie zawsze, jeśli zapewnia on możliwość wykonania zadania /wprowadzenie lotnictwa myśliwskiego do walki na rubieżach nakazanych/, z uwagi na to, że jest on bardzo ekonomiczny i umożliwia uzyskanie niezbędnych rezultatów przy minimalnym zużyciu sił i środków.

Sposób ten jednak charakteryzuje się długim czasem pasywnym to jest czasem od momentu wykrycia lub przydzielenia celu, do rozpoczęcia startu. Czas ten jest potrzebny na rozpoznanie celu, określenie warunków jego lotu, obieg informacji, określenie możliwości przechwycenia celu, powzięcie decyzji i przekazanie jej wykonawcom oraz na rozpoczęcie startu.

Ponadto, przy locie celów na dużych wysokościach stosunkowo duży jest czas wznożenia myśliwców na wysokość rozpoczęcia manewru dla wyjścia w tylną półsferę oraz na rubież wprowadzenia do walki.

Jednym z warunków uzyskania lepszych możliwości przechwycenia ŚNP na nakazanych rubieżach jest wykrycie ŚNP na jak największej odległości. W tym celu radiolokatory wykrywania wysuwają się jak najbliżej przedniego skraju, a więc na odległość 5-15 km od linii styczności z nieprzyjacielem oraz stosuje się radiolokacyjne dozory powietrzne i morskie.

i znajdzie się w punkcie G itd. Rozwiązanie zadania naprowadzenia polega na tym, żeby znaleźć punkt spotkania myśliwca z celem i czas /moment/ tego spotkania oraz kurs lotu myśliwca tak w locie wznoszącym, jak również i w poziomym. Ponieważ elementy te należy określić jeszcze przed rozpoczęciem naprowadzania, na podstawie przyjętych do obliczeń warunków lotu celu i myśliwca, to wartości ich należy traktować jako przybliżone, udokładniane następnie w trakcie naprowadzania.

Zakładamy przy tym, że naprowadzenie, w zależności od typu i uzbrojenia myśliwców przechwytyjących, jest realizowane metodą manewru, względnie metodą równoległego zbliżenia. Zakładamy ponadto, że przy naprowadzaniu na kursach zbliżonych do przeciwnych, również i naprowadzanie metodą prostego zbliżenia lub metodą trzypunktową będzie do tych metod zbliżona.

Szukamy odległości możliwej rubieży wprowadzenia myśliwca do walki S_{MRWW} od WPN do punktu spotkania /O/, która określa położenie punktu spotkania na linii drogi celu.

Przyjmijmy, że odległość drogi poziomego lotu myśliwca do punktu początku manewru /PPM/ równa się w przybliżeniu $S_{MRWW} = S_{wzn}$. Droga celu od punktu wykrycia do punktu spotkania wynosi:

$$S_o = EO = V_o / t_{paa} + t_{wzn} + t_{man} / + V_o \frac{S_{MRWW} = S_{wzn}}{V_m} ;$$

czyli, że:

$$S_o = V_o / t_{paa} + t_{wzn} + t_{man} / + n / S_{MRWW} = S_{wzn} /$$

a przy założeniu, że:

$$t_{paa} + t_{wzn} = t_{\Sigma}$$

$$S_o = V_o \cdot / t_{\Sigma} + t_{man} / + n / S_{MRWW} = S_{wzn} / \quad /2.1/$$

gdzie: t_{paa} - czas od momentu wykrycia celu do rozpoczęcia startu myśliwca na przechwycenie tego celu;

t_{wzn} - czas wznoszenia myśliwca od rozpoczęcia startu do wysokości, na której rozpoczyna on manewr dla wyjścia w tylną półsferę celu;

t_{man} - czas manewru myśliwca dla wyjścia w tylną półsferę celu;

n - stosunek prędkości celu do prędkości myśliwca

$$n = \frac{V_c}{V_m} /;$$

S_{wzn} - rzut na płaszczyznę poziomą drogi wznoszenia myśliwca;

$n/S_{MRWW} - S_{wzn}/$ - odległość, jaką przebędzie cel w czasie poziomego lotu myśliwca od punktu zakończenia wznoszenia do punktu początku manewru. Po zrutowaniu trasy lotu celu i myśliwca na płaszczyznę poziomą otrzymamy trójkąt przechwycenia $A E^1 C^1$, z którego na podstawie twierdzenia cosinusów otrzymamy, że:

$$S_{MRWW}^2 = D_{wykr}^2 + S_c^2 - 2 D_{wykr} S_c \cos KK_m; \quad /2.2/$$

albo, po podstawieniu wzoru na S_c ,

$$S_{MRWW}^2 = D_{wykr}^2 + \left[\frac{V_c}{t_{\Sigma} + t_{man}} + n / S_{MRWW} - S_{wzn} / \right]^2 - 2 D_{wykr} \left[\frac{V_c}{t_{\Sigma} + t_{man}} + n / S_{MRWW} - S_{wzn} / \right] \cos KK_m; \quad /2.3/$$

Po dokonaniu we wzorze /2.3/ szeregu przekształceń /podniesienie do kwadratu, redukcja wyrazów podobnych itp./, otrzymamy równanie kwadratowe szukanej wartości S_{MRWW} , którego rozwiązanie będzie następujące:

$$S_{MRWW} = \frac{\left[D_{wykr} \cos KK_m - \frac{V_c}{t_{\Sigma} + t_{man}} + n S_{wzn} \right]}{2} \pm \frac{\sqrt{n^2 \left[D_{wykr} \cos KK_m - \frac{V_c}{t_{\Sigma} + t_{man}} + n S_{wzn} \right]^2 + (1-n^2) \left\{ D_{wykr}^2 + \right\}}}{1-n^2}$$

$$\sqrt{\left[\frac{V_c}{t_\Sigma} + t_{man} - n S_{wzn} \right]^2 - 2 D_{wykr} \cos KK_m \left[\frac{V_c}{t_\Sigma} + t_{man} - n S_{wzn} \right]} \quad /2.4/$$

$$1 - n^2$$

W praktyce największe znaczenie ma rozwiązanie równania /2.4/ dla takiego przypadku, kiedy kierunek lotu celu przechodzi przez punkt początku naprowadzenia /lotnisko startu myśliwców/ lub w ich pobliżu to jest, kiedy $KK_m = 0$. Chodzi mianowicie o to, że najlepsze możliwości przechwycenia celu /przy wszystkich innych czynnikach jednakowych/ posiadają te myśliwce, których lotnisko bazowania leży na trasie lotu celu. Ten fakt należy uwzględnić podczas stawiania myśliwcom zadań na przechwycenie. Podstawiając do równania /2.4/ $KK_m = 0$, otrzymamy dwa pierwiastki równania /2.3/.

$$S_{MRWW} = \frac{D_{wykr} - V_c / t_\Sigma + t_{man} + n S_{wzn}}{1 + n};$$

$$S_{MRWW} = - \frac{D_{wykr} - V_c / t_\Sigma + n S_{wzn}}{1 - n};$$

Po uwzględnieniu zaś, że w momencie wprowadzenia do walki myśliwiec nie będzie znajdował się w tym samym punkcie co cel, lecz w pewnej odległości "d" za celem, otrzymamy następujące wzory na obliczenie możliwej rubieży wprowadzenia do walki:

$$S_{MRWW} = \frac{D_{wykr} - V_c / t_\Sigma + t_{man} + n S_{wzn} + d}{1 + n}; \quad /2.5/$$

gdzie: D_{wykr} jest to odległość wykrycia celu od lotniska, czyli odległość od lotniska startu myśliwców do miejsca /rubieży/ wykrycia celu, mierzona w płaszczyźnie poziomej

$$D_{wykr} = S_{wykr} + S_{RLS_L};$$

$$S_{wykr} = D_{wykr} - BRLS$$

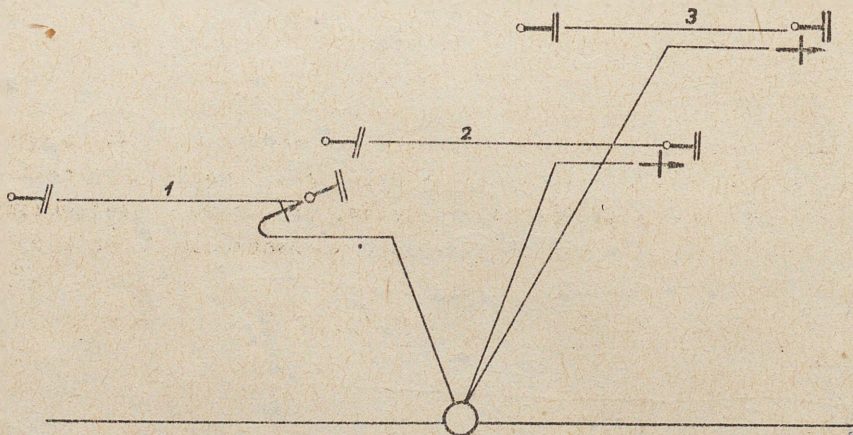
gdzie: S_{wykr} jest to odległość od miejsca, w którym stoi stacja radiolokacyjna /RLS/, która wykryła cel od miejsca /rubieży/ wykrycia celu, mierzona w płaszczyźnie poziomej;

S_{RLS_L} odległość od lotniska startu myśliwców do stacji radiolokacyjnej. Jeżeli RLS jest wysunięta przed lotnisko /w kierunku zagrożenia powietrznego/, to S_{RLS_L} ma znak dodatni, a jeżeli RLS znajduje się za lotniskiem - to ujemny.

oraz

$$S_{MRWW} = - \frac{D_{wykr} - V_c t_{\Sigma} + n S_{wzn} + d}{1 - n} \quad /2.6/$$

Wyprowadzenie wzoru /2.4/ oraz obliczenie pierwiastków równania dla $KK_m = 0$ - podane jest w załączniku nr 1.



Rys.2.2.

Wzór /2.5/ odnosi się do takiej sytuacji, kiedy myśliwce lecą na spotkanie celu, na kursach przeciwnych /przypadek 1, rys.2.2/. Natomiast wzór /2.6/ odnosi się do sytuacji, w której cel

został wykryty przed lotniskiem, lecz wznoszenie myśliwców przechwytyjących musi odbywać się na kursie zgodnym z kursem lotu celu /przypadek 2, rys.2.2/. Przechwycenie odbywa się na dopędzaniu. Dlatego we wzorze /2.6/ przyjęto $t_{\text{man}} = 0$.

Jeżeli cel w momencie wykrycia /lub przydzielenia/ znajduje się już za lotniskiem /przypadek 3, rys.2.2/, to przechwycenie odbywa się również na dopędzaniu / $KK_m = 180^\circ$ /. Podstawiając do równania /2.4/ wartość $KK_m = 180^\circ$ otrzymamy tylko jeden pierwiastek spełniający warunki zadania, a mianowicie:

$$S_{\text{MRWW}} = \frac{D_{\text{wykr}} + V_c t_\Sigma - n S_{\text{wzn}}}{1 - n};$$

Po uwzględnieniu zaś odległości "d" otrzymamy następujący wzór:

$$S_{\text{MRWW}} = \frac{D_{\text{wykr}} + V_c t - n S_{\text{wzn}} - d}{1 - n}; \quad /2.7/$$

W dotychczasowych rozważaniach rozpatrywaliśmy takie przypadki, w których myśliwiec, po wejściu na wysokość rozpoczęcia manewru lub na wysokości przechwycenia, leci jeszcze przez pewien czas poziomo do punktu początku manewru /przed lotniskiem/ lub punktu wprowadzenia do walki /za lotniskiem/.

Wiemy jednak, że samolot nie może wznosić się pionowo i myśliwiec lecący ze stałym kursem przebędzie do momentu wejścia na wysokość rozpoczęcia manewru - określoną odległość nachyloną, której rzut na płaszczyznę poziomą oznaczamy przez S_{wzn} .

Ponieważ myśliwce mogą wznosić się od punktu początku naprowadzania /lotniska startu/ we wszystkich kierunkach, to możliwe tory ich wznoszenia utworzą powierzchnię podobną do odwróconego stożka, rozchylającego się przy podstawie, którego wierzchołkiem będzie PPN /lotnisko/, a podstawą koło o promieniu związanym się ze wzrostem wysokości i równym S_{wzn} odpowiadającej danej wysokości. Odcinek poziomego lotu myśliwców będzie występował wtedy, kiedy w momencie zakończenia

przez nich wznoszenia, cel będzie znajdował się albo jeszcze przed stożkiem na odległości większej, aniżeli $v_c \cdot t_{man}$ /przypadek 1, rys. 2.3/, albo też już za stożkiem /przypadek 2, rys. 2.3/.

Tak więc wzór /2.5/ jest słuszny w warunkach, kiedy

$$D_{wykr} - v_c /t_{\Sigma} + t_{man}/ + d > S_{wzn}$$

Wzór natomiast /2.6/ odnosi się do takiej sytuacji, w której

$$|D_{wykr} - v_c t_{\Sigma} + d| > S_{wzn} \quad \text{i jednocześnie}$$

$$D_{wykr} - v_c t_{\Sigma} + d < 0;$$

Jeżeli założymy jednak, że:

$$|D_{wykr} - v_c /t_{\Sigma} + t_{man}/| < S_{wzn}$$

to w momencie zakończenia przez myśliwca wznoszenia cel będzie znajdował się w granicach stożka wznoszenia /przypadek 3, rys. 2.3/. Wówczas w sytuacji, kiedy jednocześnie

$$D_{wykr} - v_c /t_{\Sigma} + t_{man}/ > 0$$

odległość rubieży wprowadzenia do walki obliczamy według wzoru

$$S_{MRWW} = D_{wykr} - v_c t_{\Sigma} + d \quad /2.8/$$

Jeżeli zaś przy

$$|D_{wykr} - v_c /t_{\Sigma} + t_{man}/| < S_{wzn}$$

będzie spełniona nierówność

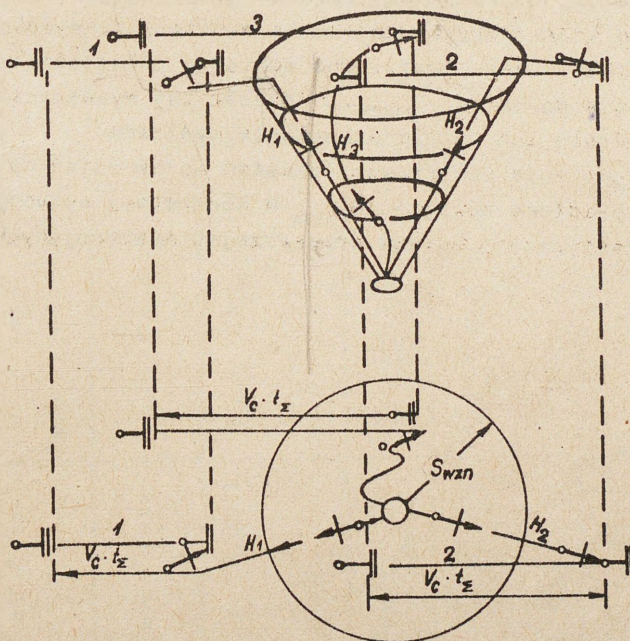
$$D_{wykr} - v_c /t_{\Sigma} + t_{man}/ < 0;$$

wówczas przy $D > 0$

$$S_{MRWW} = \left| D_{wykr} - v_c t_{\Sigma} + d \right| ; \quad /2.9/$$

a przy $D < 0$

$$S_{MRWW} = \left| - D_{wykr} + v_c t_{\Sigma} - d \right| ; \quad /2.10/$$



Rys.2.3.

W przypadkach, do których odnoszą się wzory /2.8/, /2.9/ i /2.10/ myślwiac nie może wznosić się ze stałym kursem /po linii prostej/, bo wtedy w końcowym momencie wznoszenia znalazłby się w przypadku /2.8/ za celem, a w przypadkach /2.9/ i /2.10/ przed celem, co zmusiłoby myślwiac do dodatkowych

manewrów i przesunęłoby rubież wprowadzenia do walki w głąb osłanianego rejonu.

Myśliwiec winien wznosić się po trasie łamanej tak, aby pozioma odległość punktu naboru wysokości od PPN była równa S_{MRWW} obliczonemu ze wzorów /2.8/, /2.9/ lub /2.10/.

Najczęściej myśliwiec nabiera część wysokości na kręgu, nad lotniskiem lub nad punktem początku naprowadzania, a następnie przechodzi do wznoszenia po linii prostej.

Wysokość, którą należy uzyskać nad PPN, jest to taka wysokość, od której droga wznoszenia myśliwca do wysokości punktu początku manewru jest równa wartości odległości rubieży wprowadzenia do walki $/S_{MRWW}/$. Wartość tej wysokości odczytujemy z wykresu lub tabeli wznoszenia myśliwca.

Na podstawie powyższych rozważań można dojść do wniosku, że aby prawidłowo obliczyć S_{MRWW} w konkretnej sytuacji nawigacyjno-taktycznej, należy przestrzegać następujących kryteriów:

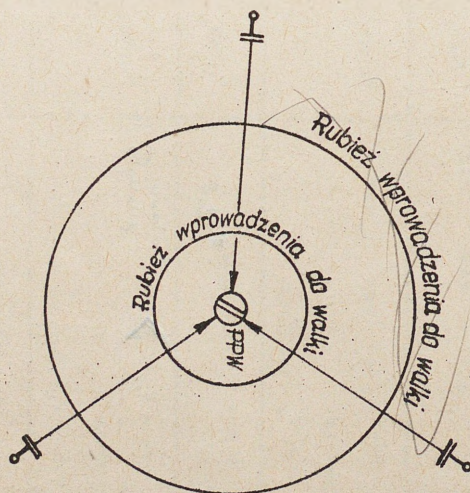
Lp.	Jeżeli jest spełniony warunek, że	Wówczas S_{MRWW} obliczamy wg następującego wzoru	Uwagi
1.	$0 < D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / S_{wzn} >$	$S_{MRWW} = \frac{D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / S_{wzn}}{1 + n}$	MRWW przed lotniskiem i przed stożkiem wznoszenia
2.	$0 < D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / S_{wzn} = S_{wzn}$	$S_{MRWW} = S_{wzn}$	MRWW przed lotniskiem, na krawędzi stożka wznoszenia
3.	$0 < D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / S_{wzn} < S_{wzn}$ i jednocześnie $D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} > S_{wzn}$	$S_{MRWW} = D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / S_{wzn}$	MRWW przed lotniskiem w stożku wznoszenia
4.	$0 < D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} < S_{wzn}$	$S_{MRWW} = D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma}$	MRWW przed lotniskiem w stożku wznoszenia
5.	$\pm D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} > 0$; i jednocześnie $\pm D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} < S_{wzn}$	$S_{MRWW} = \pm \left[D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} \right]$	MRWW za lotniskiem w stożku wznoszenia lub na krawędzi stożka.
6.	$\pm D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} < 0$; i jednocześnie $\pm D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} > S_{wzn}$	$S_{MRWW} = \left \frac{\pm D_{wykrL} + d - V_c / t_{\Sigma} + n S_{wzn}}{1 - n} \right $	MRWW za lotniskiem i za stożkiem wznoszenia

2.2. KSZTAŁT RUBIEŻY WPROWADZENIA DO WALKI

Rubież wprowadzenia do walki wykreśla się na mapie lub planie jako linię określonego kształtu, który zależy od konkretnej sytuacji taktyczno-nawigacyjnej i od przyjętych założeń. Najbardziej charakterystyczny i najczęściej spotykany kształt rubieży wprowadzenia do walki to:

- okrąg;
- okrąg spotkań;
- hiperbola;
- linia prosta.

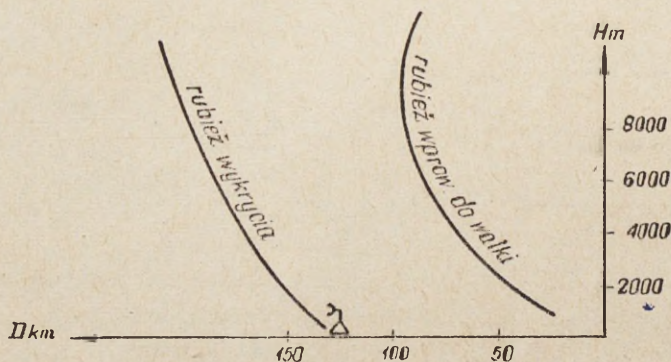
Rubież wprowadzenia do walki ma kształt okręgu wówczas, kiedy środki wykrycia umożliwiają wykrycie środków napadu powietrznego /lejących na danej wysokości/ we wszystkich kierunkach od lotniska lub PPN na jednakowej odległości, a wszystkie kierunki lotu środków napadu powietrznego przechodzą przez lotnisko lub PPN. Wówczas rubież wykrycia i rubież wprowadzenia do walki będą kołami współśrodkowymi, których środek leży na lotnisku /rys. 2.4/.



Rys. 2.4.

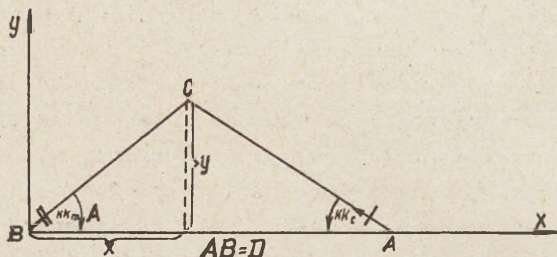
Ponieważ odległość rubieży wprowadzenia do walki będzie zmieniała się ze zmianą wysokości lotu celów i dla przedstawięcia możliwości wprowadzenia do walki w pewnym zakresie wysokości należałoby wykreślić na mapie szereg okręgów kół, co byłoby mało przejrzyste i niewygodne, dlatego najczęściej sporządza się wykres wartości odległości rubieży wprowadzenia do walki w funkcji wysokości lotu celu /rys. 2.5/.

Rubież wprowadzenia do walki jest okręgiem spotkań w takiej sytuacji, kiedy naprowadzamy myśliwców na środki napadu powietrznego startujące ze znanego nam /np. wg danych z rozpoznania/ lotniska i lecące w dowolnym kierunku, przy czym start myśliwców następuje po otrzymaniu danych o odejściu celu od tego lotniska. W tym wypadku uwzględniamy lot myśliwca do punktu spotkania z celem. Nie uwzględniamy natomiast manewru myśliwca dla wyjścia w tylną półsferę celu.



Rys.2.5.

Powyższy kształt rubieży wprowadzenia do walki można udowodnić oraz obliczyć jej wartość drogą następującego rozumowania: założmy, że w momencie odejścia celu z punktu B /rys.2.6/ w kierunku BC, myśliwiec znajdujący się na tej samej wysokości co cel, rozpoczyna lot z punktu A i jest naprowadzany na cel metodą równoległego zbliżenia.



Rys.2.6.

Obierzmy układ współrzędnych prostokątnych, którego początek znajduje się w punkcie B, a punkt A leży na osi X /rys.2.6/. Z trójkąta ABC, na podstawie twierdzenia cosinusów, mamy, że:

$$AC^2 = D^2 + BC^2 - 2 DBC \cos KK_m ; \quad /2.11/$$

gdzie: D - początkowa odległość między myśliwcem i celem. Oznaczając współrzędne punktu C przez X, Y i dokonując odpowiednich przekształceń otrzymujemy:

$$/X + \frac{D}{m^2 - 1} / + Y^2 = /-\frac{mD}{m^2 - 1} /^2 \quad /2.12/$$

Wyprowadzenie wzoru /2.12/ podane jest w załączniku nr 2. Wzór /2.12/ jest równaniem okręgu koła, współrzędne środka którego wynoszą $-\frac{D}{m^2 - 1}$ i 0, oraz o promieniu

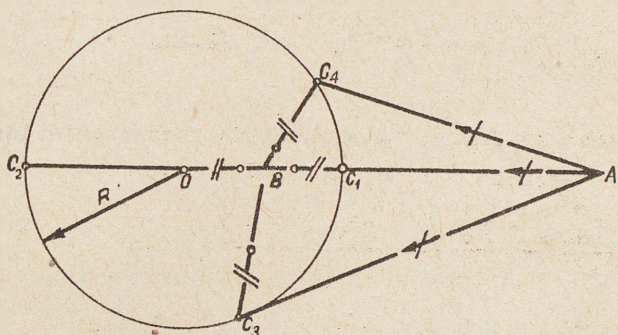
$$R = \frac{mD}{m^2 - 1}; \quad /2.13/$$

Jak wiadomo, ogólna postać równania okręgu o danych współrzędnych jego środka a i b oraz o promieniu R jest następująca:

$$/X - a /^2 + /Y - b /^2 = R^2$$

Przy dowolnym kierunku lotu celu z punktu B spotkania myśliwca lecącego z punktu A z celem możliwe jest w punktach leżących na okręgu spotkań C_1, C_2, C_3 /rys. 2.7/.

Punkt C_1 oznacza miejsce spotkania przy locie celu i myśliwca w kierunkach przeciwnych, punkt C_2 miejsce dopędzenia celu przez myśliwca przy locie w kierunkach zgodnych. Punkty C_3 i C_4 oznaczają punkty spotkania przy locie celu po trasach BC_3 lub BC_4 , a myśliwca po trasach AC_3 lub AC_4 . Czas lotu myśliwca i celu do punktu spotkania jest jednakowy.



Rys.2.7.

Przekształcając wzór /2.13/ otrzymamy:

$$R = \frac{mD}{m^2 - 1} = mD \frac{1}{m^2 - 1} = \frac{mD}{2} \left/ \frac{2}{m^2 - 1} \right/ = \frac{mD}{2} \left/ \frac{1+1}{m^2 - 1} \right/ = \frac{mD}{2}$$

$$\left/ \frac{m+1}{m^2 - 1} - \frac{m-1}{m^2 - 1} \right/ = \frac{mD}{2} \left/ \frac{1}{m-1} - \frac{1}{m+1} \right/ = \frac{1}{2} \left/ \frac{mD}{m-1} - \frac{mD}{m+1} \right/ ;$$

$$\text{czyli } R = \frac{1}{2} \left/ \frac{mD}{m-1} - \frac{mD}{m+1} \right/ ; \quad /2.14/$$

Ze wzoru /2.14/ wynika, że promień okręgu spotkań jest równy połowie różnicy między odległością, którą przebyłby myśliwiec dopędzający cel na kursach zgodnych, a odległością spotkania się tegoż myśliwca z celem na kursach przeciwnych. W więc

$$R = \frac{1}{2} \left/ S_{MRWW \text{ dop}} - S_{MRWW \text{ spotk.}} \right/ ; \quad /2.15/$$

Jeżeli założymy więc, że w chwili rozpoczęcia lotu przez cel myśliwiec znajduje się na tej samej wysokości, na kursie zgodnym lub przeciwnym w stosunku do kursu celu, wówczas droga myśliwca do punktu spotkania z celem wyniesie odpowiednio:

$$S_{MRWW \text{ dop.}} = \frac{mD}{m-1} \quad /2.16/$$

$$S_{MRWW \text{ spotk.}} = \frac{mD}{m+1} \quad /2.17/$$

Jeżeli natomiast założymy, że w momencie rozpoczęcia lotu przez cel myśliwiec znajduje się na lotnisku, to:

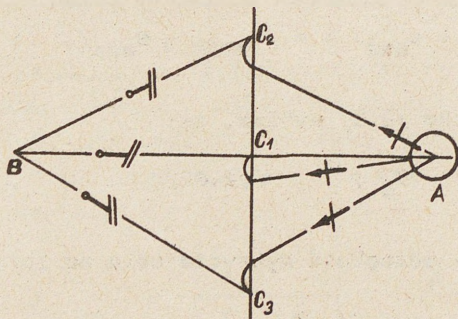
$$S_{MRWW \text{ dop.}} = \frac{[-D_{\text{wykr}} - V_c t_{\Sigma} + nS_{\text{wzn}} + d]}{1-n}; \text{ oraz} \quad /2.18/$$

$$S_{MRWW \text{ spotk.}} = \frac{D_{\text{wykr}} - V_c / t_{\Sigma} + t_{\text{man}} / + n S_{\text{wzn}} + d}{1+n}; \quad /2.19/$$

Obliczenia dla realnych warunków przechwycenia z dyżurwania na lotnisku wykazują, że wielkości promieni okręgów spotkań są stosunkowo duże.

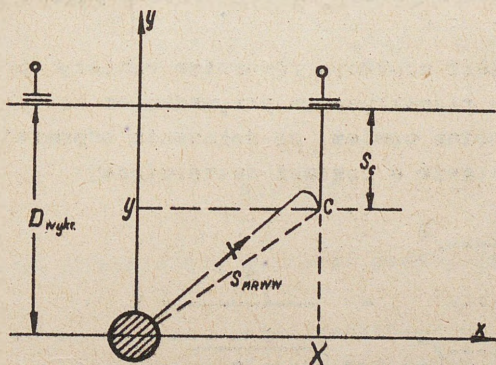
W takim wypadku, kiedy promień rubieży wprowadzenia do walki jest duży /rzędu kilkuset kilometrów/, a trzeba wykreślić odcinek rubieży o stosunkowo niewielkiej /50-100 km/ długości - można ten odcinek bez większych błędów przyjąć za linię prostą /za odcinek stycznej/. Wówczas należy tylko obliczyć punkt spotkania przy locie celu w kierunku na lotnisko myśliwców i poprowadzić przez ten punkt odcinek prostopadły do linii łączącej wyjściowe położenie celu i lotnisko. Ta prostopadła będzie odcinkiem rubieży wprowadzenia do walki. Ten wypadek jest przedstawiony na rysunku nr 2.8.

Rubież wprowadzenia do walki posiada kształt hiperboli w wypadku, kiedy rozpatrujemy możliwości przechwycenia środków napadu powietrznego lecących po trasach równoległych w pewnym pasie, w którym znajduje się lotnisko bazowania myśliwców przechwytyjących i kiedy rubież wykrycia jest prostopadła do kierunku lotu celów. A oto uzasadnienie:



Rys. 2.8.

Dla wyprowadzenia równania możliwej rubieży wprowadzenia do walki, jako miejsca geometrycznego punktów spotkań C /X, Y/ obieramy układ współrzędnych prostokątnych, którego początek pokrywa się z lotniskiem myśliwców, a oś Y posiada kierunek przeciwny do kierunku lotu celu rys. 2.9.



Rys. 2.9.

Droga celu do punktu spotkania C, o współrzędnych X, Y przy naprowadzaniu metodą równoległego zbliżenia wynosi:

$$S_c = V_c t_{\Sigma} + n / S_{MRWW} - S_{wzn} / i \quad /2.20/$$

a przy naprowadzeniu metodą manewru

$$S_c = V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / + n / S_{MRWW} - S_{wzn} / ; \quad /2.21/$$

Ponadto z rysunku /2.9/ wynika, że:

$$Y = D_{wykr} - S_c ; \quad /2.22/$$

gdzie: D_{wykr} - odległość wykrycia celu od lotniska oraz, że

$$S_{MRWW} = \sqrt{x^2 + y^2} ; \quad /2.23/$$

Jeżeli do wzoru /2.22/ podставimy równanie /2.20/ albo /2.21/ z uwzględnieniem /2.23/ i oznaczymy przez S_c wartość

$D_{wykr} - V_c t_{\Sigma} + n S_{wzn}$ lub wartość $D_{wykr} - V_c / t_{\Sigma} + t_{man} / +$

$n S_{wzn}$, to otrzymamy:

$$Y = S_c - n \sqrt{x^2 + y^2} ; \quad /2.24/$$

Przekształcenia wzoru /2.22/ na wzór /2.24/ podane są w załączniku nr 3.

Równanie /2.24/ jest szukany równaniem rubieży wprowadzenia do walki, która w rozpatrywanym przypadku ma kształt hiperboli. Równanie /2.24/ można bowiem, po dokonaniu odpowiednich przekształceń, przedstawić w postaci następującej:

$$\begin{aligned} /U - \frac{1}{1 - n^2} /^2 & - \frac{V^2}{1 - n^2} = 1 \\ / \frac{n}{1 - n^2} /^2 & - \frac{1}{1 - n^2} \end{aligned} \quad /2.25/$$

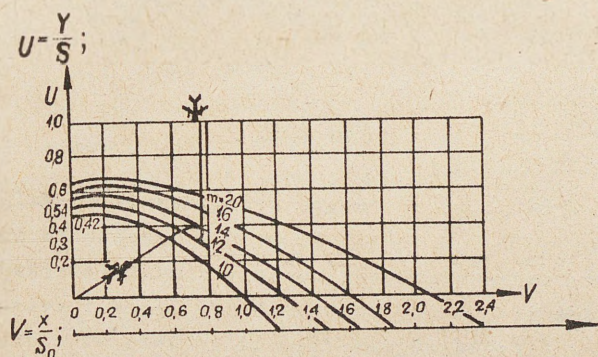
Równanie /2.25/ jest równaniem hiperboli ze środkiem przesuniętym w punkcie o współrzędnych:

$$U_0 = \frac{1}{1 - n^2} ; \quad V_0 = 0 ;$$

Przekształcenie równania /2.24/ w równanie /2.25/ podane jest w załączniku nr 4.

Przy pomocy wzorów /2.24/ i /2.25/ można zbudować wykres możliwych rubieży wprowadzenia do walki dla różnych wartości stosunków prędkości /n lub m/. Wykres taki, który jest przedstawiony na rysunku 2.10, wygodnie jest zbudować we współrzędnych odniesionych do wartości S_c

$$U = \frac{X}{S_c} ; \quad V = \frac{Y}{S_c} ; \quad /2.26/$$



Rys. 2.10.

Przykład posługiwania się wykresem podany jest w załączniku nr 5.

Przy pomocy wykresu przedstawionego na rys. 2.10 można, ogólnie mówiąc, wyznaczyć punkty spotkania i według nich wykreślić możliwe rubieży wprowadzenia do walki dla dowolnych kierunków lotu celu w stosunku do lotniska.

Przy wykreślaniu rubieży wprowadzenia do walki na mapie należy sprawdzić, czy punkty spotkania dla danej wysokości lotu celu nie znajdują się wewnątrz okręgu koła o promieniu S_{wzn} , a więc czy nie mają miejsca warunki, w których:

podstawie wyciągnąć wnioski, które środki napadu powietrznego można przechwytywać z położenia dyżurowania na lotniskach, a które należy zwalczać z położenia dyżurowania w powietrzu.

Natomiast podczas działań bojowych, przy naprowadzaniu myśliwca, nawigator naprowadzania najczęściej znajduje punkt spotkania myśliwca i celu przy pomocy linijek wyskalowanych w minutowych odcinkach lotu, jeżeli naprowadzenie odbywa się metodą równoległego zbliżania, a przy naprowadzaniu metodą manewru ponadto przy pomocy cyrkla przechwycenia.

Określenie położenia możliwej rubieży wprowadzenia do walki przy pomocy linijek wyskalowanych w minutowych odcinkach lotu jest metodą uproszczoną i mniej dokładną, aniżeli matematyczne obliczenie tej rubieży. Posiada ona natomiast tę istotną zaletę, że odbywa się w znacznie krótszym czasie i to nie tylko w wypadkach kiedy $KK_m = 0^\circ$ lub 180° , ale również w sytuacji kiedy KK_m jest różny od tych wartości. A w takich wypadkach obliczenie matematyczne S_{MRWW} polega na rozwiązaniu równania /2.4/ co wymaga stosunkowo długiego czasu i może być szybko wykonane tylko przy pomocy elektronicznych urządzeń liczących:

Określenie punktu spotkania opiera się na następującym rozumowaniu:

Założmy, że mamy punkt spotkania D /rys. 2.12/ oraz, że w momencie, kiedy myśliwiec otrzymał rozkaz startu i lotu od punktu początku naprowadzenia /lotniska/ do punktu D, cel znajdował się w punkcie B i leciał również do punktu D. Założmy dalej, że myśliwiec przez cały czas leci z pewną prędkością lotu poziomego V_m . Czas lotu myśliwca do punktu spotkania wyniesie:

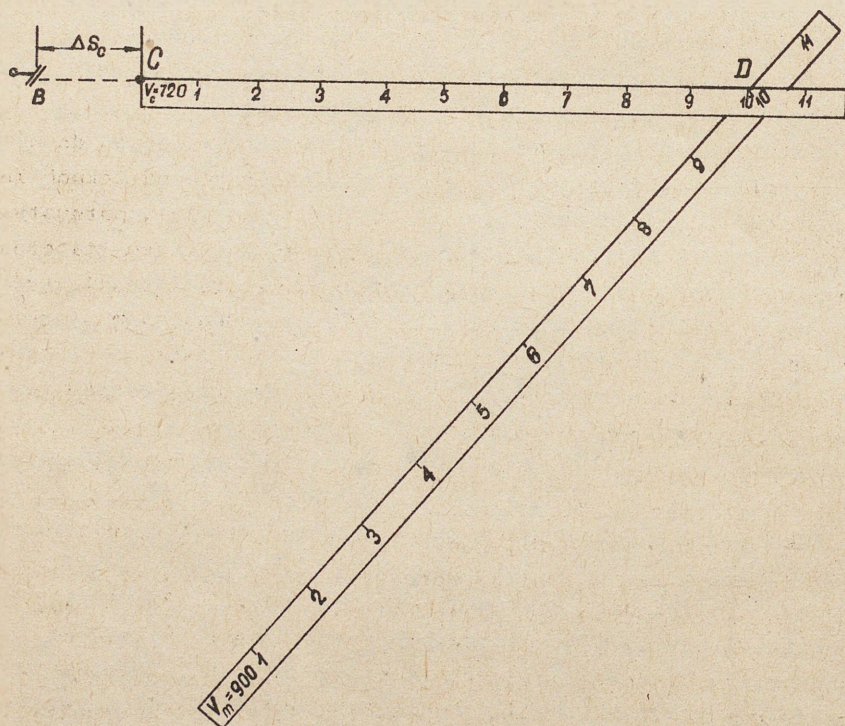
$$t_{myśl} = \frac{S_{wzn}}{V_m} + t_{poz} + t_{man} ;$$

Natomiast czas lotu celu do tego samego punktu będzie równy:

$$t_c = t_{pas} + t_{wzn} + t_{poz} + t_{man} = t_{\Sigma} + t_{poz} + t_{man} ;$$

widzimy, że $t_c > t_{myśl}$, czyli, że cel przybędzie do punktu spotkania później aniżeli myśliwiec. Jednocześnie z myśliwcem przybycie celu do punktu D miałyby miejsce tylko wtedy, jeżeli

za punkt wyjściowy do obliczeń byłoby przyjęte nie rzeczywiste położenie celu, lecz jego położenie obliczone, to jest taki punkt C na linii drogi celu, z którego czas lotu celu do punktu D byłby równy czasowi lotu myśliwca do tegoż punktu.



Rys. 2.12.

Potrzebna wielkość przesunięcia wyjściowego położenia celu, czyli odcinek BC, wyniesie:

$$\begin{aligned} \Delta S_c &= v_c / t_c - t_{\text{myśl}} / = v_c \left[t_{\Sigma} + t_{\text{poz}} + t_{\text{man}} - \left(\frac{S_{\text{wzn}}}{v_m} + t_{\text{poz}} + t_{\text{man}} \right) \right] = \\ &= v_c / t_{\Sigma} - \frac{S_{\text{wzn}}}{v_m} = v_c t_{\Sigma} - \frac{v_c}{v_m} S_{\text{wzn}} = v_c t_{\Sigma} - n S_{\text{wzn}} \end{aligned}$$

Tak więc, przy obliczeniu punktu spotkania przy pomocy linijek wyskalowanych w proporcjonalnych /minutowych/ odcinkach lotu, należy linijkę prędkości celu przyłożyć zerem nie w punkcie obliczonego miejsca znajdowania się celu, lecz w punkcie wysuniętym o odcinek:

$$\Delta S_c = v_c t_\Sigma - n S_{wzn}, \text{ w kierunku lotu celu.}$$

Linijkę zaś prędkości myśliwca należy przyłożyć zerem w początkowym punkcie naprowadzania i obracając ją jak cyrklem, ustawić tak, aby w punkcie przecięcia obu linijek była na każdej z nich jednakowa wartość czasu. A więc rozwiązujemy zadanie tak, jak gdyby myśliwiec i cel znajdowały się na tej samej wysokości. W przypadku znajdowania się myśliwca i celu na jednakowej wysokości, linijki przykładamy wartościami zerowymi do punktów oznaczających jednocześnie położenie myśliwca i celu.

Przy pomocy linijek proporcjonalnych /minutowych/ odcinków można nie tylko określić punkt wprowadzenia do walki, ale można również znaleźć możliwe rubieże wprowadzenia myśliwców do walki przeciwko celom, których trasy lotu nie przechodzą przez lotnisko startu myśliwców.

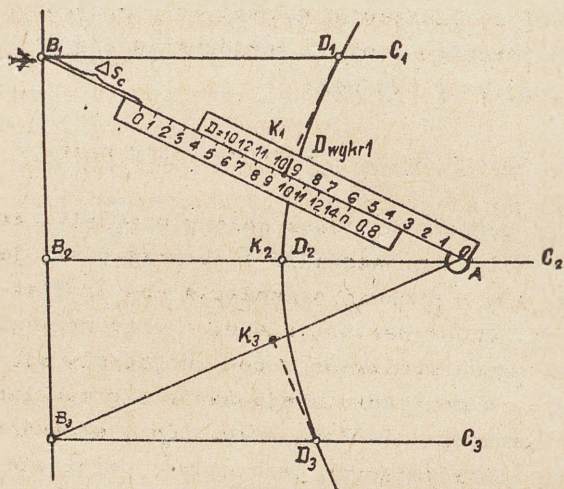
Istota wykreślenia rubieży wprowadzenia do walki za pomocą linijek proporcjonalnych odcinków jest w tym wypadku następująca:

Na mapę wrysowujemy rubież wykrycia i oznaczamy na niej kilka punktów B_1, B_2, B_3 itd././ /rys.2.13/. Przez te punkty wykreślamy proste B_1C_1, B_2C_2, B_3C_3 itd././, odpowiednio do założonego kierunku lotu celu, przy czym kierunek lotu celu dla środkowego punktu B_2 winien przechodzić przez lotnisko myśliwców A /. Następnie każdy z obranych punktów łączymy linią prostą z lotniskiem myśliwców i od każdego punktu odkładamy na prostej łączącej odcinki:

$$\Delta S_c = v_c t_\Sigma - n S_{wzn} ;$$

$$\text{Lub } \Delta S_c = v_c /t_\Sigma + t_{man}/ - n S_{wzn} ; \quad /2.28/$$

zależnie od przewidywanej metody naprowadzania myśliwców.



Rys. 2.13.

Na każdej prostej łączącej znajdujemy przy pomocy linijek proporcjonalnych odcinków punkt spotkania K_1, K_2, K_3 przy locie celu i myśliwców na kursach przeciwnych.

W celu znalezienia punktów spotkania na trasach celów nie przechodzących przez lotnisko - wykorzystujemy własność okręgu spotkań. Punkty spotkań na prostych B_1A i B_1C_1 leżą na tym samym okręgu spotkań lub /w przybliżeniu/ znajdują się na prostopadłej do B_1A przechodzącej przez punkt D_1 . Wobec tego, po wykreśleniu z punktu K_1 i K_3 prostopadłych i znalezieniu punktów ich przecięcia z interesującymi nas trasami celów /punkty D_1, D_2, D_3 / oraz połączeniu tych punktów linią ciągłą, otrzymamy możliwą rubież wprowadzenia do walki dla założonych warunków.

Na mapie wpisuje się, obok rubieży wprowadzenia do walki, wysokości i prędkości lotu celu oraz wielkość grupy myśliwców, dla której rubież została obliczona.

3. ZASADY OBLICZANIA RUBIEŻY STARTU

W sytuacji, kiedy stanowisko dowodzenia otrzymuje dane o celach na tyle wcześnie, że nie powstaje konieczność natychmiastowego startu myśliwców, należy obliczyć odległość rubieży startu.

Czas lotu myśliwca od momentu rozpoczęcia startu /lub wydania komendy na start/ do punktu wprowadzenia do walki obliczamy ze wzoru:

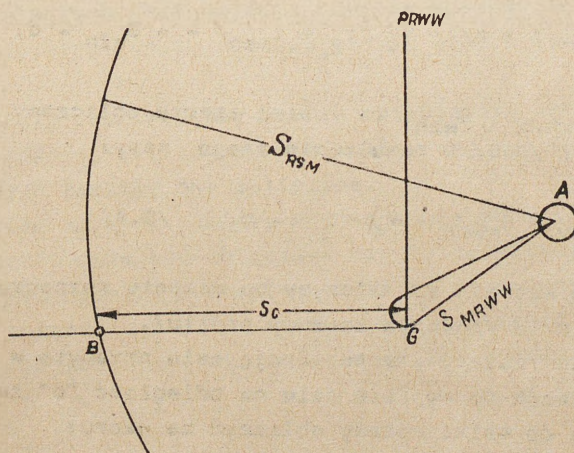
$$t_{\text{myśl}} = t_{\text{pas}} + t_{\text{wzn}} + t_{\text{poz}} + t_{\text{man}} ; \quad /3.1/$$

gdzie: t_{pas} - czas od momentu rozpoczęcia startu /wydania komendy startu/ do wyjścia myśliwca w punkt początku naprowadzenia.

Start myśliwca winien więc nastąpić w momencie, kiedy cel znajduje się przed nakazaną rubieżą wprowadzenia do walki na odległości

$$S_c = V_c \cdot t_{\text{myśl}} - d ; \quad /3.2/$$

Ogólna zasada określania odległości rubieży startu jest przedstawiona na rysunku /3.1/.



Rys. 3.1

Przy pomocy wzorów /3.1/ i /3.2/ można obliczyć, z uwzględnieniem określonych warunków sytuacji, czasy startu myśliwców i odpowiadające im położenie celu, czyli rubieżę startu, dla dowolnego kierunku lotu celu i dowolnego punktu wyjścia celu na rubież wprowadzenia do walki.

Odległość rubieży startu oblicza się w okresie przygotowania do działań dla najbardziej prawdopodobnych warunków i wrysowuje się na mapę lub planzeta. W trakcie działań bojowych ułatwia to nawigatorowi określenie momentów startu myśliwców, dla przechwycenia konkretnych celów.

Uwzględniając fakt, że w warunkach stałej prędkości i wysokości lotu celu - droga celu do punktu przechwycenia nie zależy od kierunku jego lotu, odległość rubieży startu obliczamy, przyjmując, że kierunek lotu celu przechodzi przez lotnisko myśliwców.

Odległość rubieży startu /rubieży podania komendy startu/ S_{RSM} obliczamy jako wielkość równą potrzebnej początkowej odległości od celu do lotniska myśliwców w zależności od tego, czy $S_{MRWW} > S_{wzn}$, czy też $S_{MRWW} < S_{wzn}$.

Jeżeli $S_{MRWW} > S_{wzn}$, to rubieżę startu /rubież podania komendy startu/ obliczamy przekształcając wzór /2.5/ i podstawiając S_{RSM} na miejsce D_{wykr} .

Otrzymujemy

$$S_{RSM} = S_{MRWW} / 1 + n / + V_c / t_{\Sigma_1} + t_{man} / - n S_{wzn} - d; \quad /3.3/$$

Jeżeli zaś $S_{MRWW} < S_{wzn}$, to rubieżę startu obliczamy przekształcając wzór /2.5/ w rezultacie czego mamy:

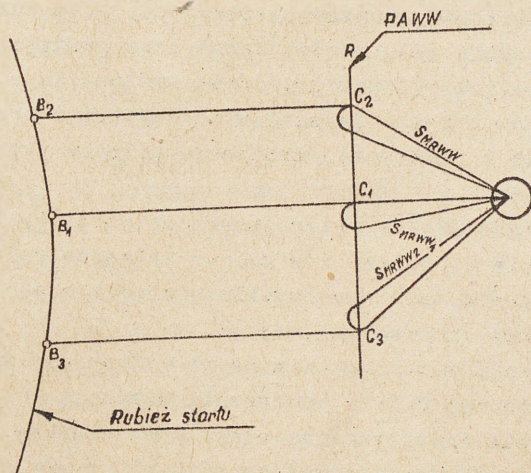
$$S_{RSM} = S_{MRWW} + V_c t_{\Sigma_1} - d; \quad /3.4/$$

W powyższych wzorach t_{Σ_1} liczymy od momentu rozpoczęcia przez myśliwców startu /podania komendy startu/.

Po obliczeniu rubieży startu, drogę celu przebytą w czasie od startu myśliwców do wyjścia celu na odległość "d" za rubież wprowadzenia do walki możemy obliczyć ze wzoru:

$$S_c = S_{RSM} - S_{MRWW};$$

Obliczoną wartość S_C odkładamy na kierunku lotu celu przechodzącym przez lotnisko myśliwców, poczynając od punktu wysuniętego o odległość "d" za rubież wprowadzenia do walki, w kierunku, z którego leci cel. Koniec tego odcinka /punkt B_1 na rys. 3.2/ wyznaczy punkt rubieży startu.



Rys. 3.2.

Następnie obliczamy S_{RSM} i S_C dla kilku punktów przecięcia równoległych tras celów z rubieżą wprowadzenia do walki. Łącząc uzyskane punkty rubieży startu otrzymujemy rubież startu.

Na mapie obok rubieży startu wpisauje się warunki /wysokości i prędkości lotu celu, wielkość grupy myśliwców itp./, dla których zostały one obliczone.

Wartość zarówno rubieży wprowadzenia do walki, jak też rubieży startu może być obliczana nie tylko matematycznie, ale również przy pomocy wykresów, które są zbudowane na podstawie podanej uprzednio analizy matematycznej i które skracaając czas wykonywania obliczeń, nie zmieniając ich zasady.

Z A K O Ń C Z E N I E

Dokonując ogólnej oceny przechwytywania środków napadu powietrznego z dyżurowania na lotniskach należy stwierdzić, że posiada ono szereg właściwości dodatnich i ujemnych. Do właściwości dodatnich należą:

- ekonomiczne wykorzystanie myśliwców wydzielonych do przechwytywania SNP, ponieważ start następuje dopiero po wykryciu i rozpoznaniu celu powietrznego oraz powzięcia decyzji, że będzie on zwalczany przez lotnictwo myśliwskie z danego lotniska. W związku z tym mniejsze, w porównaniu z przechwytywaniem z dyżurowania w powietrzu, zmęczenie pilotów oraz zużycie samolotów i paliwa;

- możliwość użycia dyżurujących na lotnisku myśliwców w całym zakresie wysokości i w pełnym zakresie taktycznego promienia działania, ponieważ myśliwcy startują na przechwycenie celu, z pełnym zapasem paliwa;

- możliwość wykorzystania najbardziej odpowiedniego dla zwalczania danego celu w konkretnej sytuacji /pora doby, pogoda, zakłócenia itp./ typu samolotu oraz środków rażenia /w sytuacji, kiedy dyżurują samoloty różnych typów oraz z różnymi środkami rażenia/.

Przechwytywanie środków napadu powietrznego z dyżurowania na lotniskach ma również szereg właściwości ujemnych, a mianowicie:

- bardzo wysokie i nie zawsze możliwe do spełnienia, wymagania wobec systemu wykrywania, powiadamiania, dowodzenia i naprowadzania w zakresie wykrycia celu wystarczająco daleko, podania komendy startu możliwe po jak najkrótszym czasie od momentu wykrycia celu oraz w zakresie skuteczności naprowadzania tak, aby samoloty działające z dyżurowania na lotnisku zostały wprowadzone do walki na potrzebnej rubieży i wykonały zadanie osłony;

- mimo doskonalenia systemu wykrywania, dowodzenia i naprowadzania często z przyczyn obiektywnych, nie ma możliwości wykonania zadania osłony z dyżurowania na lotnisku, szczególnie w warunkach nalotu SNP na skrajnie małych i skrajnie dużych wysokościach, w oparciu o własne środki wykrywania.

Dla uzyskania wcześniejszych informacji o SNP powstaje często konieczność korzystania z informacji sąsiadów, co wymaga posiadania sąsiadów na kierunku zagrożenia powietrznego oraz skutecznego współdziałania z nimi;

- duża wrażliwość na zakłócenia radiotechniczne systemu wykrywania, powiadamiania, dowodzenia i naprowadzania z uwagi na stosunkowo długi okres czasu od momentu wykrycia celu do momentu jego przechwycenia;

- dłuższy, niż w warunkach przechwytywania z dyżurowania w powietrzu, czas potrzebny na wprowadzenie potrzebnej /będącej do dyspozycji/ ilości samolotów lotnictwa myśliwskiego do walki, z uwagi na dłuższy czas trwania cyklu naprowadzania /czasu od podania pierwszej komendy naprowadzenia do momentu wprowadzenia do walki/;

- znaczne niebezpieczeństwo ograniczenia możliwości użycia wszystkich dyżurujących na lotniskach myśliwców, w wyniku uderzeń na ich lotniska z powietrza lub z ziemi.

Reasumując należy stwierdzić, że przechwytywanie SNP z dyżurowania na lotniskach może zapewnić wykonanie zadania osłony tylko w warunkach odpowiednio dalekiego wykrycia celów i wystarczająco wczesnego podania komendy startu, co nie zawsze jest możliwe. Dlatego ten sposób działań bojowych LM należy stosować równocześnie z przechwytywaniem SNP z dyżurowania w powietrzu i z samodzielnym zwalczaniem SNP przez myśliwców.

Dowódcy, przy pomocy, między innymi, służby nawigatorskiej, winni stwarzać taką sytuację nawigacyjno-taktyczną, która pozwala w pełni wykorzystać dodatnie właściwości przechwytywania z dyżurowania na lotniskach i jednocześnie maksymalnie ograniczyć wpływ właściwości ujemnych tego sposobu działań bojowych lotnictwa.

Wyprowadzenie wzoru (2.4.7) oraz obliczenie pierwiastków równaniadla $KK_m = 0^0$

z punktu 2.1. . wynika, że:

$$S_{NRNH} = D_{wykr}^2 + S_c^2 - 2 D_{wykr} S_c \cos KK_m; \quad (A)$$

gdzie:

$$S_c = V_c (t_x + t_{man}) + r_2 (S_{NRNH} - S_{Nzr});$$

Podstawiając powyższą wartość S_c do równania (A) otrzymamy:

$$S_{NRNH}^2 = D_{wykr}^2 \cdot [V_c (t_x + t_{man}) + r_2 (S_{NRNH} - S_{Nzr})]^2 - \\ - 2 D_{wykr} \cos KK_m [V_c (t_x + t_{man}) + r_2 (S_{NRNH} - S_{Nzr})];$$

Po pomnożeniu do kwadratu wyrażenia w nawiasie kwadratowym, otrzymamy:

$$S_{NRNH}^2 = D_{wykr}^2 + V_c^2 (t_x + t_{man})^2 + 2 r_2 V_c (t_x + t_{man}) (S_{NRNH} - S_{Nzr}) + \\ + r_2^2 (S_{NRNH} - S_{Nzr})^2 - 2 D_{wykr} V_c (t_x + t_{man}) \cos KK_m - \\ - 2 r_2 D_{wykr} (S_{NRNH} - S_{Nzr}) \cos KK_m;$$

Wykonujemy odpowiednie działania mnożenia i podnoszenia do kwadratu:

$$S_{NRNH}^2 = D_{wykr}^2 + V_c^2 (t_x + t_{man})^2 + 2 r_2 V_c S_{NRNH} (t_x + t_{man}) - \\ - 2 r_2 V_c S_{Nzr} (t_x + t_{man}) + r_2^2 S_{NRNH}^2 - 2 r_2^2 S_{NRNH} S_{Nzr} + r_2^2 S_{Nzr}^2 - \\ - 2 D_{wykr} V_c (t_x + t_{man}) \cos KK_m - 2 r_2 D_{wykr} S_{NRNH} \cos KK_m + \\ + 2 r_2 S_{Nzr} D_{wykr} \cos KK_m;$$

Po zignorowaniu wspólnego czynnika przed nawias doprowadzamy równanie do postaci kanonicznej względem niewiadomej S_{NRNH} :

$$S_{NRNH}^2 - r_2^2 S_{NRNH} + 2 r_2 S_{NRNH} [r_2 S_{Nzr} - V_c (t_x + t_{man}) + D_{wykr} \cos KK_m] - \\ - D_{wykr}^2 - [V_c^2 (t_x + t_{man})^2 - 2 r_2 V_c S_{Nzr} (t_x + t_{man}) + r_2^2 S_{Nzr}^2] + \\ + 2 D_{wykr} V_c (t_x + t_{man}) \cos KK_m - 2 r_2 D_{wykr} S_{Nzr} \cos KK_m = 0;$$

Uwzględniając to, że drugi człon wyrazu wolnego /w nawiasie kwadratowy/ jest kwadratem różnicy oraz wyciągając z trzeciego i czwartego go składnika przed nawias $2 D_{wykr} \cos KK_m$, otrzymamy:

$$(1-r^2)S_{HRWH} + 2rS_{HRWH}[rS_{WZr} - V_c(t_x + t_{mon}) + D_{wykr} \cos KK_m] - \\ - D_{wykr}^2 - [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]^2 + 2D_{wykr} \cos KK_m [V_c(t_x + t_{mon}) - \\ - rS_{WZr}] = 0;$$

czyli:

$$(1-r^2)S_{HRWH} + 2rS_{HRWH}[rS_{WZr} - V_c(t_x + t_{mon}) + D_{wykr} \cos KK_m] - \\ - \{D_{wykr}^2 + [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]^2 - 2D_{wykr} \cos KK_m [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]\} = 0;$$

Rozwiązujemy powyższe równanie względem S_{HRWH} :

$$\Delta = 4r^2[rS_{WZr} - V_c(t_x + t_{mon}) + D_{wykr} \cos KK_m]^2 + 4(1-r^2) \cdot \{D_{wykr}^2 + \\ + [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]^2 - 2D_{wykr} \cos KK_m [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]\};$$

$$S_{HRWH} = - \frac{2r[rS_{WZr} - V_c(t_x + t_{mon}) + D_{wykr} \cos KK_m] + \\ + \sqrt{4r^2[rS_{WZr} - V_c(t_x + t_{mon}) + D_{wykr} \cos KK_m]^2 + 4(1-r^2) \{D_{wykr}^2 + [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]^2 - \\ - 2D_{wykr} \cos KK_m [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]\}}}{2(1-r^2)};$$

Skracając przez 2 otrzymujemy ogólne rozwiązanie:

$$S_{HRWH,2} = \frac{r[rS_{WZr} - V_c(t_x + t_{mon}) + D_{wykr} \cos KK_m] + \\ + \sqrt{r^2[rS_{WZr} - V_c(t_x + t_{mon}) + D_{wykr} \cos KK_m]^2 + (1-r^2) \{D_{wykr}^2 + [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]^2 - \\ - 2D_{wykr} \cos KK_m [V_c(t_x + t_{mon}) - rS_{WZr}]\}}}{1-r^2};$$

Ponieważ przy $KK_m = 0^\circ$, $\cos KK_m = 1$, to w tym szczególnym wypadku otrzymamy następujące rozwiązanie:

$$S_{MRWH_{1,2}} = - \frac{n [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]}{1 - n^2} +$$

$$+ \frac{\sqrt{n^2 [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]^2 + (1 - n^2) \{ [D_{Hykr}^2 [Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) - n S_{H2n}]^2 - 2 D_{Hykr} [Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) - n S_{H2n}] \}}}{1 - n^2}$$

$$S_{MRWH_{1,2}} = - \frac{n [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]}{1 - n^2} +$$

$$+ \frac{\sqrt{n^2 [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]^2 + (1 - n^2) \{ [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]^2 \}}}{1 - n^2}$$

Ponieważ w nawiasie klamrowym występuje kwadrat różnicy, to możemy napisać, że:

$$S_{MRWH_{1,2}} = - \frac{n [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]}{1 - n^2} +$$

$$+ \frac{\sqrt{n^2 [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]^2 + [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]^2 - n^2 [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]^2}}{1 - n^2} =$$

$$= - \frac{n [n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}]}{1 - n^2} + \frac{[n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}] \sqrt{n^2 + 1 - n^2}}{1 - n^2} =$$

$$= \frac{[n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}] (-n + 1)}{1 - n^2};$$

Wobec tego:

$$S_{MRWH_1} = \frac{[n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}] (1 - n)}{(1 - n)(1 + n)} = \frac{D_{Hykr} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + n S_{H2n}}{1 + n};$$

$$S_{MRWH_2} = - \frac{[n S_{H2n} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + D_{Hykr}] (1 + n)}{(1 - n)(1 + n)} = - \frac{D_{Hykr} - Vc(t_{\Sigma} + t_{man}) + n S_{H2n}}{1 - n};$$

Wyprowadzenie wzoru /2.12/

Z trójkąta ABC /rys.2.6/, na podstawie twierdzenia cosinusów mamy:

$$AC^2 = D^2 + BC^2 - 2D BC \cos KK_m ; \quad /1z/$$

gdzie: D = AB - początkowa odległość między myśliwcem i celem;

uwzględniając, że $a/ BC^2 = x^2 + Y^2$

oraz że $b/ AC = m \sqrt{x^2 + Y^2}$; /ponieważ $S_m = mS_c/;$

c/ $X = BC \cos KK_m$.

Podstawiając powyższe wartości do /1z/ otrzymamy:

$$m^2 /x^2 + Y^2/ = D^2 + x^2 + Y^2 - 2DX ;$$

Przenosząc wszystkie wielkości, prócz D^2 , na lewą stronę równania oraz dokonując mnożenia, otrzymamy:

$$m^2 x^2 + m^2 Y^2 - x^2 + Y^2 + 2DX = D^2 ;$$

Wyciągamy x^2 i Y^2 przed nawias:

$$x^2 /m^2 - 1/ + 2DX + Y^2 /m^2 - 1/ = D^2 ;$$

Dzieląc obydwie strony równania przez $m^2 - 1$ i dodając do każdej z nich $\frac{D^2}{m^2 - 1/2}$, otrzymujemy:

$$x^2 + \frac{2D}{m^2 - 1} X + \frac{D^2}{m^2 - 1/2} + Y^2 = \frac{D^2}{m^2 - 1} + \frac{D^2}{m^2 - 1/2} ;$$

Uwzględniając, że $x^2 + \frac{2D}{m^2 - 1} X + \frac{D^2}{m^2 - 1/2} = /X + \frac{D}{m^2 - 1}/^2$

oraz, że $\frac{D^2}{m^2 - 1} + \frac{D^2}{m^2 - 1/2} = \frac{D^2/m^2 - 1 + D^2}{m^2 - 1/2} = \frac{D^2 m^2 - D^2 + D^2}{m^2 - 1/2} = \frac{D^2 m^2}{m^2 - 1/2}$

$$= / \frac{m D}{m^2 - 1} /^2$$

otrzymamy:

$$/X + \frac{D}{m^2 - 1} /^2 + Y^2 = / \frac{m D}{m^2 - 1} /^2 ; \quad /2.12/$$

Przekształcenie wzoru /2.22/ na wzór /2.24/

Podstawiając do wzoru /2.22/ równanie /2.20/ otrzymamy:

$$Y = D_{wykr} - \left[v_c t_{\Sigma} + n / S_{MRWW} - S_{wzn} / \right] =$$

$$= D_{wykr} - v_c t_{\Sigma} + n S_{wzn} - n S_{MRWW} ;$$

Podstawiając zaś do wzoru /2.22/ równanie /2.21/ otrzymamy:

$$Y = D_{wykr} - \left[v_c / t_{\Sigma} + t_{man} / + n / S_{MRWW} - S_{wzn} / \right] =$$

$$= D_{wykr} - v_c / t_{\Sigma} + t_{man} / + n S_{wzn} - n S_{MRWW}$$

Oznaczając przez S_0 wartość $D_{wykr} - v_c t_{\Sigma} + n S_{wzn}$ lub wartość

$D_{wykr} - v_c / t_{\Sigma} + t_{man} / + n S_{wzn}$ otrzymamy:

$$Y = S_0 - n S_{MRWW}$$

Podstawiając w miejsce S_{MRWW} wartość /2.23/ mamy:

$$Y = S_0 - n \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Przekształcenie równania /2.24/ w równanie /2.25/

Mamy, że: $Y = S_0 - n \sqrt{X^2 + Y^2}$; /2.24/

Po przeniesieniu S_0 na lewą stronę równania, pomnożeniu obu stron równania przez minus jeden oraz podniesieniu obu stron do kwadratu otrzymujemy:

$$/S_0 - Y/^2 = n^2 /X^2 + Y^2/$$

Znośmy nawiasy i dzielimy obydwie strony równania przez S_0^2 :

$$\frac{S_0^2 - 2 S_0 Y + Y^2}{S_0^2} = \frac{n^2 X^2 + n^2 Y^2}{S_0^2}$$

Przenosimy wartość znajdującą się po prawej stronie znaku równości na stronę lewą:

$$\frac{S_0^2 - 2 S_0 Y + Y^2 - n^2 X^2 - n^2 Y^2}{S_0^2} = 0 ;$$

Wyciągamy Y^2 przed nawias i zapisujemy równanie w postaci oddzielnych ułamków:

$$\frac{S_0^2}{S_0^2} + \frac{Y^2}{S_0^2} /1 - n^2/ - \frac{2 Y S_0}{S_0 \cdot S_0} - \frac{n^2 X^2}{S_0^2} = 0 ;$$

Przyjmując, że $\frac{Y}{S_0} = U$; oraz $\frac{X}{S_0} = V$; otrzymujemy

$$1 + U^2 /1 - n^2/ - 2 U - n^2 V^2 = 0 ;$$

Mnożąc obydwie strony równania przez minus jeden oraz przenosząc minus jeden na stronę prawą otrzymujemy:

$$U^2 / n^2 - 1/ + 2U + n^2 v^2 = 1$$

Dzieląc następnie obydwie strony równania przez $n^2 - 1$ oraz dodając do każdej z nich wielkość $\frac{1}{1 - n^2/2}$, otrzymamy:

$$U^2 + \frac{2}{n^2 - 1} U + \frac{1}{1 - n^2/2} + \frac{n^2}{n^2 - 1} v^2 = \frac{1}{1 - n^2/2} + \frac{1}{n^2 - 1} ;$$

zmieniając znak przed pierwszym i trzecim ułamkiem po lewej i przed drugim po prawej stronie równania oraz mnożąc jednocześnie te ułamki przez minus jeden, otrzymamy:

$$U^2 - \frac{2}{1 - n^2} U + \frac{1}{1 - n^2/2} - \frac{n^2}{1 - n^2} v^2 = \frac{1}{1 - n^2/2} - \frac{1}{1 - n^2} ;$$

uwzględniając kwadrat różnicy po lewej stronie równania i sprowadzając prawę do wspólnego mianownika zapisujemy:

$$\left(U - \frac{1}{1 - n^2} \right)^2 - \frac{n^2}{1 - n^2} v^2 = \frac{1}{1 - n^2} \left(\frac{1}{1 - n^2/2} - 1 \right) ;$$

i ostatecznie, po podzieleniu obu stron równania przez

$$\left(\frac{1}{1 - n^2} \right)^2$$

otrzymujemy, że:
$$\frac{\left(U - \frac{1}{1 - n^2} \right)^2}{\left(\frac{1}{1 - n^2} \right)^2} - \frac{v^2}{\frac{1}{1 - n^2}} = 1 ; \quad /2.25/$$

Wzór /2.25/ jest równaniem hiperboli ze środkiem przesuniętym w punkt o współrzędnych:

$$U_0 = \frac{1}{1 - n^2} ; \quad v_0 = 0 ;$$

Przykład posługiwania się wykresem przedstawionym na rysunku /2.10/.

Określić punkty spotkania z celem z położenia dyżurowania na lotnisku, dla wypadków przelotu celów z boku lotniska w odległościach:

$X_1 = 0$; $X_2 = 80$ km; $X_3 = 120$ km, mając dane:

$$D_{\text{wykr}} = 220 \text{ km}$$

$$t_{\Sigma} = 5 \text{ min.}$$

$$t_{\text{man}} = 1 \text{ min.}$$

$$V_m = 1080 \text{ km/h}$$

$$V_c = 900 \text{ km/h}$$

$$n = \frac{1080}{900} = 1,2 ;$$

$$S_{\text{wzn.}} = 40 \text{ km}$$

$$\frac{900}{1080} = 0,83 ;$$

Obliczamy S_0

$$S_0 = D_{\text{wykr}} = V_c / t_{\Sigma} + t_{\text{man}} + n S_{\text{wzn.}}$$

$$S_0 = 220 - \frac{900}{60} / 5 + 1 + 0,83 \cdot 40 = 220 - 90 + 33 = 163 \text{ km}$$

Dla $V_1 = \frac{X_1}{S_0} = 0$. Znajdujemy z wykresu $U_1 = 0,54$, a więc

$$V_1 = 0,54 \cdot 163 \text{ km} = 88 \text{ km}$$

Dla $V_2 = \frac{X_2}{S_0} = \frac{80}{163} = 0,49$ znajdujemy z wykresu $U_2 = 0,42$;

$$\text{a więc } Y_2 = 0,42 \cdot 163 = 68 \text{ km}$$

Dla $V_3 = \frac{X_3}{S_0} = \frac{120}{163} = 0,76$ znajdujemy z wykresu $U_3 = 0,3$

$$\text{a więc } Y_3 = 0,3 \cdot 163 = 49 \text{ km}$$

Na podstawie trzech punktów można wykreślić na mapie lub plan-
szecie rubież wprowadzenia do walki, której odcinki są rozmie-
szczone z różnych stron lotniska myśliwców, symetrycznie w sto-
sunku do linii drogi celu przechodzącej przez lotnisko.

Wykonano w 130 egz.
Egz. nr 1-130 - B.GI.OZS
Wyk. płk Grysiwicz
Druk E.K.
Nr pf-780/pf-2237/WW
Kor. J.S.

~~BYELIOWSKA~~ ~~WYKONANO~~ ~~130~~ ~~WY~~
Lec. 20. 1950. 20. 1950. 20. 1950.
Kor. J.S.