

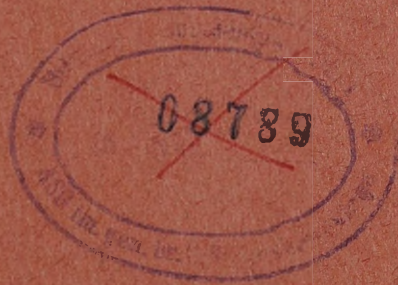
**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. generała broni H. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

~~00 00000~~  
~~000000~~  
~~000000~~  
Egz. Nr 2

plk dr Roman DWORAK

**NAWIGATORSKIE ZABEZPIECZENIE NAPROWADZANIA  
SAMOLOTÓW MYSLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE**



**ARCHIWUM  
BIBLIOTEKI SZKOLENIOWEJ  
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO  
gen. broni H. Świerczewskiego**

**034526**

WARSZAWA

SIERPIEŃ

1966



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

im. generała broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

30 05 1966  
[Redacted]

Egz. Nr. 2

plk dr Roman DWORAK

NAWIGATORSKIE ZABEZPIECZENIE NAPROWADZANIA  
SAMOŁOTÓW MYSLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE



ARCHIWUM  
BIMOTYKI SZKOLENIOWE  
AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

034526

WARSZAWA

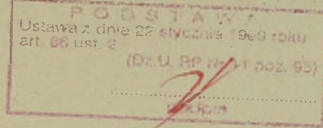
SIERPIEŃ

1966

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im.gen.broni K.Swierczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK i LOTNICTWA  
KATEDRA PRZEDMIOTOW SPECJALNYCH

*Przech. prot. 12657*



~~DO WYTYCZNI~~  
~~ALUFOWYCH~~

~~T A J N E~~

egz.nr.....2

ZATWIERDZAM  
KOMENDANT  
ODDZIAŁU WOJSK OPK i LOTNICTWA

płk prof. Remigiusz WOJTOWICZ

Dnia ..... lipca 1966 r.

płk dr Roman DWORAK

NAWIGATORSKIE ZABEZPIECZENIE NAPROWADZANIA SAMOLOTOW

MYSLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE



**ARCHIWUM**  
**SLIOWKI SZKOLENIOWE:**  
**ADAMU SZTABU GENERALNEGO:**  
**A. gen. bron. K. Swierczewskiego**  
**34526**

WARSZAWA

sierpień

1966 r.

Proces naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne dzieli się na trzy etapy:

P I E R W S Z Y E T A P rozpoczyna się z chwilą startu samolotu myśliwskiego i kończy się jego wyjściem na punkt początku skrętu PPS, to znaczy na kurs równoległy do kursu lotu celu.

D R U G I E T A P , to wykonanie skrętu o ściśle nakazanych parametrach.

T R Z E C I E T A P rozpoczyna się z chwilą wyjścia samolotu myśliwskiego na kurs zgodny z kursem lotu celu i kończy zatakowaniem celu. Na tym etapie pilot samolotu rozwiązuje szereg zadań związanych z poszukiwaniem celu i podbraniem niezbędnej wysokości. Nie zawsze istnieje konieczność podbierania odpowiedniej wysokości lotu. W ostatnim przypadku pilot od razu po wykonaniu skrętu przystępuje do poszukiwania celu.

Istnieją trzy podstawowe metody naprowadzania: "Manewr", "Przechwycenie" i "Pościg".

Metoda "Manewr" przy naprowadzaniu wzrokowym stosowana jest wtedy, kiedy na pierwszym etapie naprowadzanie jest realizowane z kursem równoległym - przeciwnym w stosunku do kursu lotu celu /lub przecinającym się/ i przewiduje się na drugim etapie wykonanie skrętu w płaszczyźnie pionowej lub poziomej.

Metoda "Przechwycenie" przy naprowadzaniu wzrokowym stosowana jest na pierwszym etapie wtedy, kiedy w celu wyprowadzenia samolotu w tylną półsferę celu przewiduje się wykonanie manewru pionowego - przewrotu lub półprzewrotu.

Metoda "Pościg" stosowana jest w warunkach, kiedy lot na przechwycenie wykonywany jest z kursem zgodnie przecinającym się w stosunku do kursu lotu celu, a także z kursem przeciwnym przy dużym odstępnie między trasami lotu samolotu myśliwskiego i celu, zapewniającym wyprowadzenie samolotu myśliwskiego na wyjściową pozycję do ataku.

Na pierwszym etapie na pokład samolotu myśliwskiego podaje się kurs lotu na przechwycenie prędkości i wysokości lotu.

Kurs początkowy podawany jest w przybliżeniu i dopiero po powzięciu decyzji przez nawigatora odnośnie metody naprowadzania i charakteru manewru samolotu przechwytywanego jest udokładniany.

Zakres pracy silnika podczas lotu samolotu na pierwszym etapie określa się w zależności od prędkości i wysokości lotu celu, jego położenia i zasięgu wykrywania.

Przy działaniach samolotów myśliwskich z położenia dyżurowania na lotnisku i w warunkach lotu celów powietrznych z prędkością dźwiękową może być stosowany, w zależności od wyjściowej odległości do celu, zakres maksymalnej prędkości lub zakres pracy silnika z włączonym dopalaniem. Podczas lotu celów powietrznych z prędkością naddźwiękową stosowany jest w zasadzie zakres pracy silnika z włączonym dopalaniem /z uwzględnieniem ograniczeń w prędkości lotu/.

W warunkach, kiedy istnieją możliwości dalekiego wykrywania celów powietrznych /podczas osłony obiektów tyłowych/ stosowany jest po wykonaniu startu zakres maksymalnego zasięgu z kolejnym stopniowym przejściem na zakres maksymalnej prędkości lub zakres pracy silnika z włączonym dopalaniem.

Przy działaniach z położenia dyżurowania w powietrzu, samoloty myśliwskie wyprowadzane są na kurs przechwytywania na zakresie maksymalnej prędkości. Przejście na zakres pracy silnika z włączonym dopalaniem wykonywane jest w zależności od prędkości lotu celu przed punktem początku skrętu, w toku wykonywania manewru lub po wykonaniu manewru. Przy małych odległościach wyjściowych do celu, dopalanie włącza się w chwili wykrycia celu.

Wysokość lotu /na trasie przechwytywania i w strefie dyżurowania/ określa się z uwzględnieniem wysokości dolnej i górnej podstawy chmur, skuteczności działania środków OPL nieprzyjaciela, rodzaju przewidywanego manewru samolotu myśliwskiego i innych warunków.

Na drugim etapie naprowadzania na pokład samolotu myśliwskiego podaje się rodzaj i niezbędne parametry manewru, kurs i wysokość wyjścia z manewru. W procesie wykonywania manewru, oprócz tego, koryguje się kąt przechyłu z takim wyliczeniem, żeby zabezpieczyć wyjście

samolotu myśliwskiego na pozycję wyjściową do ataku na określonej odległości od celu i z określonym uchyleniem bocznym.

W celu wyprowadzenia samolotu myśliwskiego w tylną półsferę celu na zgodny z nim kurs, stosowane są następujące rodzaje manewru:

- skręt w płaszczyźnie poziomej;
- skręt ze zniżeniem;
- półprzewrót;
- przewrót.

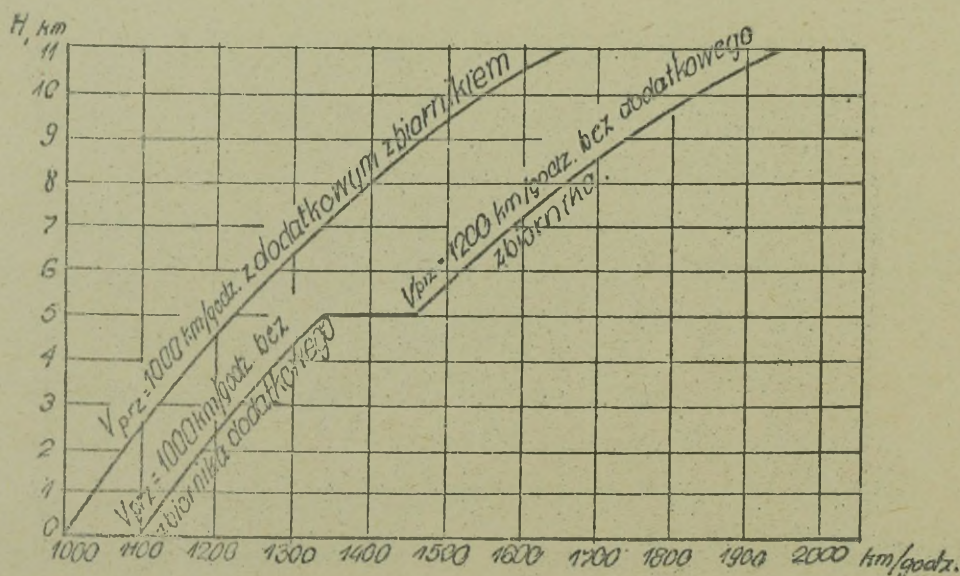
Na trzecim etapie naprowadzania koryguje się kurs, wysokość i prędkość lotu samolotu myśliwskiego z takim wyliczeniem, żeby zabezpieczyć jego wyjście na wyjściową pozycję do wykonania ataku.

#### 1. NAPROWADZANIE SAMOLOTÓW MYŚLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE LECĄCE NA MAŁYCH I ŚREDNICH WYSOKOŚCIACH

Naprowadzanie samolotów myśliwskich na cele powietrzne lecące na małych i średnich wysokościach posiada pewne właściwości, które są uwarunkowane:

- małymi odległościami wykrywania celów powietrznych przez stacje radiolokacyjne;
- stosunkowo małymi zasięgami łączności radiowej;
- małą długotrwałością lotu;
- ograniczeniami prędkości lotu samolotów myśliwskich

/rys.1/



Rys.1. Ograniczenia prędkości lotu współczesnych samolotów myśliwskich w zależności od wysokości.

Tabela nr 1

H, km	0	1	2	3	4	5
$V_m$ , km/godz	1100	1150	1200	1250	1300	1350
$V_c$ , km/godz	1050	1100	1150	1200	1250	1300

Na małych i średnich wysokościach dopuszczalna prędkość przyrzadowa współczesnych samolotów /MiG-21, SU-7/ wynosi około 1100 km/godz. Stąd też, podczas lotu na przechwycenie prędkości lotu w zależności od wysokości lotu celów nie powinny przekraczać wartości podanych w tabeli nr 1.

Przechwytywanie na małych wysokościach jest utrudnione ze względu na małą odległość do powierzchni ziemi. Wymaga to od pilota skupienia dużej uwagi na pilotowanie samolotu, co z kolei wpływa ujemnie na dokładność i szybkość wykonywania komend przez pilota oraz zmniejsza skuteczność poszukiwania celu.

Ujemny wpływ wskazanych czynników na jakość naprowadzania można znacznie zmniejszyć drogą zastosowania następujących przedsięwzięć:

- możliwie maksymalne przybliżenie pozycji stacji radiolokacyjnych do linii frontu;
- wybór dla stacji radiolokacyjnych pozycji nie posiadających kątów zakrycia; ustawienie systemów antenowych stacji radiolokacyjnych i radiostacji na wzniesieniach;
- zastosowanie samolotów /śmigłowców/ z urządzeniami retranslacyjnymi;
- skrócenie do minimum czasu startu samolotów;
- zastosowanie zwiększonej gotowości bojowej samolotów myśliwskich na lotnisku /okresowe dyżurowanie z pracującymi silnikami/;
- podrywanie samolotów myśliwskich w powietrze natychmiast po wykryciu obiektu powietrznego /na podstawie pierwszych echo-sygnatów/;
- dyżurowanie samolotów w powietrzu na kierunkach prawdopodobnego lotu samolotów nieprzyjaciela.

Jednym z podstawowych sposobów zwiększających niezawodność dowodzenia samolotami w powietrzu podczas przechwytywania celów nisko lecących jest naprowadzanie samolotów

myśliwakich z pewną przewagą w wysokości lotu nad wysokością lotu celu. Zezwala to na wydłużenie zasięgu widzialności radiolokacyjnej i łączności radiowej, zwiększenie długotrwałości lotu oraz stwarza dogodniejsze warunki pilotowania samolotu i uzyskanie większych prędkości rzeczywistych.

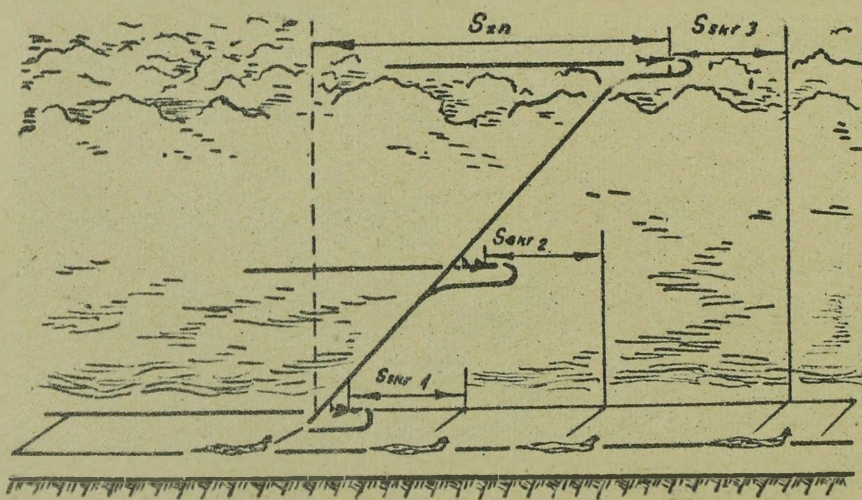
Naprowadzenia samolotów celowo jest realizować przede wszystkim przy pomocy wskaźnika obserwacji określonej stacji radiolokacyjnej. Wykorzystanie do naprowadzania planszetu jest niecelowe, ze względu na małą dokładność.

W sprzyjającej sytuacji lot samolotów na przechwytnie powinien odbywać się na wysokościach 5000-7000 m. Z tych wysokości samolot myśliwski posiada możliwość wykonania przewrotu lub półprzewrotu, co zwiększa niezawodność i zasięg przechwytywania.

#### OBLICZENIA NA PRZECHWYTYWANIE I METODYKA NAPROWADZANIA Z ZASTOSOWANIEM SKRETU W PŁASZCZYZNIE POZIOMEJ I ZE ZNIŻENIEM.

Manewr poziomy w zasadzie jest stosowany w nocy i w dzień w trudnych warunkach meteorologicznych.

W zależności od sytuacji skręt może być wykonywany pod chmurami, w chmurach lub nad chmurami. /Rys.2/.



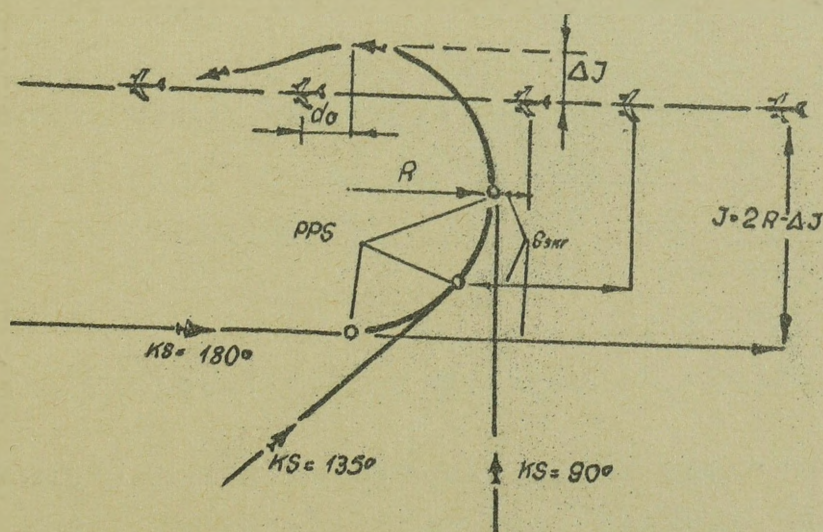
Rys.2. Przechwytywanie z zastosowaniem skrętu w płaszczyźnie poziomej.

Podczas przechwytywania celów powietrznych pod chmurami wyprowadzenie samolotów myśliwskich na punkt rozpoczęcia skrętu powinno odbywać się z maksymalną prędkością lotu dla danej wysokości. Skręt można wykonywać ze stałym

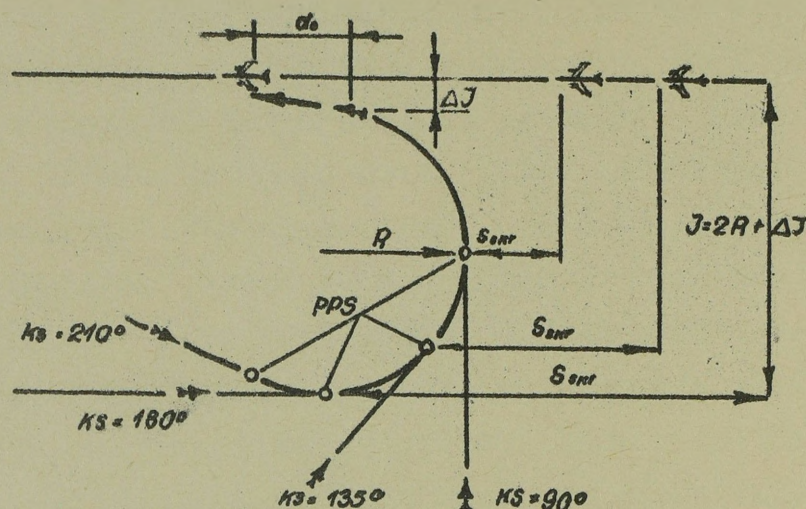
kątem przechyłu, zbliżonym do granicznego, lub ze zmiennym krętem przechyłu. Przy wykonywaniu skrętu ze stałym przechyłem punkt początku skrętu wyznacza się z bocznym odchyleniem  $\Delta L$  w stosunku do linii lotu celu, które określa nawigator. Minimalna wysokość manewru samolotu myśliwskiego powinna być nie mniejsza od bezpiecznej wysokości ustalonej przez odpowiedniego dowódcę dla danego rejonu.

Przy jednakowych prędkościach lub przy nieznacznej przewadze prędkości lotu samolotu myśliwskiego nad prędkością lotu celu boczne odchylenie przyjmuje się rzędu 1 km. Odległość wyprzedzoną rozpoczęcia skrętu  $S_{skr}$  określa się z takim wyliczeniem, żeby samolot myśliwski był wyprowadzony na minimalnej odległości  $d_0$  od celu, równej odległości odpalania rakiet lub odległość otwarcia ognia z działek.

Jeżeli samolot myśliwski posiada dostateczną przewagę w prędkości lotu nad prędkością lotu celu, wtedy odległość wyprowadzenia w stosunku do odległości odpalania rakiet /otwarcia ognia/ zwiększa się o 2-4 km. Kierunek i wielkość odchylenia bocznego określa się biorąc pod uwagę konieczność zapewnienia pilotowi najbardziej dogodnych warunków poszukiwania celu. Najbardziej dogodnym do poszukiwania celu jest skręt samolotu myśliwskiego z przecięciem linii lotu celu lub bocznym odchyleniem od linii lotu celu do 2-3 km/Rys. 3 i 4/.



Rys.3. Schemat skrętu z przecięciem linii lotu celu.



Rys.4 Schemat skrętu bez przecinania linii lotu celu.

We wszystkich przypadkach, o ile pozwala na to sytuacja, celowym jest przed wykonaniem manewru wyprowadzać samolot myśliwski na równoległe przeciwny z celem kurs lotu. Ułatwia to określenie wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu i momentu podania komendy na wykonanie skrętu.

Moment podania komendy na wykonanie skrętu określa się na podstawie wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu.

Wyprzedzoną odległość rozpoczęcia skrętu oblicza się przy pomocy następującego wzoru:

$$S_{skr} = V_c t_{skr} - R_{\sin /180^\circ - KS/} - d_0, \quad /1/$$

gdzie:  $S_{skr}$  - wyprzedzona odległość rozpoczęcia skrętu;  
 $V_c$  - prędkość lotu celu;  
 $t_{skr}$  - czas skrętu;  
 $R$  - promień skrętu;  
 $KS$  - kąt skrętu;  
 $d_0$  - odległość odpalania rakiet /strzelania/.

Z przytoczonego wzoru /1/ wyprowadza się drogą zamiany kąta skrętu /KS/ wartościami odpowiadającymi kątom  $180^\circ$  i  $90^\circ$  następujące wzory:

- dla kąta skrętu  $180^\circ$

$$S_{skr} = V_c t_{180} - d_0, \quad /2/$$

- dla kąta skrętu  $90^\circ$

$$S_{\text{skr}} = V_c t_{180} - d_0 - R \quad /3/$$

gdzie:  $t_{180}$  - czas skrętu o kąt  $180^\circ$ ;

$t_{90}$  - czas skrętu o kąt  $90^\circ$ ;

Przy określaniu momentu podania komendy na wykonanie skrętu należy uwzględnić możliwe opóźnienia w przekazaniu komendy przez nawigatora na pokład samolotu i w wykonaniu komendy przez pilota naprowadzanego samolotu.

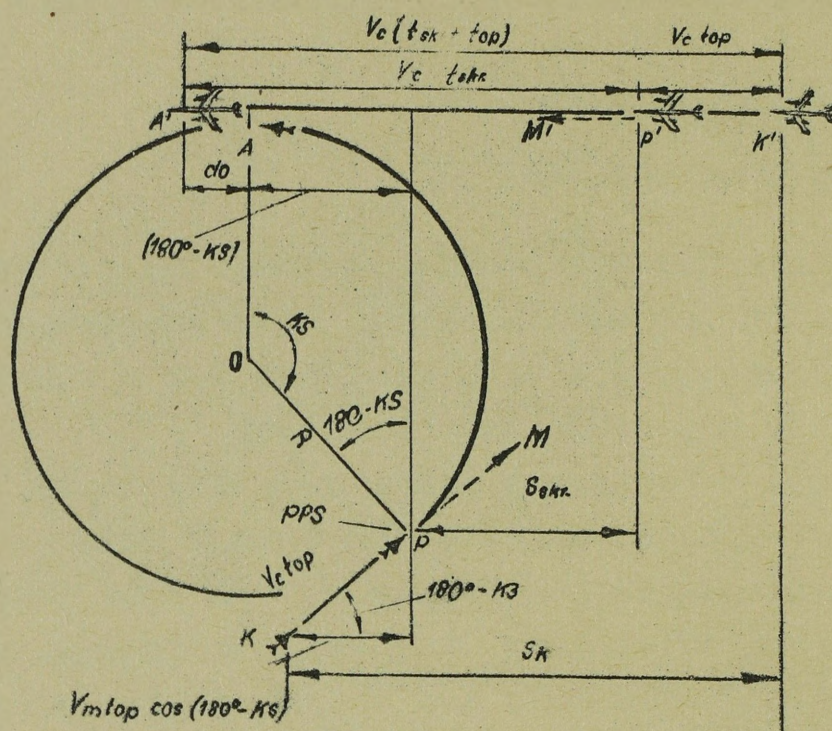
Ilustruje to rys. 5, z którego wynika, że pilot naprowadzane-  
go samolotu zamiast wykonać skręt w określonym punkcie P, na  
skutek opóźnienia wykona go w punkcie M. Cel za czas opóź-  
nienia przeleci pewną odległość. Stąd też, po wykonaniu skrę-  
tu naprowadzany samolot znajdzie się z tyłu celu w odległości  
równej:

$$S = d_0 + \sqrt{V_c + V_m} t_{op} \quad /4/$$

gdzie:  $V_m$  - prędkość lotu samolotu myśliwskiego;

$t_{op}$  - czas opóźnienia przekazania i wykonania komendy.

Dlatego też komenda na wykonanie skrętu powinna być  
podawana wcześniej jeszcze przed wyjściem naprowadzanego  
samolotu na punkt początku skrętu. Praktycznie ustalono, że  
średnia wartość czasu opóźnienia z uwzględnieniem czasu  
wprowadzenia samolotu w skręt równa jest około 15 sek.  
Nie mniej jednak każdorazowo nawigator powinien brać pod uwa-  
gę konkretną sytuację, to znaczy własne możliwości w przeka-  
zaniu komendy i możliwości pilota w jej wykonaniu.



Rys.5 Skręt ze stałymi wartościami prędkości i kąta przechyłu.

Czas opóźnienia uwzględnia się w następujący sposób.

Najpierw nawigator oblicza w pamięci lub odczytuje z zawnazs przygotowanej tabeli odległość  $\Delta S$ , którą przebywa naprowadzany samolot i cel za czas opóźnienia:

$$\Delta S = (V_c + V_m) t_{op} \quad /5/$$

Następnie otrzymaną wartość odległości dodaje do wartości wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu, odczytanej z tabeli lub wykresu. Otrzymuje wyprzedzoną odległość podania komendy na wykonanie skrętu, która jest równa:

$$S_k = S_{skr} + \Delta S$$

Po podstawieniu wartości  $S_{skr}$  i  $\Delta S$  do wzorów /1/ i /5/ otrzymujemy ogólny wzór na obliczenie odległości podania komendy na skręt:

$$S_k = V_c (t_{skr} + t_{op}) + V_m t_{op} \cos(180^\circ - KS) - R \sin(180^\circ - KS) - d_0, \quad /6/$$

gdzie:  $S_k$  - wyprzedzona odległość podania komendy na wykonanie skrętu.

Po podstawieniu do wzoru /6/ wartości  $KS = 180^\circ$   $KS = 90^\circ$  otrzymamy:

- dla  $KS = 180^\circ$

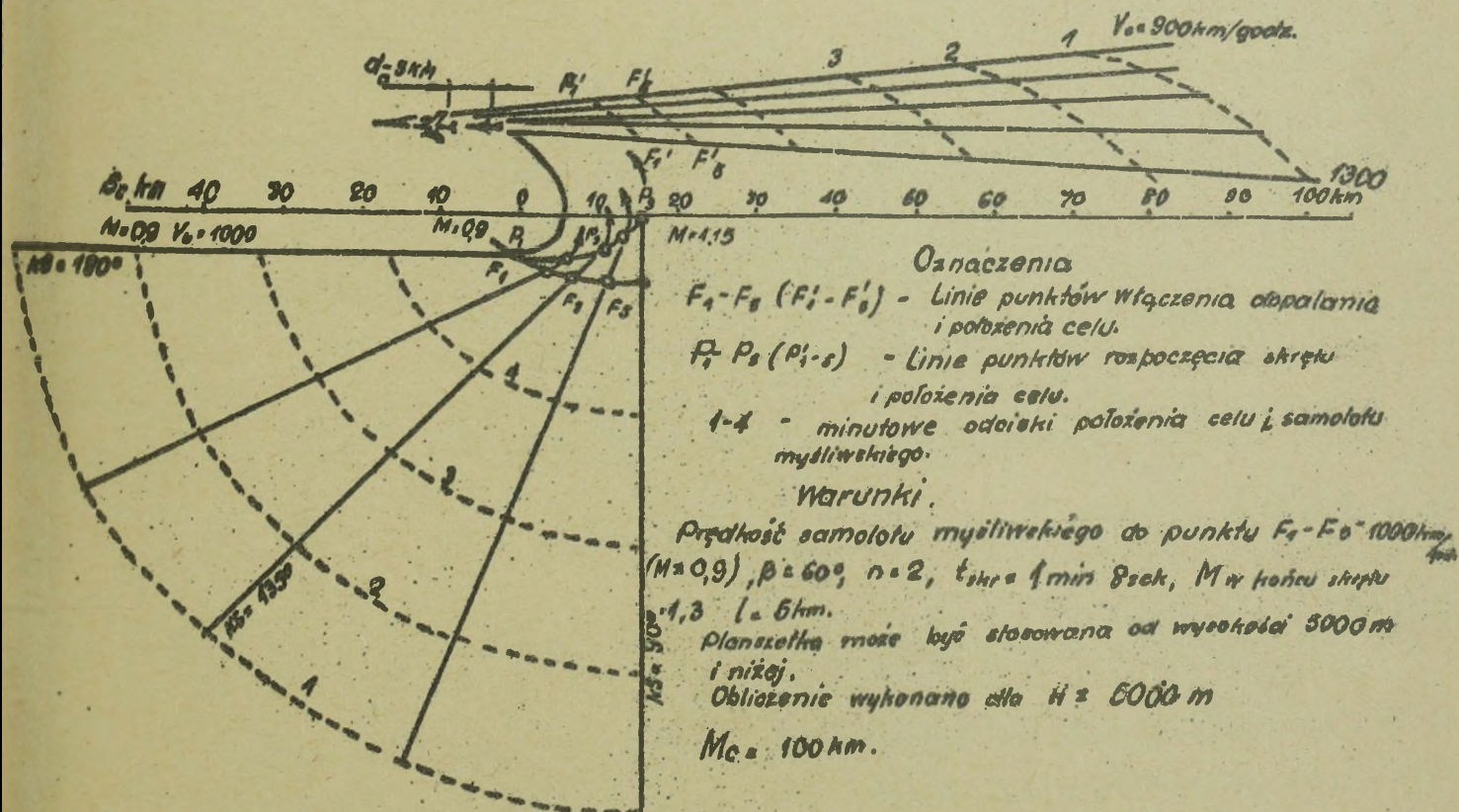
$$S_w = V_c / t_{180} + t_{op} / + V_m t_{op} - d_0 \quad /7/$$

- dla  $KS = 90^\circ$

$$S_k = V_c / t_{90} + t_{op} / - R - d_0 \quad /8/$$

Na podstawie przytoczonych wzorów /6/, /7/ i /8/ sporządza się tabele lub wykresy do określania wyprzedzonych odległości podania komendy na wykonanie skrętu, którymi posługuje się nawigator podczas naprowadzania. Lepszym rozwiązaniem jest sporządzenie pomocniczych planszetek.

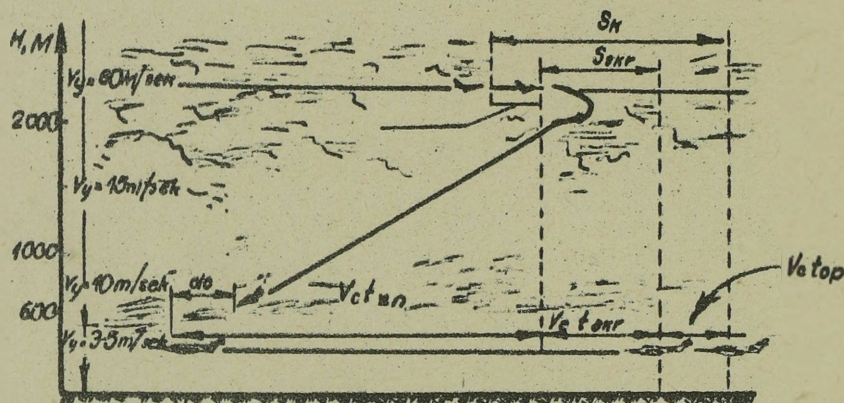
Jeden z możliwych wariantów pomocniczych planszetek dla skali wakażnika okrężnej obserwacji 100 km w promieniu ekranu, pokazany jest na rys.6. Sposób posługiwania się planszatką podany jest w załączniku nr 2.



Rys.6. Planszетка do naprowadzania na cele powietrzne na małych i średnich wysokościach.

W przypadku realizacji przechwytywania w chmurach, kiedy samolot myśliwski leci z przewyższeniem w stosunku do celu, naprowadzenie go na zgodny z celem kurs wykonuje się z zastosowaniem skrętu w płaszczyźnie poziomej z następnym przebijaniem chmur w dół na zgodnym z celem kursie lub zastosowaniem skrętu z jednoczesnym zniżaniem.

Jeżeli skręt wykonywany jest w płaszczyźnie poziomej, to wyprzedzone odległości  $S_{skr}$  lub  $S_k$  oblicza się z uwzględnieniem czasu przebijania chmur na zgodnym z celem kursie lotu /rys.7/.



Rys.7 Przechwytywanie z przebijaniem chmur na zgodnym z celem kursie lotu.

Dla  $K_S = 180^\circ$  wzory do obliczenia  $S_{skr}$  i  $S_k$  posiadają następującą postać.

$$S_{skr} = V_c / t_{180} + t_{zn} / - V_m t_{zn} - d_o \quad /9/$$

$$S_k = V_c / t_{180} + t_{zn} + t_{op} / - V_m / t_{zn} - t_{op} / - d_o \quad /10/$$

gdzie:  $t_{zn}$  - czas zniżania.

Przy korzystaniu ze wzorów /9/ i /10/ należy przyjmować następujące prędkości zniżania: do wysokości 2000 m - 50 m/sek, od wysokości 2000 m do 1000 m - 15 m/sek; od wysokości 1000 m do 600 m - 10 m/sek, od 600 m - 4 m/sek.

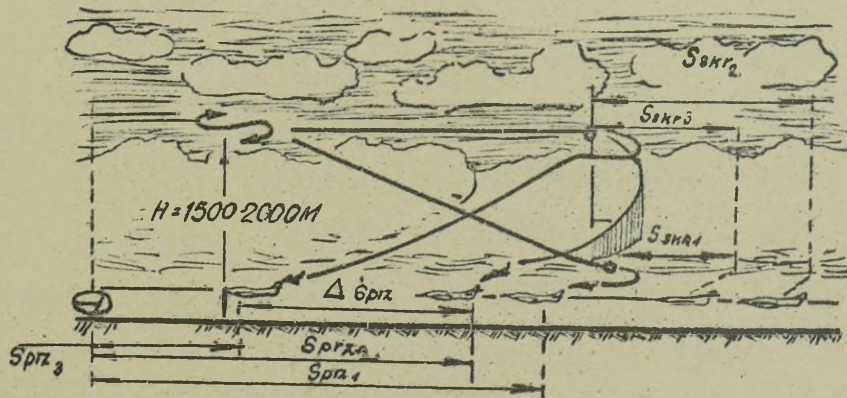
Czas zniżania od wysokości 8000 m i mniejszej do wysokości równej 300 m podany jest w tabeli nr 2.

Tabela nr 2

Początkowa wysokość zniżania, m.	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2000	1000	600
$t_{zn}$ do wysokości 300 m/sek	302	282	262	242	222	202	182	115	45
Pionowa prędkość zniżania, m/sek	50	50	50	50	50	50	15	10	4

Wymieniony sposób przechwytywania jest o tyle niewygodny, że na skutek przebijania chmur po prostej odległość od lotniska do rubieży przechwycenia znacznie się zmniejsza. Z tego powodu opisany sposób stosowany jest głównie w celach szkoleniowych. Przesunięcie rubieży przechwycenia w tym przypadku jest równe  $V_m t_{zn}$

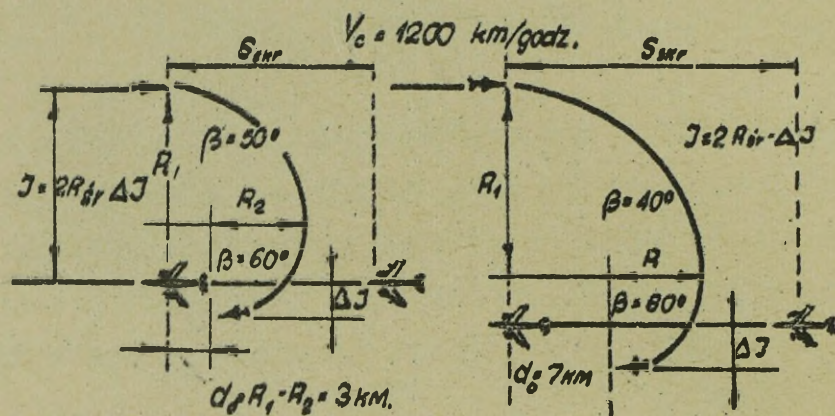
W celu uzyskania maksymalnych odległości do rubieży przechwycenia, najbardziej celowym jest stosowanie skrętu ze zniżaniem lub zniżenie po prostej na przeciwnym z celem kursie lotu z następnym wykonaniem skrętu pod chmurami ze zniżaniem lub w płaszczyźnie poziomej /rys.8/.



Rys.8 Przesunięcie rubieży przechwycenia w zależności od rodzaju stosowanego manewru.

Podczas naprowadzania samolotów myśliwskich na cele niskolejące często stosowany jest skręt ze zmiennym kątem przechyłu, który polega na tym, że w pierwszej połowie manewru kąt przechyłu jest mniejszy od granicznego a w drugiej połowie jest równy granicznemu kątowi przechyłu dla danej wysokości lotu.

Różnicę kątów przechyłu nawigator określa w zależności od potrzebnej odległości wyprowadzenia  $d_0$ . /rys.9/.



Rys.9 Skręt ze zmiennym kątem przechyłu.

Wyprzedzoną odległość rozpoczęcia skrętu oblicza się na podstawie średniego kąta przechyłu bez uwzględnienia odległości wyprowadzenia, ponieważ ta ostatnia na skutek zmienności kąta przechyłu jest równa różnicy początkowego i końcowego kąta przechyłu.

Na przykład, przy  $V_m = 1200$  km/godz,  $\beta_{pocz} = 50^\circ$  i  $\beta_k = 60^\circ$  różnica promieni skrętu jest równa około 3 km. Stąd też odległość wyprowadzenia będzie równa 3 km.

W tych samych warunkach lecz przy początkowym kącie przechyłu  $40^\circ$  odległość wyprowadzenia będzie równa około 7 km.

Tak więc, drogą odpowiedniego wyboru początkowego i końcowego kąta przechyłu nawigator może wyprowadzać samolot myśliwski na wymaganą odległość od celu.

Odstęp liniowy między trasami lotu samolotu myśliwskiego i celu, licząc od punktu rozpoczęcia skrętu, określa się na podstawie średniego promienia skrętu:

$$L = 2 R_{sr} \pm \Delta l,$$

/10/

gdzie:  $L$  - odstęp liniowy między trasami lotu samolotu myśliwskiego i celu;

$R_{sr}$  - średni promień skrętu;

$\Delta L$  - potrzebne boczne odchylenie samolotu myśliwskiego od trasy lotu celu po wykonaniu skrętu.

Omówiony manewr celowo jest wykonywać z przecięciem linii lotu celu /rys.3/. Tego rodzaju manewr w porównaniu z manewrem, kiedy nie przecina się linii lotu celu /rys.4/ stwarza pilotowi samolotu warunki wcześniejszego wykrycia celu, a co za tym idzie, zwiększenie skuteczności i odległości przechwycenia.

Dla wyprowadzenia samolotu myśliwskiego na punkt początku skrętu przy wzrokowym naprowadzaniu, stosuje się metodę równoległego zbliżenia, to znaczy, o ile zezwala na to sytuacja, wyprowadza się samolot myśliwski na kurs równoległy przeciwny w stosunku do kursu lotu celu lub kurs zbliżony do wymienionego kursu.

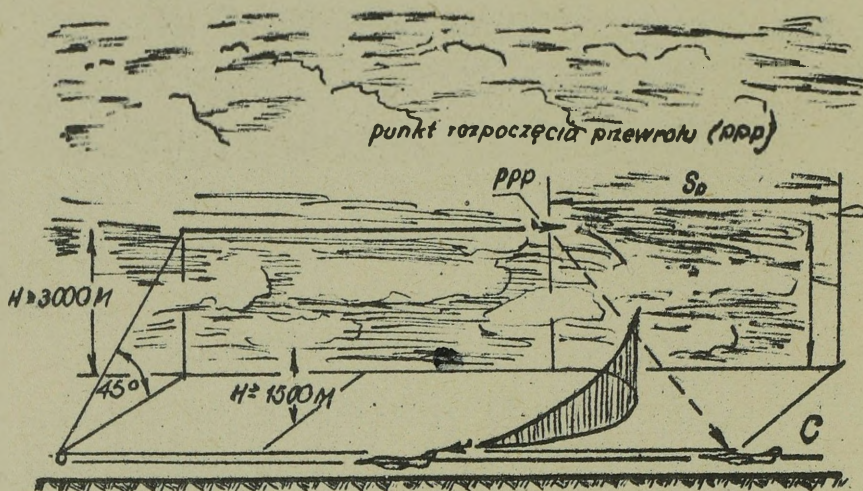
W chwili kiedy samolot myśliwski znajdzie się na odległości wyprzedzonej podania komendy, podaje się komendę "skręt".

Dla określenia punktu początku skrętu i kursu lotu na przechwycenie może być stosowana planszетка.

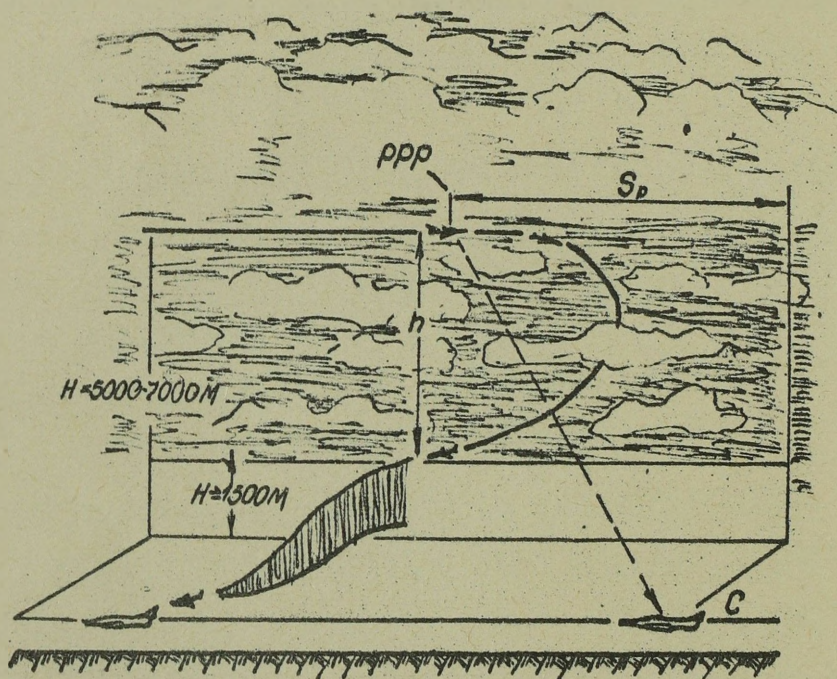
W ostatnim przypadku kurs lotu na przechwycenie określa się przy pomocy odpowiedniej linii azymutalnej wskaźnika okrężnej obserwacji, która powinna być równoległa do obliczonej linii lotu samolotu myśliwskiego na planszetcie.

#### OBLICZENIA NA PRZECHWYCENIE I METODYKA NAPROWADZANIA PODCZAS PRZECHWYTYWANIA Z ZASTOSOWANIEM PRZEWROTU I PÓŁPRZEWROTU.

Przewrót i półprzewrót podczas przechwytywania celów na małych wysokościach stosowane są w dzień w zwykłych warunkach meteorologicznych i w warunkach zupełnego zachmurzenia o podstawie dolnej warstwy chmur nie mniejszej niż 1500 m /rys.10 i 11/.



Rys.10 Przechwytywanie z zastosowaniem półprzewrotu.



Rys.11. Przechwytywanie z zastosowaniem przewrotu.

Wymienione rodzaje manewru, ze względu na to, że punkt rozpoczęcia manewru może być położony na linii lotu celu, znacznie upraszczają metodkę naprowadzania. W związku z tym, kurs lotu na przechwycenie może być określony przy pomocy metody "Przechwycenie", co znacznie ułatwia pracę nawigatora.

Oprócz tego, lot z przewagą wysokości nad wysokością lotu celu stwarza lepsze warunki dla obserwacji radioloka-

cyjnej i prowadzenia łączności radiowej z samolotem myśliwskim.

Manewr wykonywany jest w krótkim czasie, co zwiększa odległość rubieży przechwycenia od osłanianego obiektu. Oprócz tego posiadana przewaga w wysokości pozwala pilotowi, w razie konieczności, na szybkie zwiększenie prędkości lotu do potrzebnej wartości.

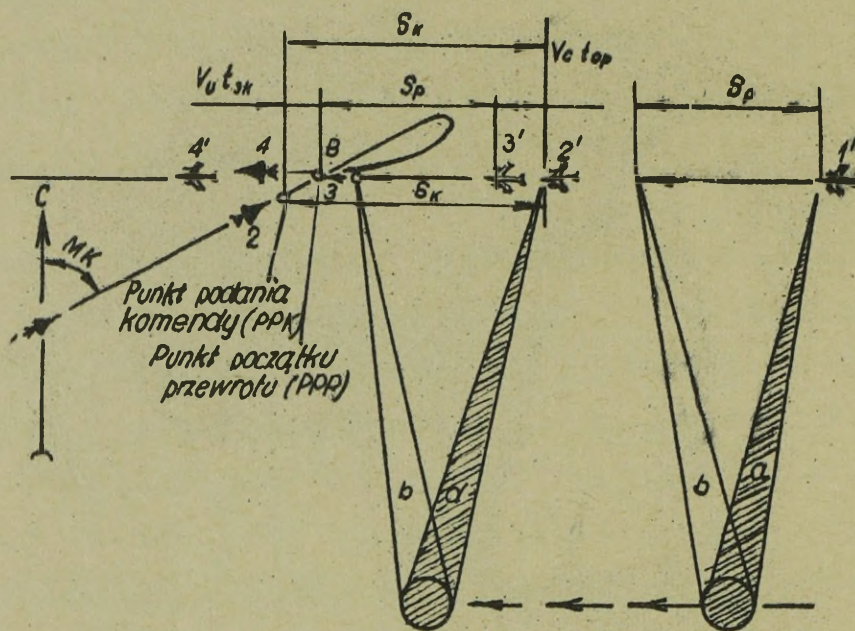
Zastosowanie manewru pionowego zwiększa skuteczność przechwytywania celów wykonujących manewr. Chodzi o to, że w każdym danym odcinku czasu samolot myśliwski wykonuje lot w kierunku wyprzedzonego punktu, znajdującego się w przodzie na linii lotu celu, a za tym stosownie do manewru celu może on w każdym odcinku czasu korygować swój lot. Oprócz tego przewrót wykonywany jest w tak krótkim czasie, że cel nie jest w zasadzie w stanie wykonać skutecznego manewru powodującego zerwanie przechwycenia.

W celu wykonania manewru samolot myśliwski powinien znajdować się na odpowiedniej wysokości zapewniającej po wykonaniu manewru wyprowadzenie samolotu z odpowiednim przewyższeniem nad celem.

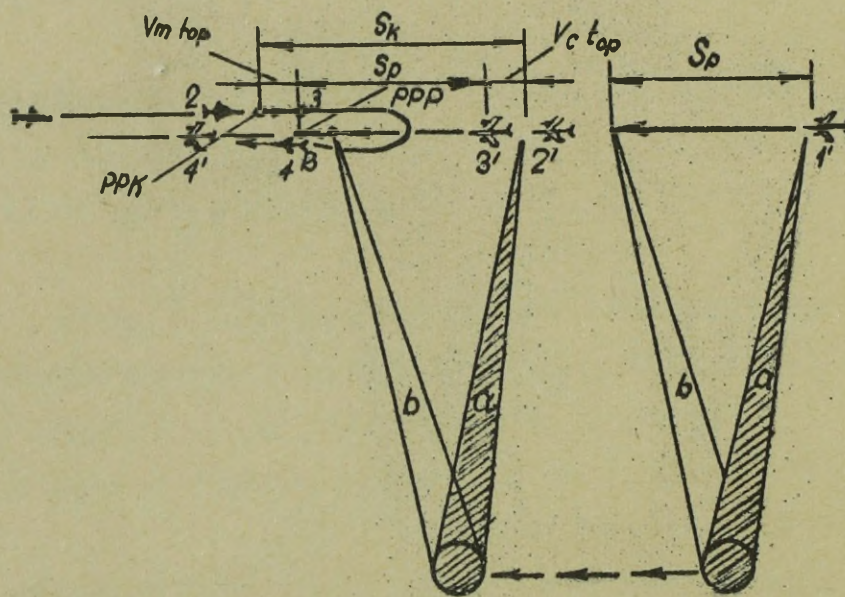
Samoloty typu MiG-21 wykonują przewrót z wysokości nie mniejszej jak 5000 m, a półprzewrót - z wysokości nie mniejszej niż 3000 m. Samoloty SU-7 odpowiednio - z 3000 m i 1500 m.

Wskazane rodzaje manewru mogą być stosowane przy działaniach samolotów myśliwskich z położenia dyżurowania w powietrzu a także z położenia dyżurowania na lotnisku w warunkach, kiedy samoloty myśliwskie mogą osiągnąć nakazaną wysokość przed punktem początku manewru.

Na pierwszym etapie naprowadzenie jest realizowane metodą "Przechwycenia", to znaczy samolotowi myśliwskiemu podaje się kurs lotu na punkt spotkania B, wyniesiony do przodu w kierunku lotu celu o wartość wyprzedzonej odległości /rys. 12 i 13/.



Rys.12. Lot na przechwycenie z kursem przeciwnie przecinającym się z linią lotu celu.



Rys.13. Lot na przechwycenie z kursem przeciwnie równoległym w stosunku do kursu lotu celu.

Wyprzedzone odległości rozpoczęcia przewrotu oblicza się zawnazasu przy pomocy wzoru:

$$S_p = V_c t_p - d_0, \quad /11/$$

gdzie:  $S_p$  - wyprzedzona odległość rozpoczęcia przewrotu;  
 $t_p$  - czas przewrotu.

Wyniki obliczeń ujmuje się w tabelach.

Zakres pracy nawigatora podczas naprowadzania ze

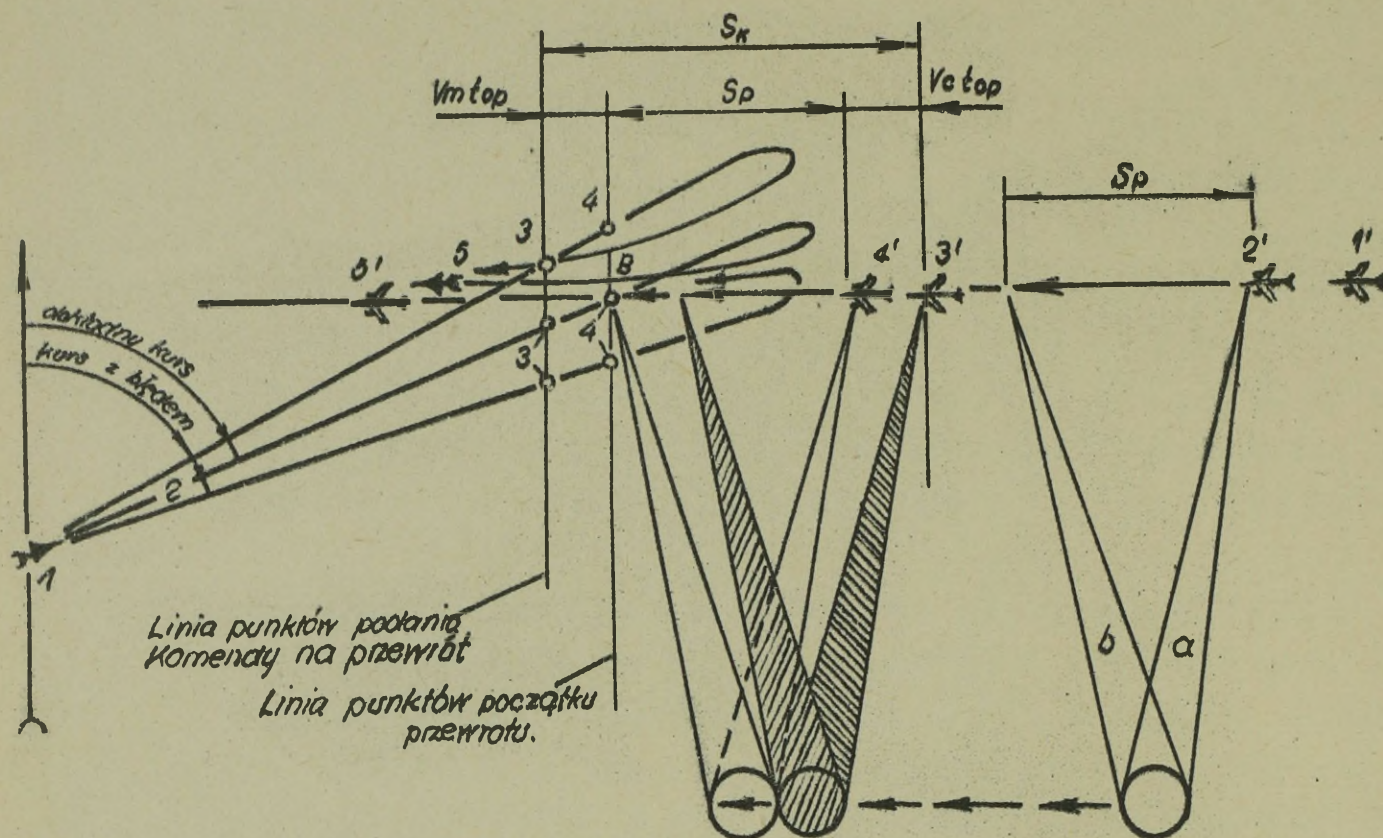
wskaźnika okrężnej obserwacji stacji radiolokacyjnej jest następujący.

W zależności od sytuacji, nawigator przekazuje na pokład samolotu myśliwskiego odpowiednią wartość prędkości lotu na przechwycenie /równą, większą lub mniejszą od prędkości lotu celu/. Podczas lotu samolotu myśliwskiego na przechwycenie, na kursie przeciwnym w stosunku do kursu lotu celu, jego prędkość lotu, o ile zezwala na to sytuacja, powinna być równa prędkości lotu celu. Ułatwia to obliczenie kursu lotu na przechwycenie i zwiększa prawdopodobieństwo przechwycenia.

Moment rozpoczęcia przewrotu określa się w sposób następujący. Najpierw z wykresów lub tabel określa się wyprzedzoną odległość rozpoczęcia przewrotu. Następnie przy pomocy cyrkla określa się punkt rozpoczęcia przewrotu w ten sposób, że cyrkiel o rozstawieniu nóżek równym wyprzedzonej odległości rozpoczęcia przewrotu przesuwają się zgodnie z kierunkiem lotu celu śledząc za tym, żeby nóżka a pokrywała się ze znacznikiem celu na ekranie. Wówczas nóżka b wskaże punkt rozpoczęcia przewrotu przez samolot myśliwski.

Kurs lotu na przechwycenie określa się wychodząc z założenia, żeby spotkanie znacznika myśliwca i nóżki b cyrkla odbyło się w tym samym czasie. /punkt B/. Komendę na wykonanie przewrotu podaje się nieco wcześniej z uwzględnieniem opóźnienia jej wykonania.

Podczas naprowadzania może mieć miejsce wypadek, kiedy na skutek błędów popełnionych przez nawigatora w obliczeniu kursu lotu na przechwycenie oraz manewru celu samolot myśliwski znajdzie się z boku od obliczonego punktu rozpoczęcia skrętu /rys.14/.



Rys.14 Określenie momentu podania komendy na rozpoczęcie przewrotu z uwzględnieniem błędu w kursie lotu na przechwycenie.

Jeżeli wielkość uchylenia bocznego jest nie większe od połowy wysokości, jaką traci samolot myśliwski za czas wykonywania przewrotu, podaje się komendę na wykonanie przewrotu. Wyprzedzone odległości  $S_k$  i  $S_p$  pozostają bez zmian.

W przypadku, kiedy wielkość uchylenia bocznego punktu rozpoczęcia przewrotu od linii lotu celu jest większa od połowy wysokości, jaką traci samolot myśliwski podczas wykonywania przewrotu, podaje się komendę na wykonanie półprzewrotu.<sup>x/</sup>

Wyprzedzone odległości i początkowe parametry wykonania półprzewrotu pozostają bez zmian.

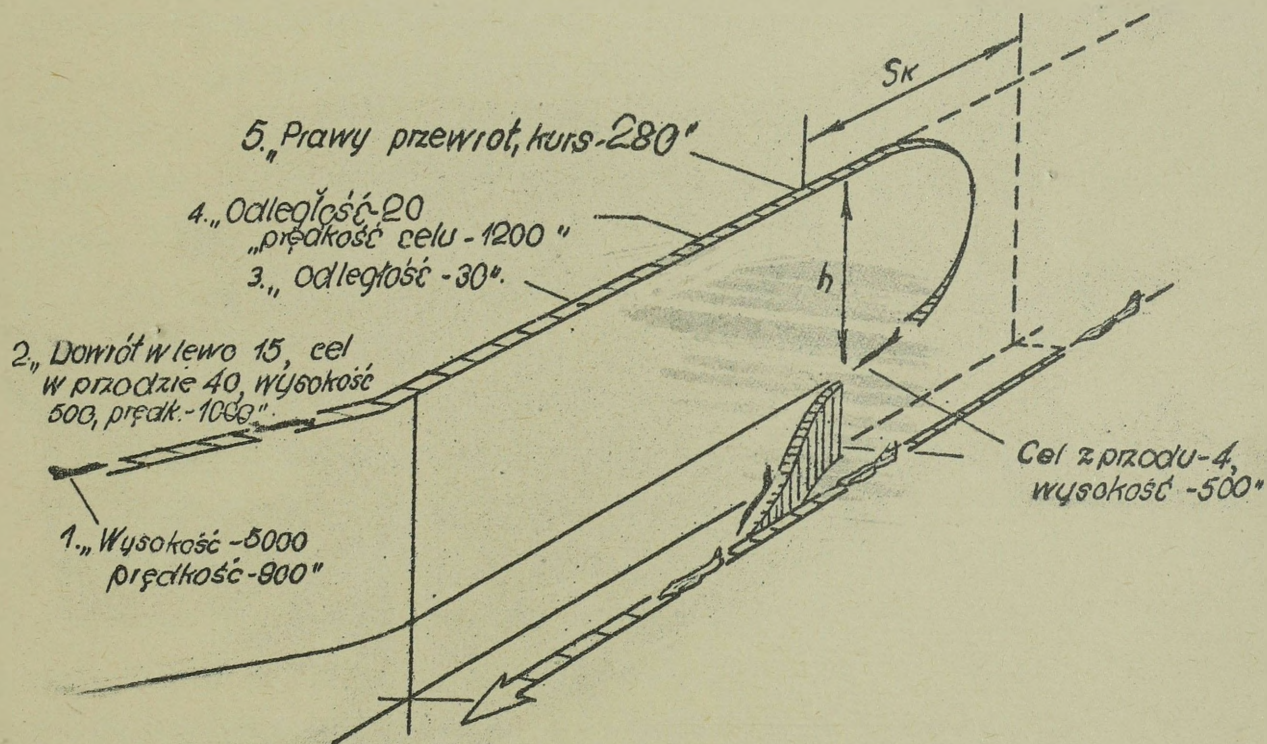
Strata wysokości podczas wykonywania półprzewrotu a także boczne odchylenie punktu wyprowadzenia w stosunku do punktu wprowadzenia w półprzewrót wynoszą około 0,7 wysokości

x/ Pod pojęciem półprzewrotu rozumie się manewr wykonywany w płaszczyźnie nachylonej do linii horyzontu pod kątem  $45^\circ$ .

wytraconej podczas wykonywania przewrotu.

Dla skutecznego realizowania przechwytywania z zastosowaniem przewrotu /półprzewrotu/ personel latający powinien zawniczasu wypracować kolejność wykonania tego manewru dla kilku typowych wariantów przechwytywania w zależności od wysokości rozpoczęcia manewru i prędkości lotu celu. Pozwala to na wykluczenie komend związanych z korygowaniem czynności pilota w procesie wykonywania manewru. W toku lotu na przechwycenie na pokład samolotu podaje się wysokość i prędkość lotu podczas zbliżania na kursie przeciwnym, wysokość i prędkość lotu celu oraz kurs wyjścia z manewru.

Treść i kolejność przekazywania komend naprowadzania podane są na rys. 15.



Rys.15. Treść i kolejność przekazywania komend podczas przechwytywania z zastosowaniem przewrotu.

## 2. NAPROWADZANIE SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE LECACE NA DUZEJ WYSOKOSCI

Współczesne samoloty myśliwskie posiadają najlepsze charakterystyki prędkościowe i manewrowe w zasadzie na dużych wysokościach. Są one zdolne wykonywać różnego rodzaju manewry, zarówno w płaszczyźnie poziomej jak i pionowej z dużymi przeciążeniami. Posiadają dobre charakterystyki nabierania wysokości, zwiększania i zmniejszania prędkości lotu. Mogą wykonywać lot w szerokim przedziale prędkości, zarówno na zakresie maksymalnym, jak i z włączonym dopalaniem. Należy również nadmienić, że zabezpieczenie radiolokacyjne w wymienionym zakresie wysokości jest dość skuteczne.

Wszystkie wskazane czynniki wpływają dodatnio na realizację naprowadzania i zwiększają skuteczność przechwytywania.

W zależności od sytuacji lot na przechwycenie może być wykonywany z prędkością dodźwiękową lub naddźwiękową.

Podczas lotu z prędkością dodźwiękową, metodyka naprowadzania w zasadzie niczym nie różni się od metodyki naprowadzania omawianej w poprzednim rozdziale. Wszystkie obliczenia na przechwycenie, pomocnicze tabele, wykresy i planuszki sporządza się dla najwygodniejszej prędkości lotu rzędu 900-1000 km/godz. i dla optymalnych kątów przechyłu. Przy tym nawigator posiada dość korzystne warunki naprowadzania, ponieważ może w dość szerokim zakresie korygować kąt przechyłu podczas wykonywania skrętu oraz drogę odpowiedniego wykorzystania pracy silnika na zakresie z dopalaniem regulować odpowiednio prędkość postępową i pionową.

W okresie pokojowym, ze względu na bezpieczeństwo różnych obiektów /możliwość uszkodzenia ich działaniem fali uderzeniowej/, loty ćwiczebne na wysokościach do 10 km wykonywane są z prędkością dodźwiękową.

Zastosowanie pracy silnika na zakresie z dopalaniem podyktowane jest koniecznością maksymalnego odsunięcia rubieży przechwycenia od osłanianych obiektów, ponieważ odległość wykrywania nie zawsze będzie zapewniała przechwytywanie celów powietrznych przed ich podejściem do osłanianych obiektów. Oprócz tego nie wyklucza się możliwości lotu samolotów, rakiet uskrzydłonych nieprzyjaciela na tych wysokościach z prędkością naddźwiękową.

Metodyka naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne lecące z prędkością naddźwiękową jest dość skomplikowana.

Wpływają na to następujące czynniki:

1. Niedostateczny przedział regulowania ciągu silnika podczas jego pracy z włączonym dopalaniem, co utrudnia pilotowi utrzymanie określonej prędkości lotu. Możliwa nadwyżka ciągu silnika podczas jego pracy z włączonym dopalaniem może spowodować zwiększenie prędkości lotu samolotu do wielkości przekraczającej ustalone ograniczenia. Utrudnia to realizację naprowadzania, ponieważ nawigator musi uwzględniać w obliczeniach szereg dodatkowych parametrów /rozpędzania, skrętu, hamowania/ przy nieustalonym zakresie lotu samolotu myśliwskiego.
2. Lot samolotów myśliwskich na wysokościach rzędu 5000-11000 ograniczony jest określoną prędkością przyrządową. Każdej wysokości odpowiada określona dopuszczalna maksymalna prędkość rzeczywista lotu /rys.1/. Realizacja naprowadzania komplikuje się tym, że nawigator musi uwzględniać różne dopuszczalne prędkości maksymalne dla każdej wysokości /zakresu wysokości/.
3. Możliwe są przypadki lotu samolotów nieprzyjaciela z prędkością równą lub większą od granicznej prędkości lotu samolotów myśliwskich.

W zależności od odległości lotnisk bazowania samolotów myśliwskich i pozycji stacji radiolokacyjnych od linii frontu, stopnia gotowości bojowej samolotów myśliwskich, wysokości i prędkości lotu celu a także odległości wykrywania przechwytywanie może być wykonywane do chwili wyjścia samolotu myśliwskiego na wysokość lotu celu na zakresie pracy silnika małym z kolejnym przejściem na zakres pracy silnika z włączonym dopalaniem. W przypadku lotu celu z prędkością naddźwiękową lub dźwiękową, lecz przy małej odległości wykrywania, lot na przechwycenie od chwili startu do wykonania ataku wykonuje się na zakresie pracy silnika z włączonym dopalaniem.

Nabieranie nakazanej wysokości wykonuje się na najwygodniejszym zakresie  $V_{rz} = 950$  km/godz dla samolotu MiG-21/.

Zwiększanie prędkości lotu do nakazanej wielkości rozpoczyna się w zasadzie z chwilą wyjścia samolotu

myśliwskiego na nakazaną wysokość, a w przypadku małych odległości wyjściowych, to znaczy wtedy, kiedy samolot myśliwski nie nadąży nabrać nakazanej wysokości, zwiększanie prędkości wykonuje się w procesie nabierania wysokości.

Na pierwszym etapie naprowadzania wysokość lotu samolotu myśliwskiego w zależności od sytuacji taktycznej i nawigacyjnej może być równą, mniejszą lub większą od wysokości lotu celu. Konieczną wysokość lotu samolotu myśliwskiego ustala się z takim wyliczeniem, żeby w chwili zakończenia manewru samolot myśliwski mógł wyjść na wyjściową pozycję do wykonania ataku bez etapu zwiększania prędkości.

Zwiększanie prędkości lotu samolotu myśliwskiego może być wykonywane na prostoliniowym odcinku w locie poziomym, podczas nabierania wysokości lub zniżania /zwiększanie prędkości z dużym przyspieszeniem/ a także w procesie wykonywania skrętu /w przypadku, kiedy prostoliniowy odcinek jest za krótki na zwiększenie prędkości lub go wcale nie ma/. Przy tym zwiększanie prędkości podczas skrętu może być wykonywane w płaszczyźnie poziomej, z nabieraniem wysokości lub ze zniżaniem.

W zależności od sytuacji zwiększanie prędkości samolotu myśliwskiego do nakazanej wielkości może być wykonywane:

- na prostoliniowym odcinku trasy z kursem przeciwnym w stosunku do kursu lotu celu;
- na prostoliniowym odcinku ze wstępnym zwiększaniem w czasie wykonywania skrętu;
- podczas wykonywania skrętu.

ZWIEKSZANIE PRĘDKOŚCI LOTU SAMOLOTU MYŚLIWSKIEGO NA PROSTOLINIOWYM ODCINKU TRASY Z KURSEM PRZECIWNYM W STOSUNKU DO KURSU LOTU CELU.

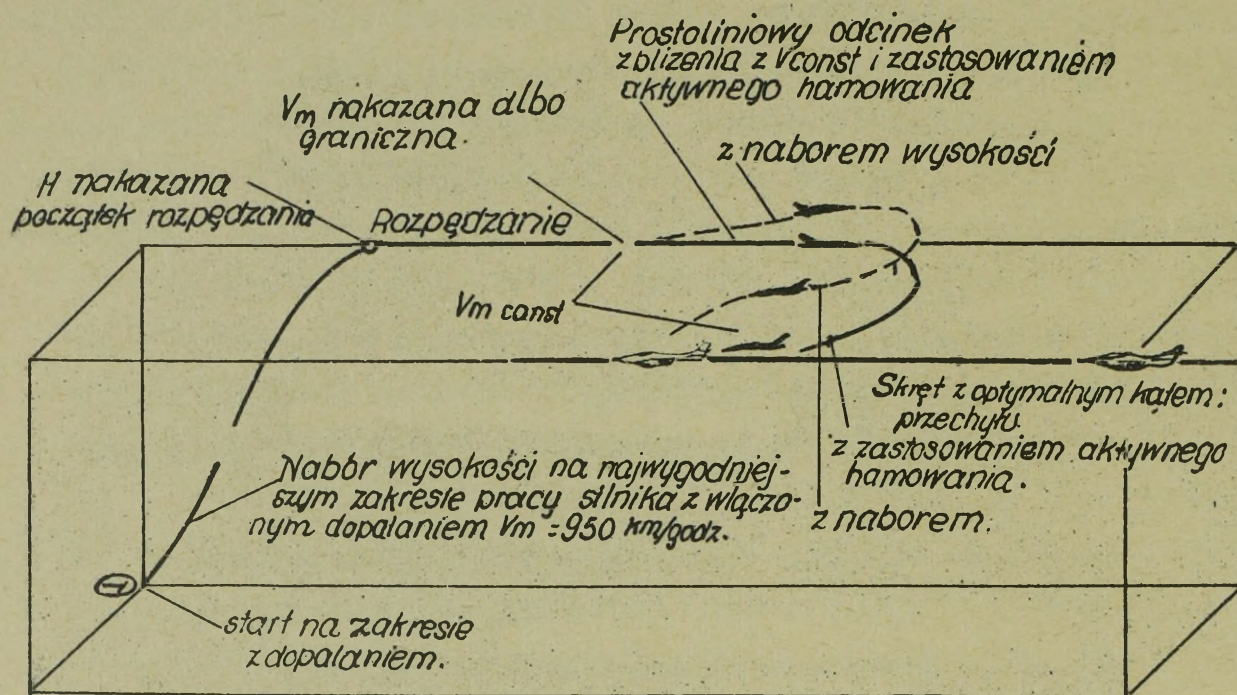
Zwiększenie prędkości może być wykonywane w locie poziomym lub w razie konieczności zwiększania prędkości z dużym przyspieszeniem - z jednoczesnym zniżaniem. Możliwe jest również zwiększanie prędkości z nabieraniem wysokości wtedy, kiedy nie wymagane jest duże przyspieszenie albo przewiduje się na drugim etapie wykonanie manewru pionowego ze zniżaniem /przewrót, półprzewrót lub skręt ze zniżaniem/.

Po zwiększeniu prędkości do wartości nakazanej lub granicznej, lot do punktu rozpoczęcia manewru wykonuje się ze stałą prędkością lotu. Stałą prędkość nakazaną na prostoliniowym odcinku pilot utrzymuje drogą zastosowania hamulców powietrznych, przejściem na pracę silnika z włączonym minimalnym dopalaniem lub przez wykonanie lotu wznoszącego z pewnym kątem naboru wysokości. Ostatni sposób stosowany jest wyłącznie na komendę nawigatora z ziemi wtedy, kiedy zachodzi konieczność posiadania przed wyjściem samolotu myśliwskiego na punkt rozpoczęcia manewru przewagi w wysokości nad wysokością lotu celu dla kolejnego wykonania pionowego manewru zeniżeniem.

Skręt na kurs, zgodny z kursem lotu celu, z utrzymaniem przez samolot myśliwski w procesie skrętu nakazanej prędkości może być wykonywany z optymalnym lub granicznym kątem przechyłu.

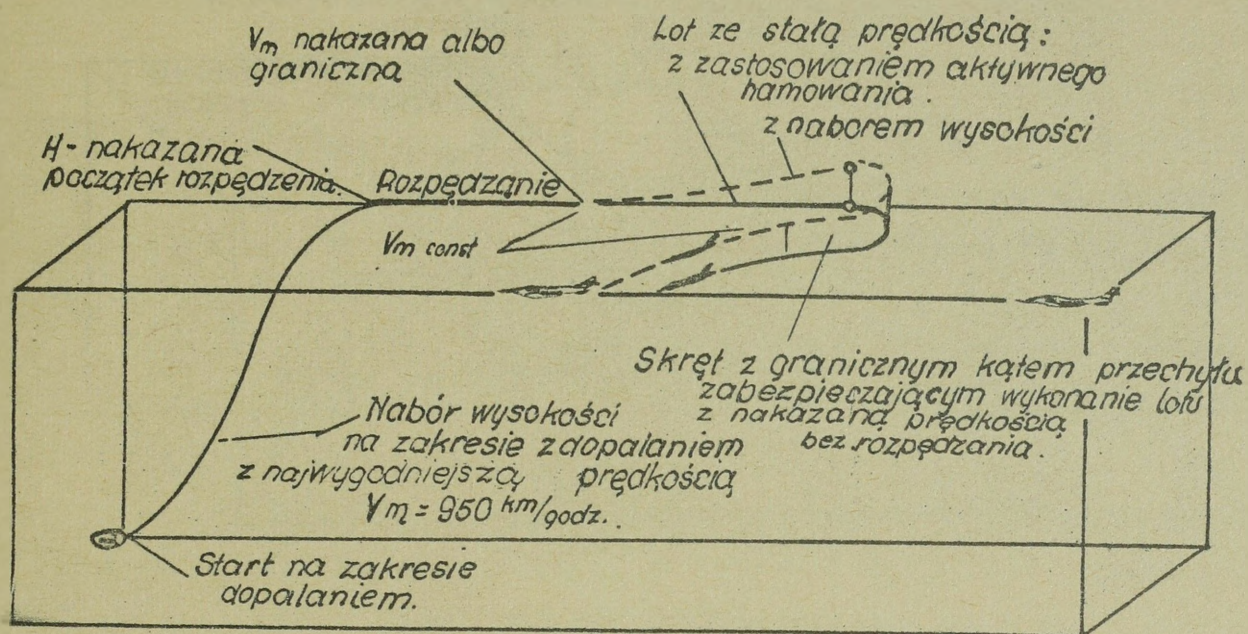
Skręt samolotu myśliwskiego z optymalnym kątem przechyłu stosowany jest w przypadku, kiedy do chwili rozpoczęcia manewru odstęp między trasami lotu celu i samolotu myśliwskiego jest dostatecznie duży, a nawigator przewiduje naprowadzanie samolotu myśliwskiego na wyjściową pozycję do wykonania ataku bezpośrednio ze skrętu, bez odcinka zbliżenia na zgodnym z celem kursie. W tym celu nawigator w razie konieczności stosuje metodę korygowania kąta przechyłu w procesie wykonywania skrętu przez samolot myśliwski.

Pilot samolotu myśliwskiego w celu utrzymania nakazanej prędkości stosuje metodę aktywnego hamowania a także w razie konieczności - skręt ze zwiększeniem wysokości z zachowaniem nakazanych wartości kąta przechyłu i prędkości  
/rys.16/.



Rys.16. Schemat lotu na przechwycenie na zakresie pracy silnika z włączonym dopalaniem w przypadku dużego prostoliniowego odcinka zbliżenia i przy wykonaniu skrętu z optymalnym kątem przechyłu.

Skręt z granicznym kątem przechyłu stosowany jest w przypadku, kiedy w chwili rozpoczęcia manewru odstęp między trasami lotu celu i samolotu myśliwskiego jest stosunkowo mały albo, kiedy przy dużym odstępnie nawigator przewiduje wyprowadzenie samolotu myśliwskiego na wyjściową pozycję do wykonania ataku pod dużą sylwetką na prostoliniowym odcinku zbliżenia i zgodnie z przecinającym się z linią lotu celu kursem. /rys.17/.



Rys.17 Schemat lotu na przechwycenie na zakresie pracy silnika z dopalaniem w przypadku dużego prostoliniowego odcinka zbliżenia i przy wykonaniu skrętu z granicznym kątem przechyłu.

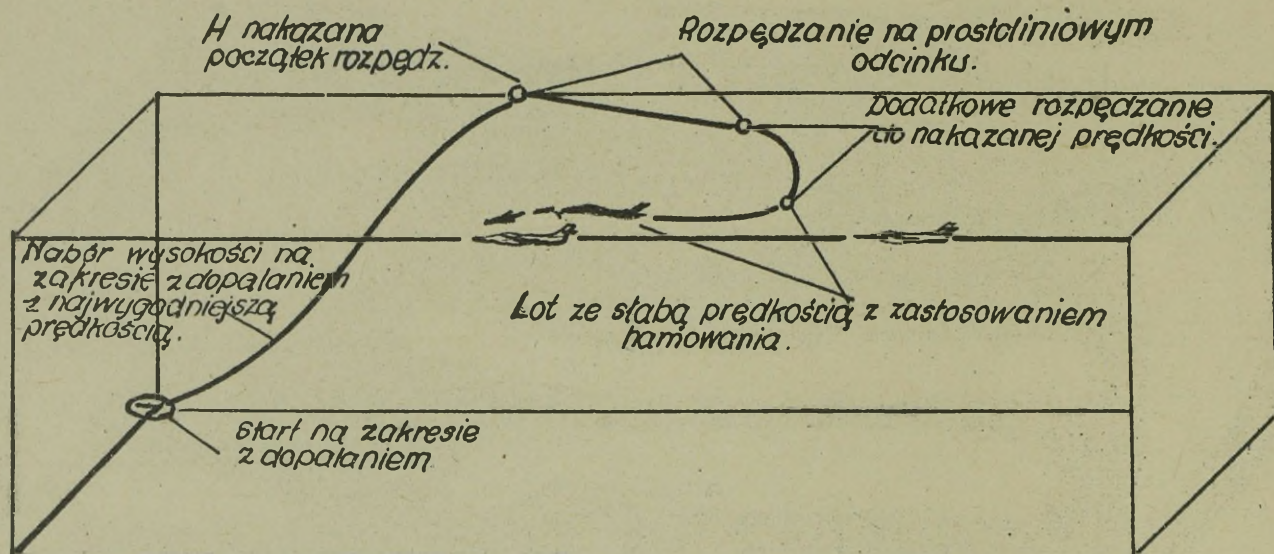
Przy tym nawigator podaje pilotowi odpowiednie wartości kąta przechyłu /przeciążenia/ zabezpieczające wykonanie skrętu z nakazaną prędkością /bez zwiększania lub zmniejszania prędkości/.

#### ZWIEKSZANIE PRĘDKOŚCI LOTU SAMOLOTU MYSLIWSKIEGO NA PROSTOLINIOWYM ODCINKU Z DODATKOWYM ZWIEKSZANIEM PODCZAS WYKONYWANIA SKRETU.

Jeżeli odcinek prostoliniowy /od punktu rozpoczęcia zwiększania wysokości do punktu rozpoczęcia skrętu/ jest za mały na zwiększenie prędkości lotu do nakazanej wartości, wówczas zwiększanie wykonywane jest częściowo na prostoliniowym odcinku i częściowo podczas skrętu.

W tego rodzaju sytuacji podaje się pilotowi odpowiednie wartości kąta przechyłu z takim wyliczeniem, żeby stworzyć mu możliwości dodatkowego zwiększania prędkości do nakazanej wartości w toku wykonywania skrętu. Po zwiększeniu prędkości pilot utrzymuje stałą prędkość stosując aktywne metody hamowania lub skręt z odpowiednim kątem zwiększania wysokości

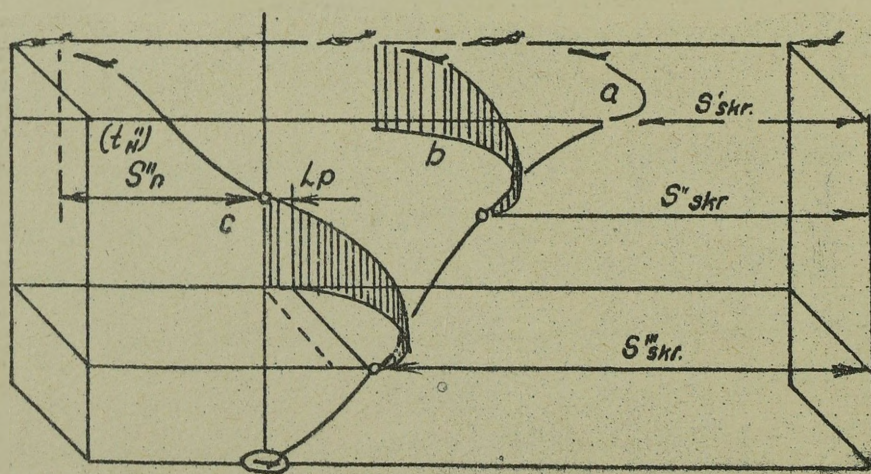
/rys.18/



Rys.18 Schemat lotu na przechwycenie na zakresie pracy silnika z włączonym dopalaniem z dodatkowym zwiększaniem prędkości podczas wykonywania skrętu.

ZWIEKSZANIE PRĘDKOŚCI LOTU PODCZAS WYKONYWANIA SKRĘTU

Zwiększanie prędkości podczas wykonywania skrętu stosuje się wtedy, kiedy punkt wyjścia samolotu myśliwskiego na wysokość lotu celu pokrywa się z punktem rozpoczęcia skrętu lub, kiedy samolot myśliwski nie nadąży zwiększyć wysokości do nakazanej wartości przed wyjściem na punkt rozpoczęcia skrętu.

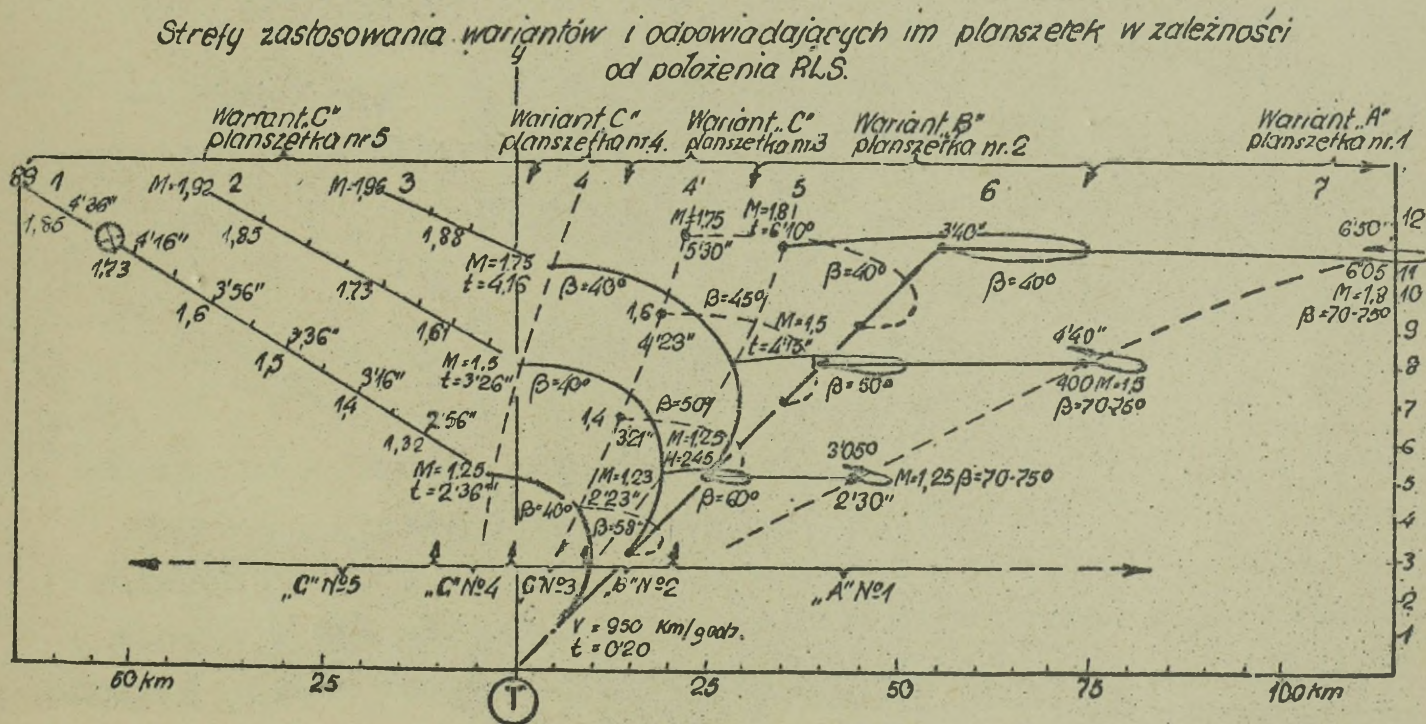


Rys.19 Schemat lotu na przechwycenie na zakresie pracy silnika z włączonym dopalaniem.

- a - ze zwiększaniem prędkości podczas wykonywania skrętu;
- b - ze zwiększaniem prędkości i wysokości podczas skrętu;
- c - ze zwiększaniem prędkości i wysokości podczas wykonywania skrętu i na zgodnym z celem kursie.

W pierwszym przypadku skręt samolotu ze zwiększaniem prędkości wykonywany jest na wysokości lotu celu w płaszczyźnie poziomej /rys. 19a/. W drugim przypadku skręt ze zwiększaniem prędkości rozpoczyna się na wysokości, którą samolot myśliwski osiągnął w chwili zbliżenia z celem na wyprzedzoną odległość rozpoczęcia skrętu /rys.19b/. Zwiększenie brakującej wysokości wykonuje się w procesie skrętu i na zgodnym z celem kursie /rys.19c/.

W obu przypadkach podaje się pilotowi kąt przechyłu zezwalający na zwiększenie prędkości w procesie skrętu. Kąty przechyłu i inne parametry podane są na rys. 20.



Rys.20 Profile nabierania wysokości, prędkości i rodzaje manewru /bez uwzględnienia  $t_{pas}$  / w odniesieniu do samolotu MiG-21f-13.

Podczas wykonywania skrętu pilot reguluje tempo zwiększania prędkości drogą zmiany kąta naboru wysokości:

- jeżeli samolot myśliwski uzyskał nakazaną prędkość lotu przed zakończeniem skrętu, to pilot drogą odebrania odpowiedniego kąta naboru wysokości utrzymuje nakazane wartości prędkości i kąta przechyłu;

- jeżeli przy nakazanym kącie przechyłu zwiększenie prędkości odbywa się z małym przyśpieszeniem lub w ogóle nie ma miejsca, to w pierwszym przypadku pilot zwiększa tempo zwiększania prędkości drogą zmniejszenia kąta naboru lub przejściem na zniżanie, a w drugim przypadku, kiedy zwiększania prędkości nie ma, melduje o tym nawigatorowi naprowadzania; nawigator powinien podać pilotowi komendę na zmniejszenie kąta przechyłu /przebieżenia/ i wnieść odpowiednie poprawki do obliczeń na przechwycenie.

Jeżeli przewiduje się dodatkowy nabór wysokości na zgodnym z celem kursie, to wyprzedzoną odległość rozpoczęcia skrętu oblicza się z uwzględnieniem drogi  $S'_H$  i czas  $t'_H$  dodatkowego naboru wysokości. Oprócz tego uwzględnia się również przesunięcie punktu zakończenia skrętu w stosunku do punktu początku skrętu, które ma miejsce na skutek zwiększenia prędkości podczas wykonywania skrętu.

Dla kąta skrętu, równego  $180^\circ$ , wyprzedzoną odległość rozpoczęcia skrętu, określa się przy pomocy wzoru:

$$S_{skr} = V_c / t_{ks} + t'_h / - L_p - S'_H - d_o, \quad /12/$$

gdzie:  $t_{ks}$  - czas skrętu;  
 $t'_h$  - czas dodatkowego naboru wysokości;  
 $S'_h$  - droga dodatkowego naboru wysokości;  
 $L_p$  - wielkość przesunięcia punktu zakończenia skrętu w stosunku do punktu początku skrętu.

Dla obliczenia wyprzedzonej odległości podania komendy na wykonanie skrętu czas opóźnienia uwzględnia się w sposób analogiczny, jak w przypadku przechwytywania na małych i średnich wysokościach.

#### WYBOR SPOSOBU ZWIEKSZANIA PRĘDKOŚCI I RODZAJU MANEWRU PODCZAS NAPROWADZANIA

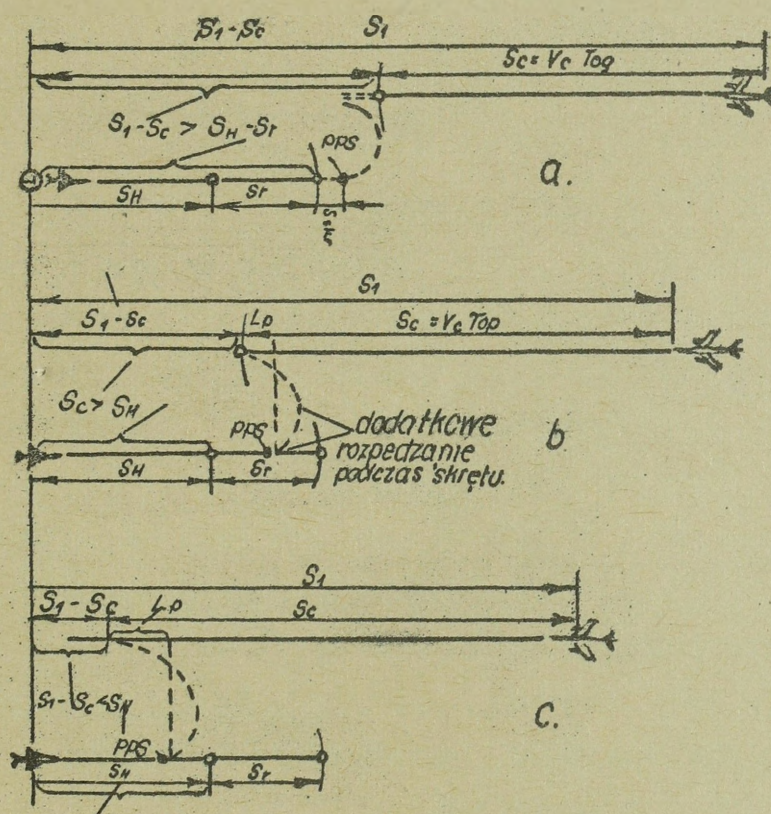
Dla przechwycenia celu powietrznego na dalekich podejściach do esłanianego obiektu /lotniska/ nawigator winien od razu na początku naprowadzania /na podstawie pierwszych znaczników/ wybrać sposób zwiększania prędkości i charakter manewru. W tym celu powinien on dobrze znać parametry naboru wysokości, zwiększania prędkości i manewru. Dane te dla różnych wysokości nawigator powinien posiadać podczas naprowadzania.

Wstępne określenie sposobu zwiększania prędkości i rodzaju manewru dokonuje się na podstawie danych z planszeta przy pomocy wyposażenia do obliczeń /specjalne cyrkle, suwaki, nomogramy i wykresy/. Sposób rozwiązania tego zadania jest następujący.

Od punktu wykracia celu w kierunku jego lotu odkłada się drogę celu /rys.21/, którą on przebywa w pewnym czasie ogólnym. Ogólny czas można obliczyć przy pomocy wzoru:

$$T_{og} = t_{pas} + t_H + t_r + t_{KS} \quad /13/$$

gdzie:  $T_{og}$  - czas ogólny;  
 $t_r$  - czas zwiększania prędkości;  
 $t_H$  - czas naboru wysokości.



Rys.21 Schemat wyboru sposobu naprowadzania.

Jednocześnie od lotniska /wyjściowego punktu naprowadzania/ w kierunku celu odkłada się odległość, którą przebyłby samolot myśliwski podczas lotu na odcinku prostoliniowym z kursem przeciwnym /przeciwnie - równoległym/ w stosunku do kursu lotu celu w czasie naboru wysokości i zwiększania prędkości.

Na rys. 29 pokazano kilka charakterystycznych przypadków, które dają nawigatorowi możliwość, z dostateczną dla celów naprowadzenia dokładnością, ocenić przewidywane warunki rozpędzania i manewru.

1. Różnica między wyjściową odległością  $S_1$  i drogą celu jest równa lub większa od odległości, którą przebywa samolot myśliwski w czasie naboru wysokości i zwiększania prędkości. Samolot myśliwski nadaża wyjść na wysokość lotu celu, zwiększyć prędkość do wartości nakazanej i przelecieć w kierunku punktu rozpoczęcia skrętu pewną odległość w locie poziomym z kursem przeciwnym w stosunku do kursu lotu celu i z nakazaną prędkością, /rys. 21a/ to znaczy:

$$S_1 - S_c \geq S_H + S_r \quad /14/$$

gdzie:  $S_r$  - odległość wyjściowa;  
 $S_H$  - droga naboru wysokości;  
 $S_r$  - droga zwiększania prędkości;  
 $S_c$  - droga celu.

Rzeczą w pełni oczywistą jest, że skręt w tym przypadku powinien być wykonywany w płaszczyźnie poziomej z nakazaną stałą prędkością. Stosownie do tego nawigator wykorzystuje odpowiednią planszетkę do naprowadzania /nr 1/ lub określa z tabel wyprzedzoną odległość wykonania skrętu.

Kolejnym zadaniem nawigatora jest wyprowadzenie samolotu myśliwskiego z odstępem w stosunku do linii lotu celu, odpowiadającemu obliczeniowemu kątowi przechyłu.

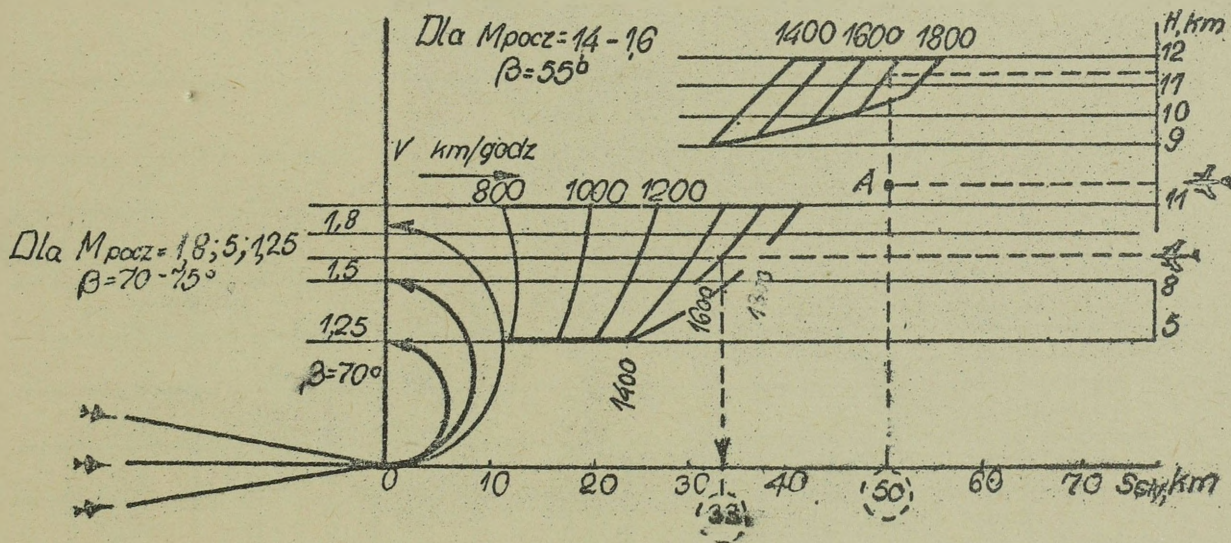
Punkt początku skrętu określa się na podstawie wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu odczytanej zawczasu z tabeli lub określonej przy pomocy planszетki nr 1.

W tabeli 3 podane są wartości wyprzedzonych odległości rozpoczęcia skrętu bez uwzględnienia czasu opóźnienia podania komeńdy na wykonanie skrętu dla kąta przechyłu  $70^\circ$  i granicznej prędkości podczas wykonywania skrętu. Minimalna odległość wyprowadzenia samolotu ze skrętu  $d_0 = 4$  km.

Tabela 3

$V_c$ , km/godz.	$H_c$ , km						
	5	6	7	8	9	10	11
	$S_{skr}$ , km						
800	6	6	7	7	8	8	10
900	7	7	8	8	9	10	11
1000	8	9	10	10	11	11	12
1100	9	10	11	12	13	13	14
1200	11	11	12	13	14	15	16
1300	12	13	14	15	16	17	18
1400	13	14	16	17	18	19	20
1500	-	-	18	19	20	20	21
1600	-	-	-	-	22	22	23
1700	-	-	-	-	-	24	24
1800	-	-	-	-	-	-	26
$V_m$ , km/godz	1450	1500	1550	1600	1700	1800	

Planszетка nr 1 pokazana jest na rys. 22



Rys.22 Planszетка nr 1 dla warunków;

- wariant "a";
- $M_c = 100$  km;
- $KS = 180^\circ$
- $t_{op} = 15$  sek;
- $d_o = 4$  km;
- $\beta = 70^\circ$
- skręt w płaszczyźnie poziomej.

2. Różnica  $S_1 - S_c$  równa jest wartości  $S_H$  lub jest nieco większa od niej. Samolot myśliwski nadaża wyjść na prostoliniowym odcinku lotu na wysokości lotu celu. A zatem, kiedy  $S_1 - S_c = S_H$ , zwiększanie prędkości do nakazanej wartości całkowicie odbywa się podczas wykonywania skrętu, a w przypadku, kiedy wspomniana różnica jest nieco większa od  $S_H$  zwiększanie odbywa się częściowo na prostoliniowym odcinku lotu i kończy się podczas wykonywania skrętu /rys.21 b/.

Skręt w pierwszym i drugim przypadku wykonywany jest w płaszczyźnie poziomej z optymalnym kątem przechyłu, zezwalającym na zwiększanie prędkości do wartości nakazanej.

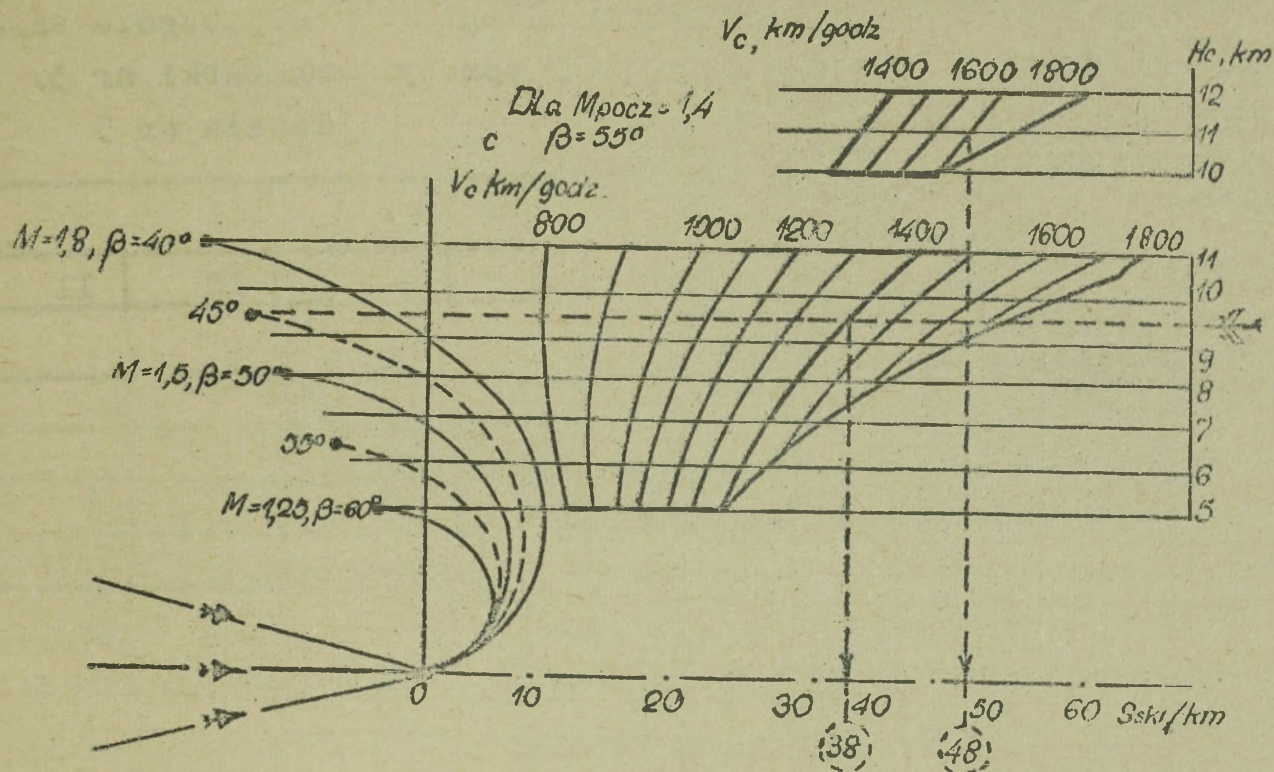
Punkt rozpoczęcia skrętu tak samo określa się na podstawie wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu, z tą tylko różnicą, że wykorzystuje się planszетkę nr 2.

W tabeli 4 podane są dla danego przypadku wartości wyprzedzonych odległości rozpoczęcia skrętu bez uwzględnienia czasu opóźnienia na podanie komendy dla następujących warunków:  $V_{pocz} = 950$  km/godz;  $d_0 = 4$  km; kąt przechyłu 60, 50 i 40° odpowiednio dla wysokości 5, 8 i 11 km.

Tabela 4

$V_c$ , km/godz.	$H_c$ , km						
	5	6	7	8	9	10	11
	$S_{skr}$ , km						
800	5	5	5	7	8	9	10
900	7	7	8	8	10	12	14
1000	9	9	10	11	12	15	18
1100	11	11	12	13	15	18	22
1200	13	13	14	16	18	22	26
1300	15	15	16	19	21	26	30
1400	17	18	19	22	24	29	34
1500	-	-	22	24	28	33	38
1600	-	-	-	-	32	37	43
1700	-	-	-	-	-	41	48
1800	-	-	-	-	-	-	52
$V_m$ pocz, km/godz	950	950	950	950	950	950	950
$V_m$ kon, km/godz	1450	1450	1550	1600	1700	1800	
$\beta$ stopnie	60	-	-	50	-	-	

Planszетka nr 2 pokazana jest na rys.22



Rys.23 Planszетка nr 2 dla warunków;

- wariant "b"
- $K_S = 180$  ;
- $M_c = 100$  km;
- $V_m$  pocz = 950 km/godz;
- $t_{op} = 15$  sek;
- $d_o = 4$  km

3. Różnica  $S_1 - S_c$  jest mniejsza od  $S_H - L_p$ . Samolot myśliwski do chwili wyjścia na punkt rozpoczęcia skrętu nie nadąza osiągnąć wysokości celu na prostoliniowym odcinku lotu /rys.21c/.

W tym wypadku zachodzi konieczność naboru wysokości podczas wykonywania skrętu z jednoczesnym zwiększaniem prędkości. Może zaistnieć również sytuacja, że część wysokości trzeba będzie nabierać już po wykonaniu skrętu na zgodnym z celem kursie. Stosownie do tego nawigator winien podać pilotowi samolotu myśliwskiego taką wartość kąta przechyłu, która pozwoli na nabór wysokości z jednoczesnym zwiększaniem prędkości do wartości nakazanej.

Dla danych warunków punkt rozpoczęcia skrętu określa się na podstawie wyprzedzonych odległości rozpoczęcia skrętu podanych w tabeli 5 albo przy pomocy planszетки nr 3.

Tabela nr 5

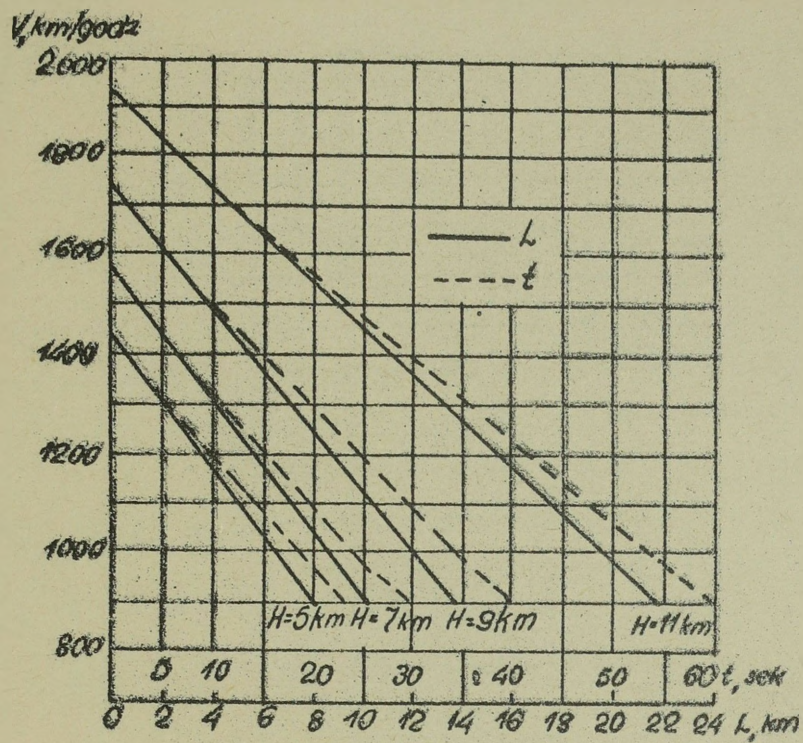
$V_c$ , km/godz.	$H_c$ , km						
	5	6	7	8	9	10	11
	$S_{skr}$ , km						
800	9	8	8	9	9		
900	11	10	11	11	12		
1000	14	14	14	14	15		
1100	16	16	17	17	18		
1200	18	19	19	20	22		
1300	20	21	22	23	25		
1400	23	24	25	26	28		
1500	-	-	28	30	32		
1600	-	-	-	-	36		
1700	-	-	-	-	-		
1800	-	-	-	-	-		
$H_{pocz\ skr}$ , km							
$V_{pocz\ skr}$ , km/godz							
$V_{kon\ skr}$ , km/godz							
$\beta$ stopnie							

Tabela obliczona została dla następujących warunków:

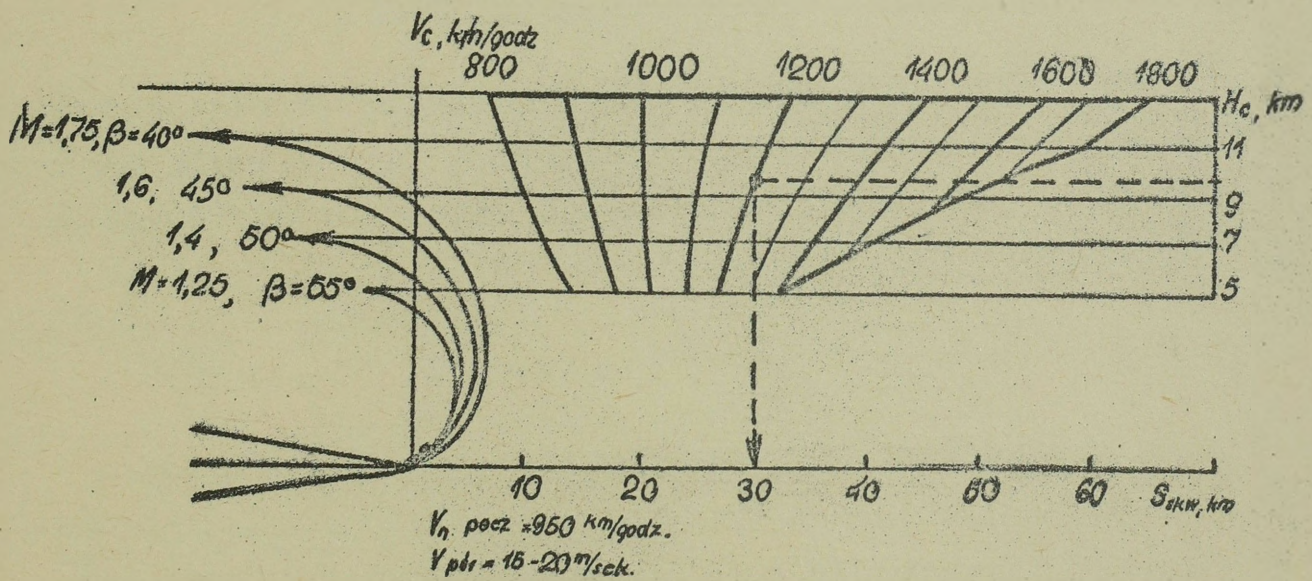
- prędkość lotu samolotu myśliwskiego na początku skrętu - 950 km/godz;
- wysokość początku skrętu 3, 5, 7, 9 km;
- kąt przechyłu podczas skrętu odpowiednio 55, 50, 45, 40°;
- wysokość końcowa skrętu odpowiednio 4, 5, 7, 9 i 11 km;
- prędkość lotu w końcu skrętu - 1450, 1550, 1700 i 1900 km/godz;
- prędkość pionowa - 15-17 m/sek;
- odległość wyprowadzenia ze skrętu  $d_0 = 4$  km;
- czas opóźnienia - nie uwzględniono.

Na podstawie podanych warunków obliczona i zbudowana została planszетка nr 3 /rys.24/, gdzie oprócz tego uwzględniono czas opóźnienia podania komendy  $t_{op} = 15$  sek/ i czas hamowania podczas przechwytywania celów o małej

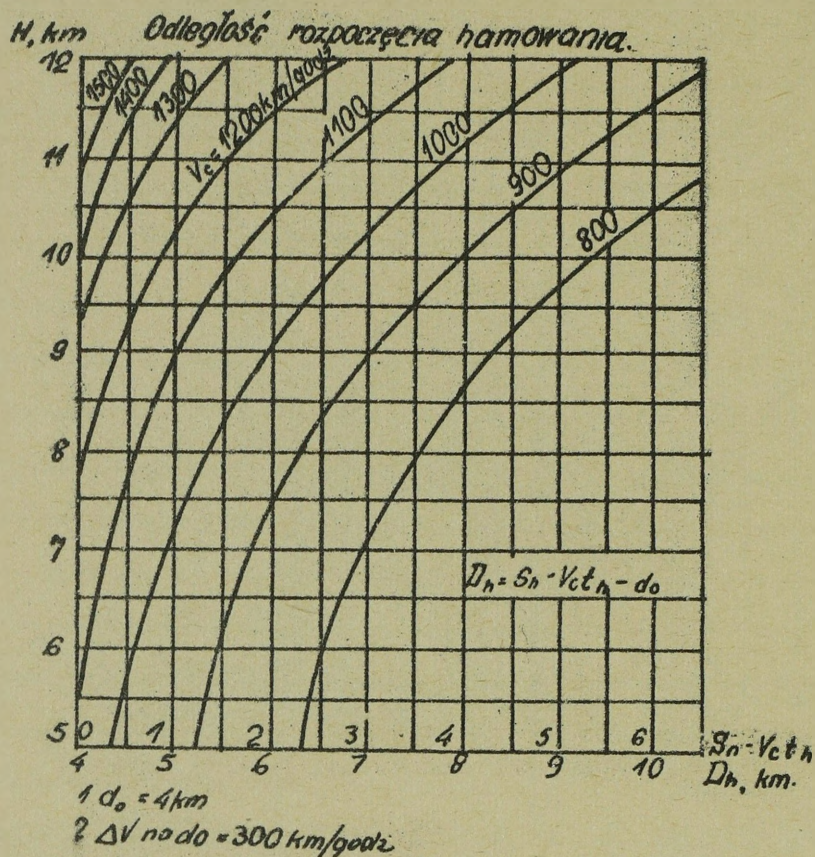
prędkości lotu /patrz wykresy rys.25 i 26/.



Rys.24. Planszетка nr 3, wariant "c", KS-180°,  $M_e = 100$  km,  $t_{op} = 15$  sek,  $d_0 = 4$  km



Rys.25 Czas i długość drogi hamowania przy włączonym dopalaniu i włączonych hamulcach powietrznych



Rys.26 Odległość rozpoczęcia hamowania

#### OKRESLENIE PUNKTU POCZĄTKU SKRĘTU

Punkt początku skrętu określa się na podstawie wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu. W tabeli 3,4 i 5 wyprzedzone odległości rozpoczęcia skrętu obliczono przy pomocy wzoru.

$$S_{\text{skr}} = V_c \cdot t_{180} - d_o - L_p \quad /15/$$

W obliczeniach nie uwzględniono czasu opóźnienia podania komendy i czasu hamowania samolotu dla przypadku dużej przewagi prędkości lotu samolotu myśliwskiego nad prędkością lotu celu na wysokości lotu celu.

Jeżeli uwzględnimy czas opóźnienia i czas hamowania otrzymany następujący wzór na określenie wyprzedzonej odległości podania komendy na wykonanie skrętu:

$$S_k = S_{skr} + \Delta S_{op} - S'_h, \quad /16/$$

gdzie:  $\Delta S_{op} = \sqrt{V_c + V_m} / t_{op}$

$$S'_h = S_h - V_c t_n.$$

$S_{skr}$  - określa się z tabel 3,4 i 5.  $S_h$  określa się z wykresu rys.25.

Przykład:  $V_c = 1000$  km/godz;  $H_c = 10$  km;  $V_m$  przed skretem =  
= 1800 km/godz;  $H_m = 10$  km.

$$S_k = 11 + 12 - 2,5 = 20,5 \text{ km,}$$

gdzie:  $S_{skr} = 11$  km / z tabeli 3/;

$$S_{op} \text{ /dla } T_{op} = 15 \text{ sek/} = 12 \text{ km;}$$

$$S_h = S_h - V_c t_n = 2,5 \text{ km / z wykresu 26/}.$$

Korzystając z pomocy planszетки otrzymamy identyczny wynik.

Wyjściową odległość rozpoczęcia hamowania określa się przy pomocy wzoru:

$$D_h = S_h - V_c t_n + d_o \quad /17/$$

Wartości wyjściowych odległości rozpoczęcia hamowania oblicza się z góry dla typowych warunków i ujmuje w tabelach i wykresach.

Wartości  $S_h$  i  $t_n$  określa się z instrukcji zastosowania bojowego danego typu samolotu.

Wartości  $d_o$  i  $V$  przyjmuje się w zależności od typu uzbrojenia i przygotowania pilotów.

Przy dobrym przygotowaniu pilotów, maksymalne wartości  $\Delta V$  przyjmuje rzędu 300 km/godz przy strzelaniu z działek i około 600 km/godz - przy strzelaniu rakietami typu R-3<sub>s</sub>.

Na rys. 26 pokazany jest wykres wyjściowych odległości rozpoczęcia hamowania dla  $d_o = 4$  km i  $\Delta V = 300$  km/godz

Przykład  $H_c = 10$  km,  $V_c = 800$  km/godz.

Dla uzyskania w odległości  $d_o = 4$  km prędkości lotu o 300 km/godz. większej od prędkości lotu celu należy rozpocząć hamowanie w odległości równej 9,2 km.

OKRESLENIE WYPRZEDZONEJ ODLEGŁOŚCI ROZPOCZĘCIA  
SKRETU PRZY POMOCY PLANSZETEK

Podczas naprowadzania z ekranu wskaźnika stacji radiolokacyjnej dla określania wyprzedzonej odległości celowo jest stosować planszетки zbudowane dla odpowiednich skal wskaźnika. Na rys. 22, 23 i 24 przytoczone są planszетки zbudowane z uwzględnieniem czasu opóźnienia podania komendy  $t_{op} = 15$  sek, drogi hamowania zgodnie z wykresm /rys.25/ i  $d_0 = 4$  km.

Planszетка nr 1. /rys.22/ obliczona została dla kąta przechyłu  $70^\circ$ , wysokości lotu celu 5,8 i 11 km i liczby M samolotu myśliwskiego przed skretem równej odpowiednio do wskazanych wysokości 1,25 i 1,5, 1,8 przy skręcie ze stałą prędkością.

W danych warunkach wyprzedzone odległości odczytuje się z dolnego nomogramu.

Planszетка może być wykorzystana w przypadku, kiedy do chwili rozpoczęcia skrętu samolot myśliwski nie osiągnął nakazanej prędkości:

- na wysokości 5 km - do M = 1,0 - 1,25;
- na wysokości 8 km - do M = 1,2 - 1,5;
- na wysokości 11 km - do M = 1,4 - 1,8.

Przy tym samolotowi myśliwskiemu podaje się mniejsze wartości kątów przechyłu odpowiednio do początkowej wartości M, jak to jest podane w tabeli 6.

Tabela nr 6

H=5 km	M <sub>pocz</sub>	0,89-0,9	0,95-1,05	1,1-1,25				
	$\beta$ stopnie	60	65	70-75				
H=8 km	M <sub>pocz</sub>	0,8-0,9	0,95-1,05	1,1-1,2	1,25-1,35	1,4-1,5		
	$\beta$ stopnie	50	55	60	65	70-75		
H=11 km	M <sub>pocz</sub>	0,9-1,0	1,05-1,15	1,2-1,3	1,35-1,45	1,5-1,6	1,65-1,75	1,8
	$\beta$ stopnie	40	45	50	55	60	65	70-75

W przypadku, kiedy leci z prędkością 1400 km/godz. i więcej, a samolot myśliwski do chwili rozpoczęcia skrętu osiągnął prędkość rzędu  $M=1,4-1,6$ , dla określenia wyprzedzonej odległości wykorzystuje się górny nomogram planszетки z tym, że samolotowi myśliwskiemu podaje się kąt przechyłu równy  $55^\circ$ .

Planszетkę /wykonaną z przezroczystego materiału - o skali ekranu/ nakłada się na ekran wskaźnika tak, żeby ruch celu /znacznika celu/ był zgodny z linią odpowiedniej wysokości dolnego nomogramu.

Samolot myśliwski wyprowadza się na równoległe przeciwny /przecinający/ z celem kurs, tak żeby ruch znacznika celu odbywał się w przedziale linii kursowych na planszетce.

W chwili, kiedy znacznik celu pokryje się z linią odpowiedniej prędkości na nomogramie, planszетkę przesuwają w ten sposób, żeby znaczniki celu utrzymać na tej linii i w chwili wyjścia samolotu myśliwskiego na punkt C podaje się komendę na wykonanie skrętu.

W przypadku, kiedy  $V_c \geq 1400$  km/godz i  $M_{PS}=1,4-1,6$  planszетkę nakłada się na ekran wskaźnika w sposób analogiczny, z tym, że znacznik celu pokrywa się z rzutem punktu  $S_{skr}$  górnego nomogramu na dolny /na planszетce punkt A/.

Planszетka nr 2 /rys. 23/ obliczona jest dla warunków, kiedy samolot myśliwski nadaża do chwili rozpoczęcia skrętu wyjść na wysokość lotu celu lecz posiada  $M=0,9$ . Kąty przechyłu podczas wykonywania skrętu są równe  $60,50$  i  $40^\circ$  odpowiednio na wysokości  $5,8$  i  $11$  km.

Wymieniona planszетka stosowana jest również w przypadku, kiedy samolot myśliwski zdażył osiągnąć na prostoliniowym odcinku prędkość rzędu:

- na  $H = 5$  km - do  $M = 1,05$ ;
- na  $H = 8$  km - do  $M = 1,25$ ;
- na  $H = 11$  km - do  $M = 1,35$ .

Przy tym kąty przechyłu podaje się nie większe, niż podane w tabeli 6. Sposób wykorzystania planszетki nr 2 jest analogiczny jak planszетki nr 1.

Planszетka nr 3 /rys.24/ obliczona jest dla warunków kiedy samolot myśliwski do chwili rozpoczęcia skrętu nie nadaża wyjść na wysokość lotu celu i posiada  $M=0,9$ .

Kąty przechyłu podczas skrętu są równe 55, 50, 45 i 40° odpowiednio dla następujących wysokości rozpoczęcia i zakończenia skrętu:  $H_{pocz} = 3 \text{ km}$  i  $H_{kon} = 5 \text{ km}$ ;

$$H_{pocz} = 5 \text{ km} \text{ i } H_{kon} = 7 \text{ km};$$

$$H_{pocz} = 7 \text{ km} \text{ i } H_{kon} = 9 \text{ km};$$

$$H_{pocz} = 9 \text{ km} \text{ i } H_{kon} = 11 \text{ km}.$$

Prędkość pionowa podczas wykonywania skrętu 15-20m/sek

Sposób wykorzystania planszетки nr 3 jest analogiczny jak planszетки nr 1.

#### NAPROWADZANIE SAMOLOTÓW MYSLIWSKICH Z POŁOŻENIA DYŻUROWANIA W POWIETRZU

Przy działaniach samolotów myśliwskich z położenia dyżurowania w powietrzu metodyka naprowadzania jest następująca:

1. W wypadkach, kiedy należy przechwycić cel na maksymalnej odległości od osłanianego obiektu, lot na spotkanie z celem wykonuje się bezpośrednio ze strefy na zakresie pracy silnika z włączonym dopalaniem albo przy dostatecznie dużej odległości wyjściowej - na najwygodniejszym zakresie z włączeniem dopalania w obliczonym punkcie.

Obliczony punkt włączenia dopalania określa się w zależności od pozostałej ilości paliwa i czasu potrzebnego na zwiększenie prędkości lotu.

Wyprzedzoną odległość rozpoczęcia skrętu odczytuje się z tabeli 3 lub określa przy pomocy planszетки nr 1.

2. Jeżeli odległość wykrycia celu jest dostatecznie duża, to na pierwszym etapie naprowadzenia samolot może wykonywać lot na najwygodniejszym lub maksymalnym zakresie pracy silnika. Komendę na włączenie dopalania podaje się przed rozpoczęciem manewru. Zwiększanie prędkości wykonuje się w procesie manewru. Wyprzedzoną odległość określa się z tabeli 4 lub przy pomocy planszетки nr 2. W czasie zwiększania rozpędzania prędkości pilot powinien informować nawigatora o zmianie wielkości  $M$  z częstością 0,1 - 0,2  $M$ .

Planszетка nr 3 i tabela nr 5 stosowane są przy małych odległościach wykrywania celu, przy zmianie zadania

1. przecelowaniu samolotów myśliwskich na cele lecące z przewagą w wysokości oraz wtedy, kiedy ze względów taktycznych należy samoloty myśliwskie wyprowadzić na punkt początku skreću z przeniżeniem w stosunku do celu rzędu do 2 km.

Wyprzedzoną odległość włączenia dopalania określa się przy pomocy wzoru:

$$S_f = S_{skr} + S_r + V_o t_r, \quad /18/$$

gdzie:

$$S_{skr} = V_c t_{180} - L_p - d_o$$

### 3. NAPROWADZENIE SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE W STRATOSFERZE

#### NAPROWADZANIE SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA CELE LECACE NA WYSOKOSCIACH OD 12 DO 16 km

Na wysokości 12-16 km samoloty myśliwskie typu MiG-21 posiadają jeszcze stosunkowo dobrą manewrowość, to znaczy dysponują dość dużym zakresem prędkości i kątów przechyłu, dobrymi charakterystykami naboru wysokości, zwiększania prędkości i hamowania. Zezwala to nawigatorowi, drogą zmiany kąta przechyłu i kąta naboru wysokości, /prędkości pionowej/ na poprawianie popełnionych błędów we wstępnych obliczeniach, błędów pilota a także naprowadzanie poprawek uwzględniających manewr celu.

Dlatego też metodyka naprowadzenia samolotów myśliwskich w danych warunkach sprowadza się, tak samo jak podczas przechwytywania na średnich i dużych wysokościach, do wyprowadzenia samolotu myśliwskiego na wysokość lotu celu w wyjściowe położenie do wykonania ataku bezpośrednio ze skreću. Są tylko pewne różnice w profilu lotu, parametrach naboru wysokości, zwiększania prędkości i wykonania manewru,

NAPROWADZANIE Z WYPROWADZENIEM SAMOLOTU MYSLIWSKIEGO  
NA ZGODNY Z CELEM KURS LOTU NA NAJWYGODNIEJSZEJ

PREDKOSCI NABORU WYSOKOSCI W STRATOSFERZE.

Treść danej metody jest następująca:

Na pierwszym etapie naprowadzania wyprowadza się samolot myśliwski na wysokość nieco mniejszą od wysokości lotu

celu w granicach zabezpieczających osiągnięcie wysokości lotu celu podczas wykonywania skreću, to znaczy na wysokość 8 - 12 km w zależności od wysokości lotu celu. Wielkość zwiększania prędkości i rodzaj manewru podaje się pilotowi, odpowiednio w zależności od wyjściowej odległości, w chwili wyjścia samolotu myśliwskiego na nakazaną wysokość lotu.

Jeżeli zachodzi konieczność przechwycenia celu powietrznego na maksymalnej odległości od osłanianego obiektu, to zwiększanie prędkości rozpoczyna się z chwilą wyjścia samolotu myśliwskiego na nakazaną wysokość albo wcześniej w procesie naboru wysokości lecz nie niżej niż od wysokości równej 8 km. Przy tym, jeżeli do punktu rozpoczęcia skreću samolot myśliwski zdąży osiągnąć nakazaną lub maksymalną prędkość, to skreć wykonuje się z granicznym kątem przechyłu i pionową prędkością, zezwalającą podczas skreću na zachowanie początkowej prędkości i wyjście na nakazaną wysokość.

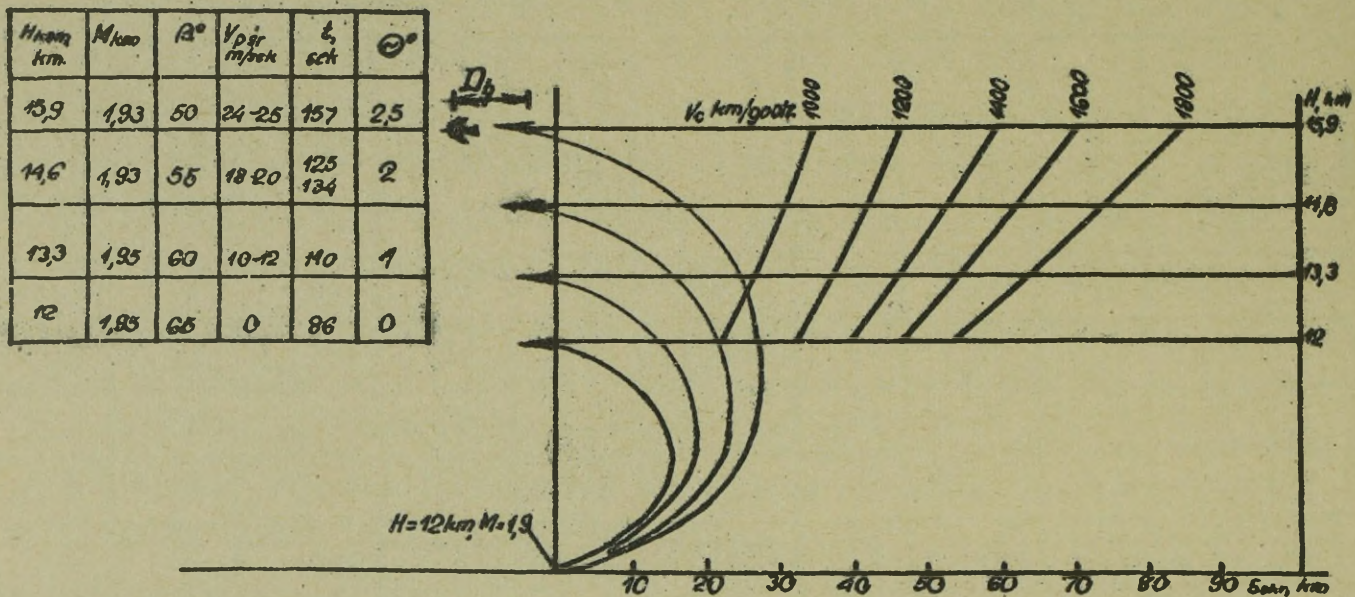
Przy dostatecznie dużych odległościach wyjściowych zwiększanie prędkości rozpoczyna się od obliczonego punktu włączenia dopalania /OWF/. W danych warunkach, jeżeli nabór wysokości wykonywano na zakresie pracy silnika z włączonym dopalaniem, to z chwilą wyjścia na nakazaną wysokość dopalania wyłącza się a lot do punktu włączenia dopalania wykonuje się na zakresie maksymalnej prędkości.

Jeżeli do chwili rozpoczęcia skreću samolot myśliwski nie zdążył osiągnąć maksymalnej prędkości, dodatkowe rozpędzanie wykonuje się podczas wykonywania skreću.

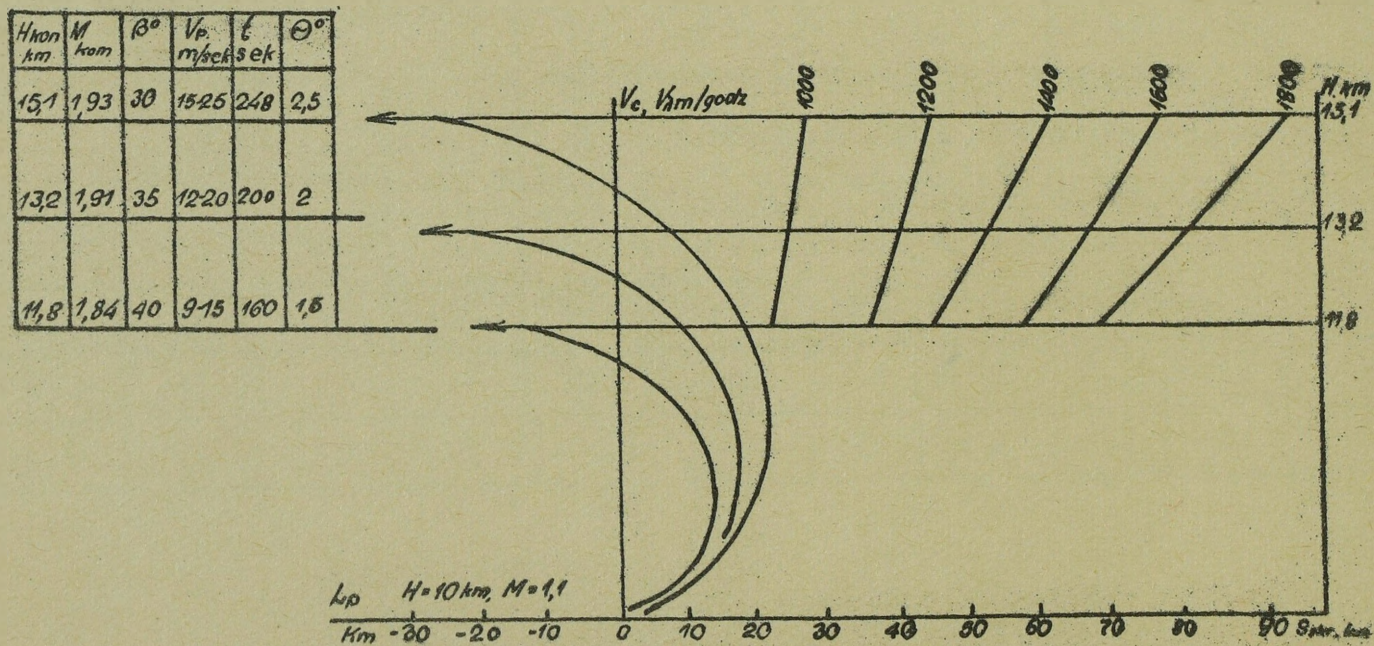
Parametry naboru wysokości, rozpędzania i skreću samolotu MiG-21 pf podane są w tabeli 7 i na planszetchach /rys.27-31/.

Tabela 7

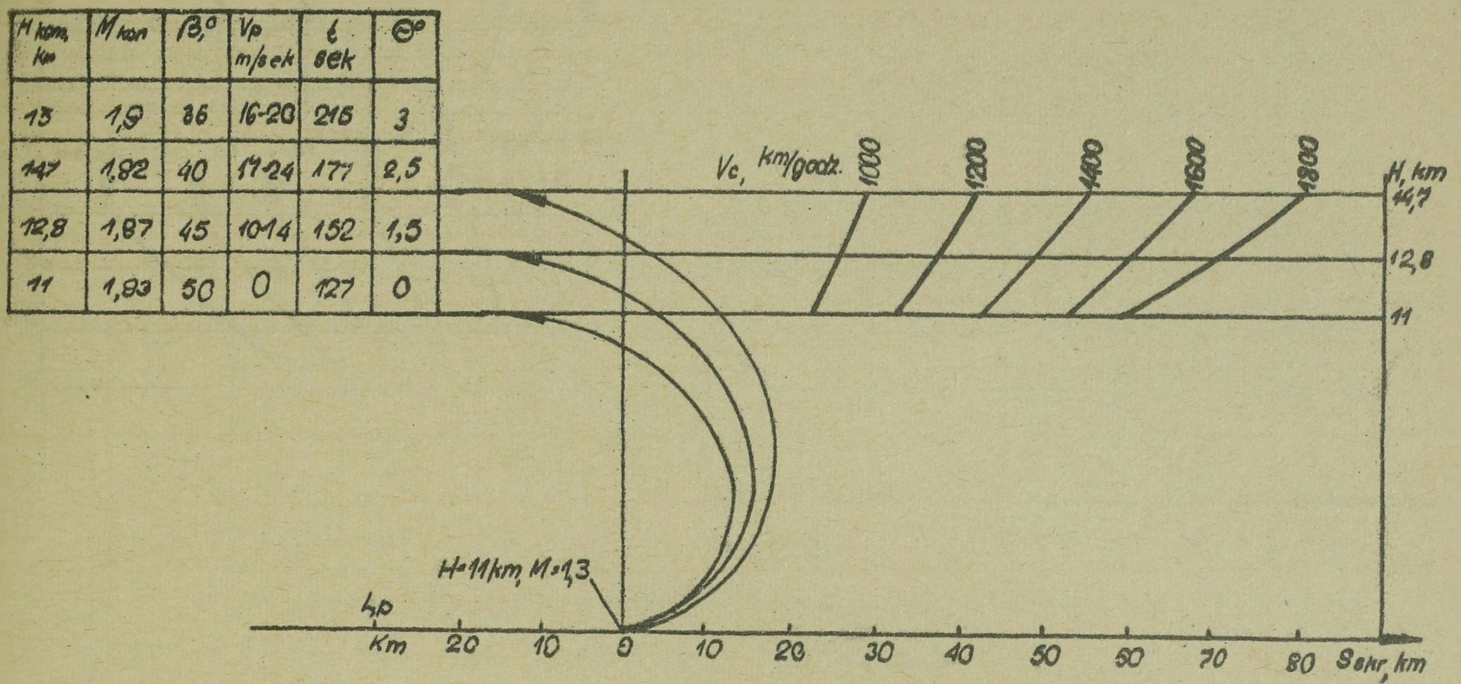
$H_{pocz}$ km	$H_{kon}$ km	$M_{pocz}$	$M_{kon}$	$B, stop.$	$V_P, m/sek$	$t_{180}, sek$	$D, km$	$V_P, km$	$S_T, km$	$O, stop.$
8	13,8	0,9	1,99	30	15-30	239	66	-39	18	3
9	13,3	0,9	1,9	30	14-25	225	58	-33,5	17	2,5
10	12,5	0,9	1,89	30	8-13	221	55	-32,4	16	1,5
10	15,1	1,1	1,93	30	15-25	248	70	-36	21	2,5
10	13,5	1,1	1,91	35	15-20	204	57	-28	18	2
10	11,8	1,1	1,84	40	9-15	160	41	-19	14	1,5
11	14,7	1,3	1,82	40	17-24	177	52	-18	19	2,5
11	12,8	1,3	1,87	45	10-14	152	45	-16	16	1,5
11	11	1,3	1,83	50	0	127	37	-14	13	0
11	15,6	1,5	1,9	45	24-29	166	54	-14	21	3
11	14,1	1,3	1,9	50	20-24	141	47	-12	17	2
11	12,5	1,3	1,9	55	11-15	117	39	-10	14	1
11	11	1,3	1,9	60	0	93	30	-8	11	0
12	15,5	1,7	1,91	50	22-25	148	53	-11	21	2,5
12	13,8	1,7	1,94	55	12-16	125	45	-8	17	1,5
12	12	1,7	1,97	60	0	101	36	-6	14	0
12	15,9	1,9	1,93	50	24	157	60	-6	28	2,5
12	14,6	1,9	1,93	55	18-20	134	50	-4	24	2,0
12	13,3	1,9	1,95	60	10-12	110	40	-3	18	1,0
12	12	1,9	1,95	65	0	86	31	-2	16	0



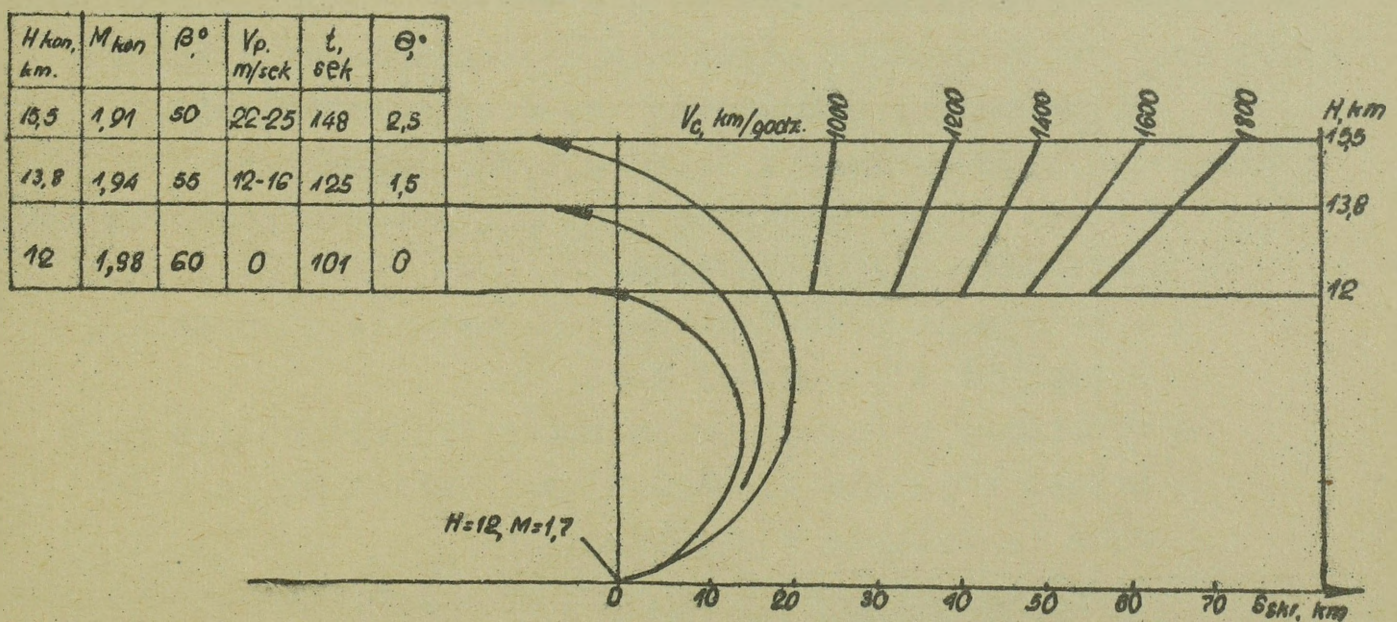
Rys.27 Planszетка warunków:  $M_c = 100$  km,  $M_{pocz} = 1,9$ ,  
 $H_{pocz} = 12$  km.



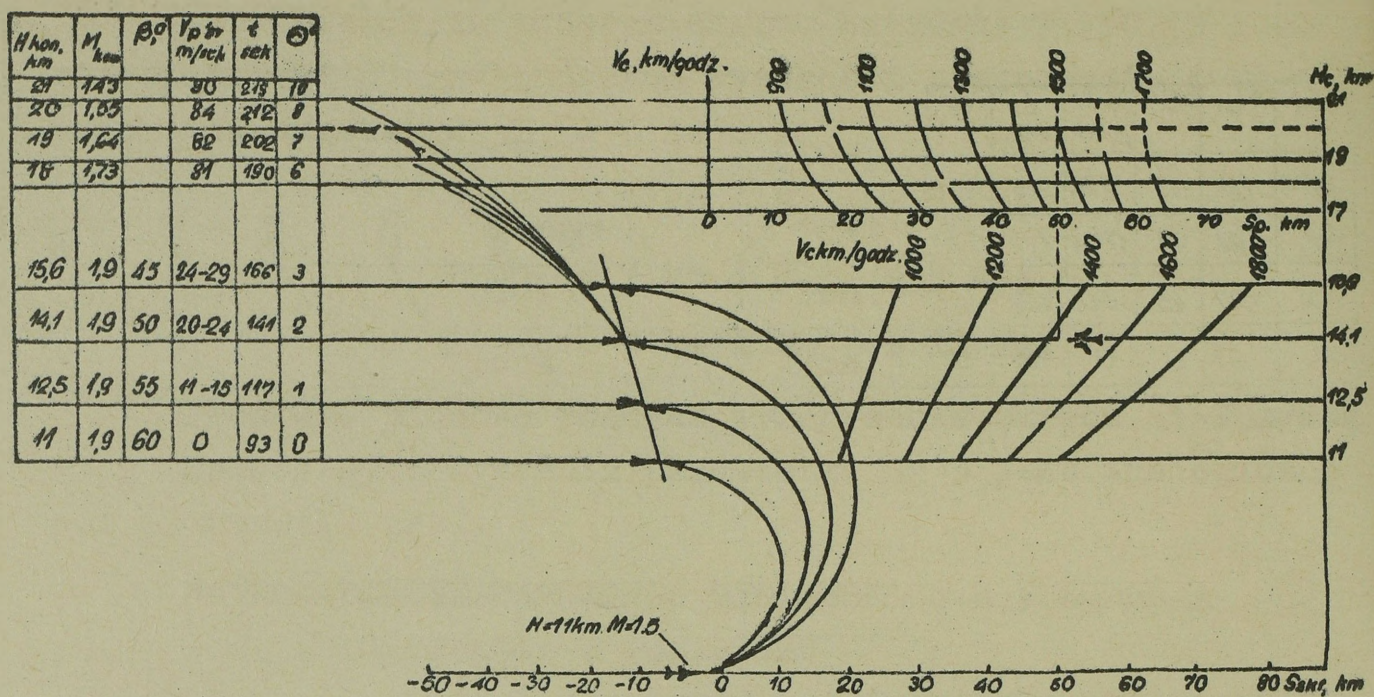
Rys.28 Planszетка dla warunków:  $M_c = 100$  km,  $M_{pocz} = 1,1$ ,  
 $H_{pocz} = 12$  km.



Rys.29 Planszетка dla warunków:  $M_e=100$  km,  $M_{pocz} = 1,3$ ,  
 $H_{pocz} = 11$  km.



Rys.30 Planszетка dla warunków:  $M_e=100$  km,  $M_{pocz} = 1,7$ ,  
 $H_{pocz} = 12$  km.



Rys. 31 Planszетка do napróbawadzenia na wysokościach 11-16 km i 17-21 km dla  $M_c = 100$  km.

W warunkach, kiedy na pierwszym etapie naprowadzania nie ma poziomego prostoliniowego odcinka zwiększania prędkości, zwiększania prędkości i nabór wysokości całkowicie wykonuje się podczas wykonywania skrętu, a w warunkach dużej różnicy wysokości dodatkowe zwiększanie prędkości i dodatkowy nabór wysokości wykonuje się po wykonaniu skrętu na odcinku prostoliniowym na zgodnym z celem kursie. Wymienione warunki mogą mieć miejsce przy małych odległościach wykrywania i dużych prędkościach lotu celu i wtedy, kiedy przechwytywanie jest realizowane z położenia dyżurowania na lotnisku.

Zwiększanie prędkości do wartości maksymalnej  $M=1,8-1,9$  jest celowe w następujących warunkach:

- kiedy cele powietrzne wykonują lot z prędkością lotu większą od 1500 km/godz;
- w przypadku przewidywanego manewru celu ze zmianą wysokości i prędkości lotu;
- w trudnej sytuacji powietrznej, kiedy możliwe jest precelowywanie samolotów myśliwskich na cele lecące na pułapie statycznym;
- podczas lotu celów powietrznych pod osłoną samolotów myśliwskich,

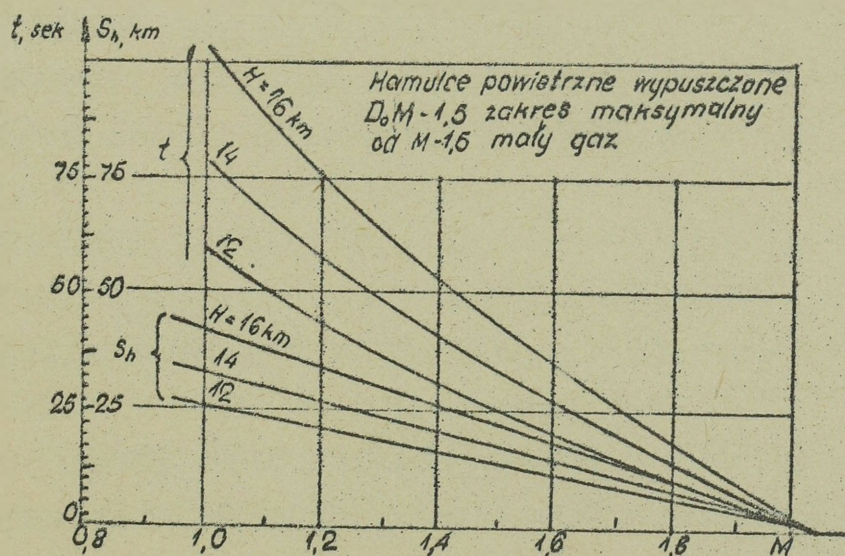
Jeżeli cele powietrzne lecą z prędkością mniejszą od

1500 km/godz, to dla zmniejszenia prędkości zbliżenia, po wyjściu samolotu myśliwskiego na wysokość lotu celu, należy stosować hamowanie. Na wykresach rys.32 i 33 podane są dla samolotu MiG-21pf charakterystyki i odległości rozpoczęcia hamowania dla następujących warunków:

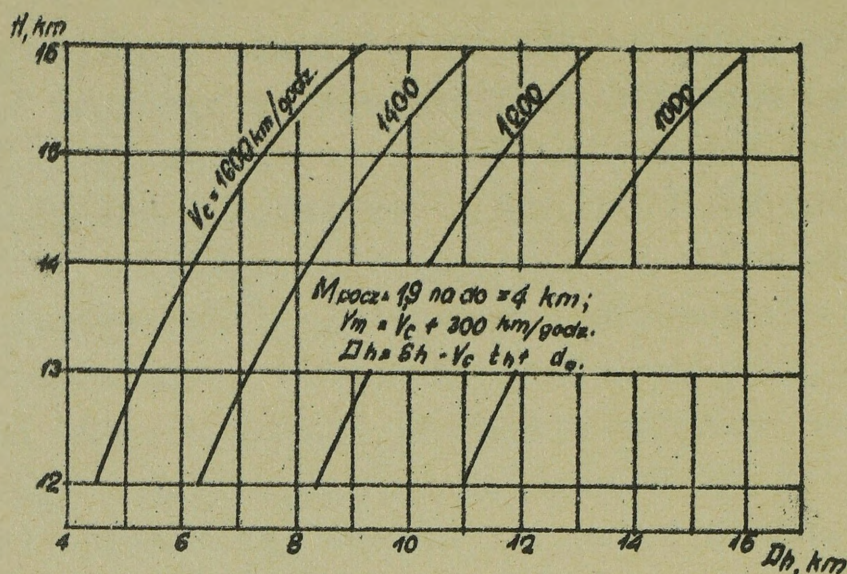
- hamowanie wykonuje się drogą wyłączenia dopalania i wypuszczenia hamulców powietrznych;
- początkowa wartość liczby M przed hamowaniem - 1,9;
- w odległości od celu  $d_0 = 4$  km:  $V_m = V_c + 300$  m/godz.

Jednak hamowanie na zgodnym z celem kursie jest nie- zbyt celowe, ze względu na przesunięcie rubieży przechwyce- nia w kierunku osłanianego obiektu o wartość drogi hamowa- nia. W związku z tym hamowanie należy stosować w wyjątko- wych wypadkach wynikających z sytuacji.

We wszystkich przypadkach podczas lotu celu małą prędkością /mniejszą od 1500 km/godz/ wyprowadzenie samo- lotu myśliwskiego na zgodny z celem kurs należy wykonywać z prędkością optymalną, to znaczy z prędkością, która zezwa- la na wykonanie skutecznego ataku bezpośrednio po wykonaniu skrętu bez konieczności hamowania na zgodnym z celem kursie.



Rys.32 Wykres drogi i czasu hamowania na małych obrotach i z wypuszczonymi hamulcami powietrznymi.



Rys.33 Wykres do określania odległości rozpoczęcia hamowania.

Jak wynika z doświadczeń, najbardziej wygodną prędkością zbliżenia, umożliwiającą wykonanie skutecznego ataku i zabezpieczającą szybkie zbliżenie z celem jest prędkość rzędu 300–400 km/godz. Jednak zabezpieczenie wskazanej prędkości dla każdej prędkości lotu celu jest rzeczą bardzo skomplikowaną, ponieważ nawigator dla każdego konkretnego przypadku musiałby podawać pilotowi różne parametry manewru i posiadać dla każdej prędkości celu specjalną tabelę lub planszетkę. Dlatego też celowym jest dla pewnego zakresu prędkości określić jedną optymalną prędkość samolotu myśliwskiego:

Dla samolotu MiG-21f-13, MiG-21 pf i SU-7b zaleca się następujące prędkości optymalne:

- $M = 1,2 - 1,3$  - dla prędkości celu mniejszych od 1200 km/godz;
- $M = 1,5-1,6$  - dla prędkości celu 1200–1500 km/godz
- $M = 1,8-1,9$  - dla prędkości celu większych od 1500 km/godz.

#### NAPROWADZANIE SAMOLOTU MYŚLIWSKIEGO NA ZGODNY Z CELEM KURS Z PRĘDKOŚCIĄ OPTYMALNĄ

Dana metoda dotyczy warunków lotu celu z prędkością mniejszą od 1500km/godz.

Naprowadzanie z wyprowadzeniem samolotu myśliwskiego na zgodny z celem kurs z prędkością optymalną może być

wykonane z zastosowaniem różnych sposobów zwiększenia prędkości i rodzajów manewru. Niżej będą rozpatrzone trzy podstawowe najbardziej charakterystyczne warianty.

1. Naprowadzanie ze zwiększaniem prędkości na pierwszym etapie do wartości optymalnej. W tym wariancie na pokład samolotu myśliwskiego na pierwszym etapie podaje się wysokość, równą wysokości lotu celu lub mniejszą od niej. Nabór wysokości samolot myśliwski wykonuje z najwygodniejszą prędkością na zakresie pracy silnika maksymalnym lub z włączonym dopalaniem.

Z chwilą wyjścia samolotu myśliwskiego na nakazaną wysokość wyłącza się dopalanie /jeżeli było włączone/ i lot do obliczonego punktu wykonuje się na zakresie maksymalnym. Punkt włączenia dopalania /rozpoczęcia zwiększania prędkości/ określa się z takim wyliczeniem, żeby samolot myśliwski do chwili rozpoczęcia skrętu osiągnął prędkość optymalną.

Sposób obliczenia wyprzedzonej odległości i punktu włączenia dopalania podany był w rozdziale "naprowadzanie na dużych wysokościach".

Skręt wykonuje się z takim kątem przechyłu lub z taką prędkością pionową, która zabezpieczałaby nabór niezbędnej wysokości z zachowaniem prędkości postępowej uzyskanej przez samolot w chwili rozpoczęcia skrętu.

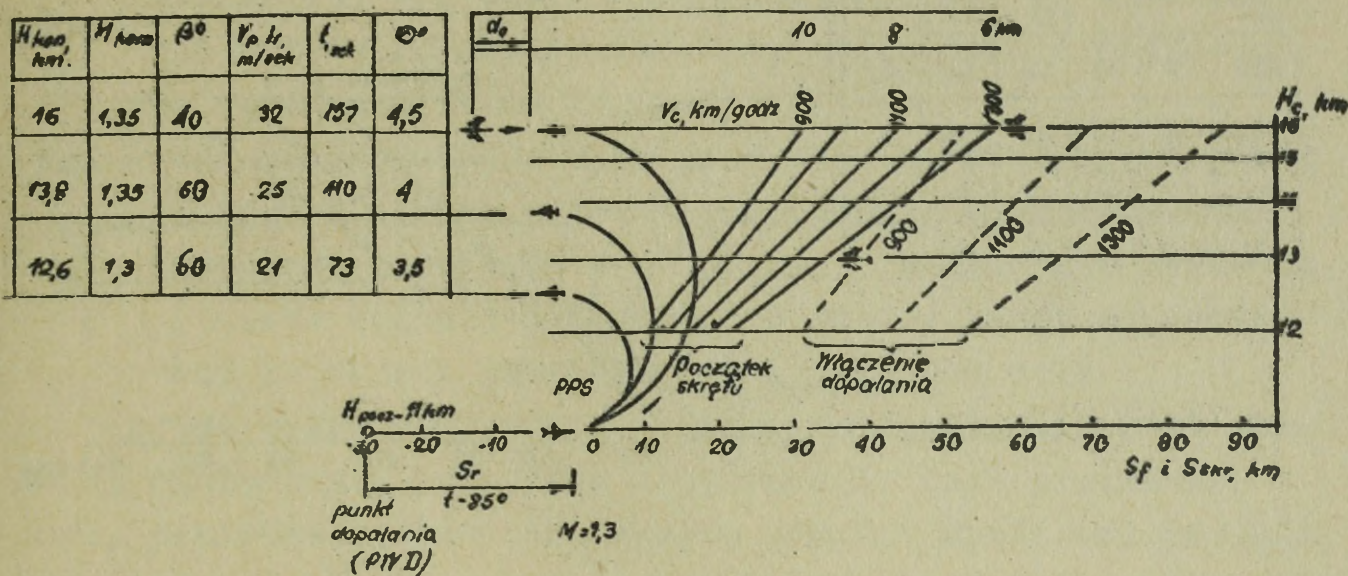
Wymieniony manewr stosowany jest w wypadkach, kiedy dysponujemy określonym nadmiarem czasu, umożliwiającym samolotowi myśliwskiemu na pierwszym etapie na przelot części drogi na bardziej ekonomicznym zakresie pracy silnika. Możliwe to jest głównie przy działaniach bojowych samolotów myśliwskich z położenia dyżurowania w powietrzu, a także podczas dyżurowania na lotnisku przy wystarczającym zasięgu wykrywania celu umożliwiającym przechwycenie celu przed osłanianym obiektem.

W tabeli 8 podane są parametry naboru wysokości i wykonania skrętu przez samolot MiG-21pf, które mogą być wykorzystane do wykreślenia pomocniczych planszetek /rys.34-36/

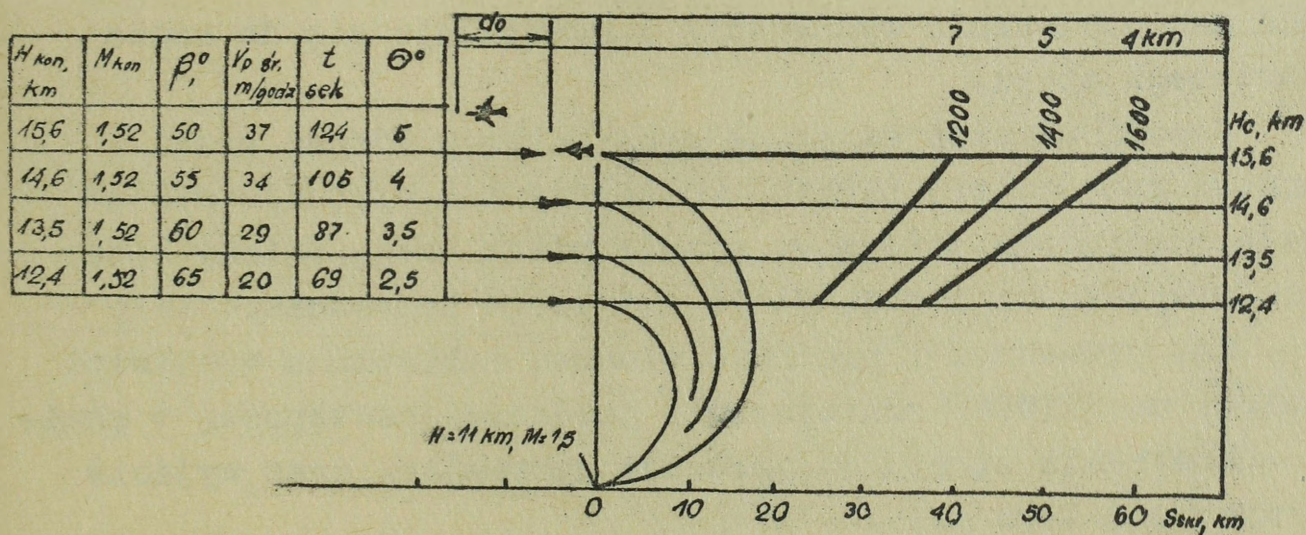
Tabela 8

$H_{pocz},$ km	$H_{kon},$ km	$M_{pocz}$	$M_{kon}$	$B_{stop.}$	$V_p$ m/sek	$t_{180}$ sek	$D$ km	$L_p,$ km	$L_{90},$ km	$\alpha$ $^{\circ}$
11	16	1,3	1,35	40	32	157	40	/-6	16	4,5
11	13,8	1,3	1,35	50	25	110	28	-4	11	4,0
11	12,6	1,3	1,3	60	20	73	18	-2	9	3,5
11	15,6	1,5	1,52	50	37	124	37	-5	18	5,0
11	14,6	1,5	1,52	55	34	105	30	-4	16	4,0
11	13,5	1,5	1,52	60	29	87	24	-3	13	3,5
11	12,4	1,5	1,52	65	20	69	20	-2	10	2,5
12	15,5	1,7	1,7	55	30	123	38	0	19	8,5
12	14,5	1,7	1,72	60	26	95	31	0	15,5	3,0
12	13	1,7	1,7	65	15	77	24	0	12	1,5
12	12	1,7	1,60	70	0	59	18	0	9	0

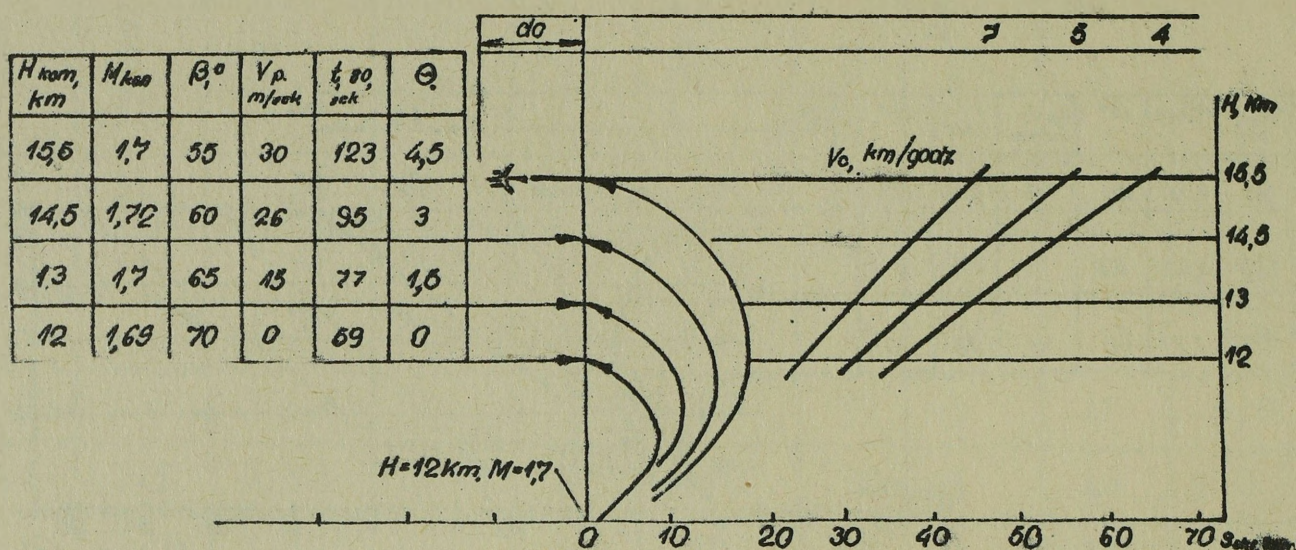
2. Naprowadzenie ze zwiększaniem prędkości samolotu myśliwskiego na pierwszym etapie do prędkości maksymalnej z wytraceniem jej do wartości optymalnej po wykonaniu skreću. Samolot myśliwski wyprowadza się na wysokość mniejszą od wysokości lotu celu z wyliczeniem, że dodatkowy nabór wysokości będzie wykonany w procesie skreću.



Rys. 34 Planszетка dla warunków:  $M_e = 100$  km,  $M_{pocz} = 1,3$ ,  $H_{pocz} = 11$  km



Rys. 35 Planszетка dla warunków:  $M_e = 100$  km,  $M_{pocz} = 1,5$ ,  $H_{pocz} = 11$  km.



rys.36 Planszетка dla warunków:  $M_e=100$  km;  $M_{pocz} = 1,7$ ,  
 $H_{pocz} = 12$  km

Zwiększanie prędkości rozpoczyna się z chwilą wyjścia samolotu myśliwskiego na nakazaną wysokość albo wcześniej /podczas nabierania wysokości/ i kontynuuje się do końca pierwszego etapu.

Jeżeli samolot osiągnął maksymalną prędkość przed punktem rozpoczęcia skrętu, to dalszy lot wykonuje się ze stałą prędkością, którą utrzymuje pilot drogą zmiany kąta naboru wysokości i stosowania aktywnego hamowania.

Kąt przechyłu i prędkość pionowa nabierania wysokości powinny umożliwiać zmniejszenie prędkości postępowej w chwili zakończenia skrętu do wartości optymalnej oraz wyjście na wysokość lotu celu.

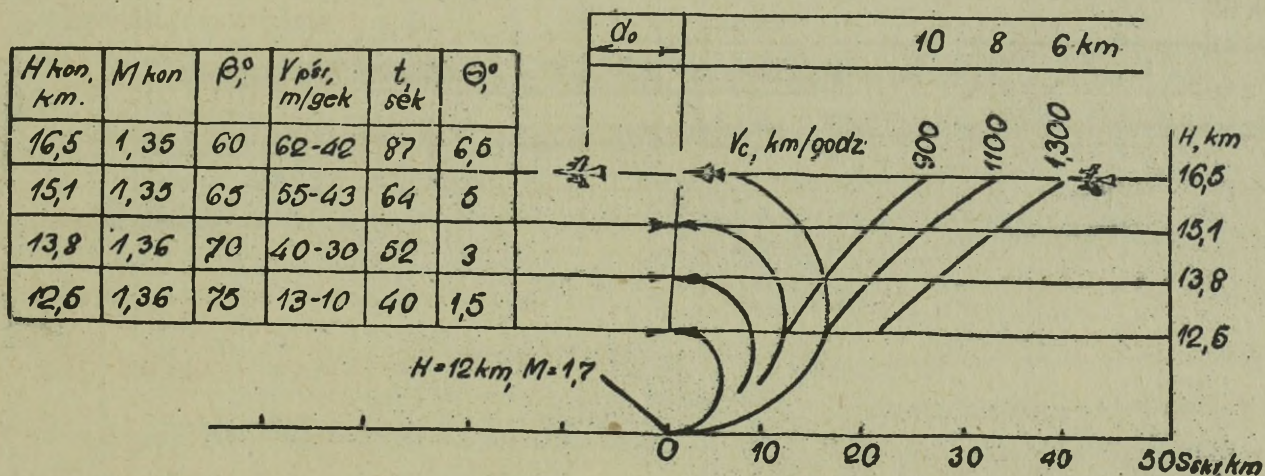
Wymieniony wariant przechwytywania jest najbardziej wygodnym, zarówno ze względu na czas, jak i na położenie rubieży przechwycenia. Celowość zastosowania tego wariantu określają następujące czynniki:

- na pierwszym etapie naprowadzania lot wykonywany jest ze zwiększaniem prędkości, to znaczy charakteryzuje się maksymalnym tempem zbliżenia z celem;

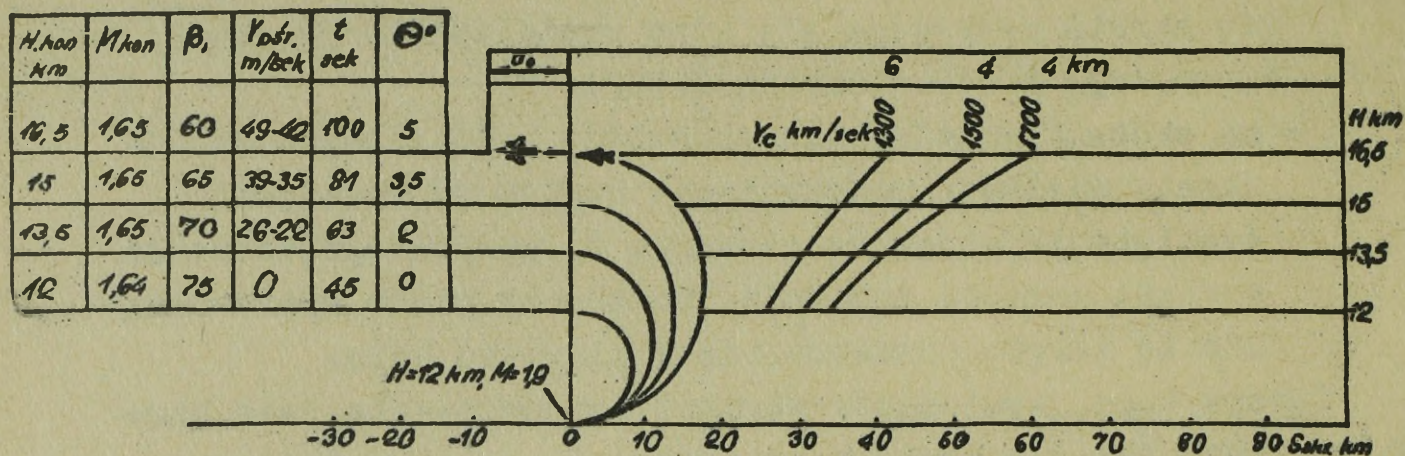
- na drugim etapie /podczas wykonywania skrętu/ lot również wykonywany jest aktywnie, to znaczy z nabieraniem wysokości i zmniejszaniem prędkości, co daje możliwości wykonania ataku bezpośrednio po zakończeniu skrętu /wyklucza się etap zmniejszania prędkości na zgodnym z celem kursie lotu/;
- na skutek zmniejszenia prędkości podczas wykonywania skrętu wielkość przesunięcia punktu wyprowadzenia samolotu ze skrętu w stosunku do punktu wprowadzenia posiada wartość dodatnią, to znaczy punkt wyprowadzenia ze skrętu przesuwa się w kierunku celu.

Oprócz tego, wymieniony wariant naprowadzania jest bardziej skuteczny w przypadku manewrowania celu prędkością lotu, ponieważ na początku skrętu samolot myśliwski posiada maksymalną prędkość, co daje nawigatorom możliwość korygowania w razie konieczności parametrów skrętu.

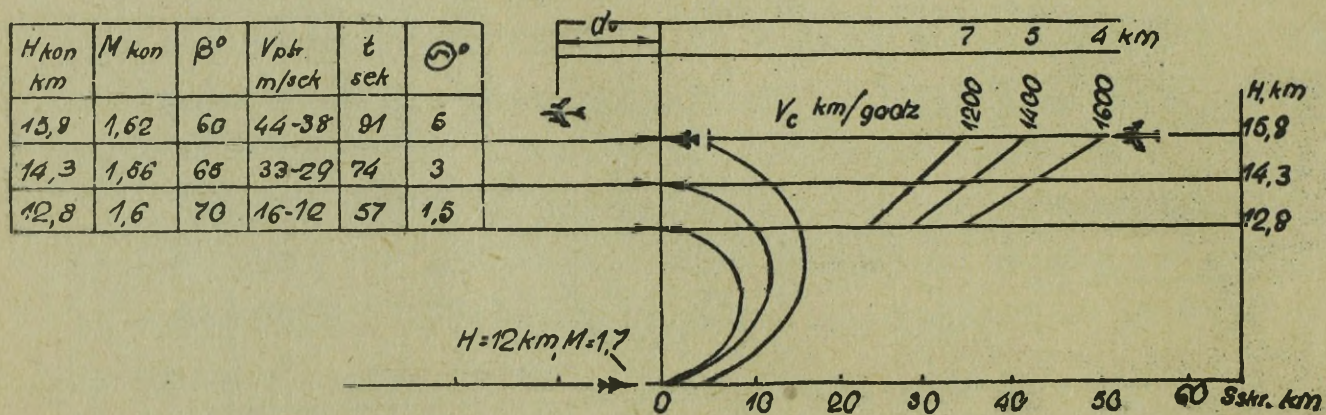
W tabeli 9 podane są parametry naboru wysokości i hamowania podczas wykonywania manewru przez samolot MiG-21pf. Na podstawie danych zawartych w tabeli wykreśla się pomocnicze planszeczki /rys.37-50/.



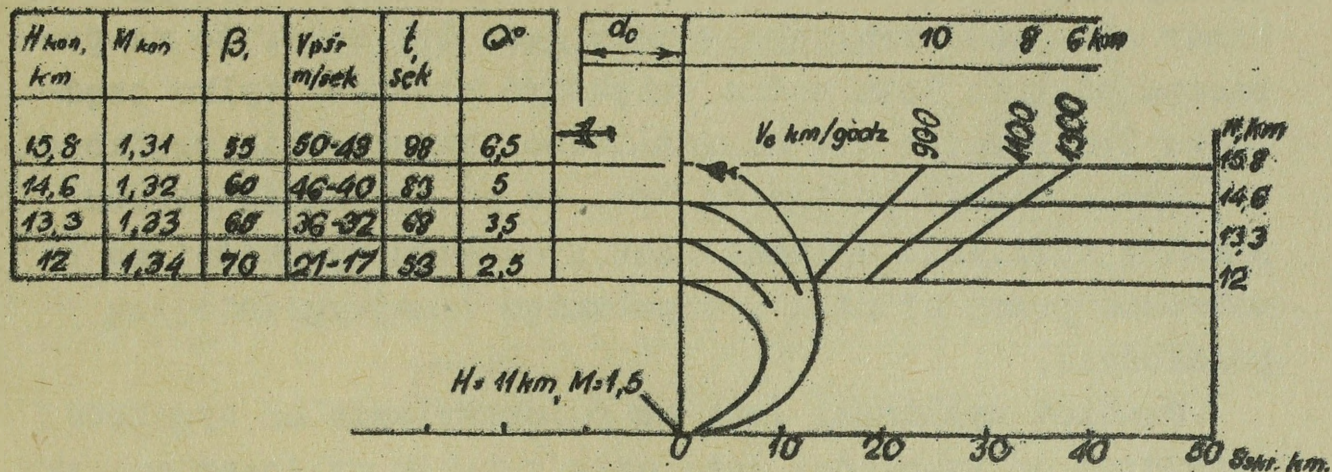
Rys.37 Planszeczka dla warunków:  $M_e=100\text{ km}$ ;  $M_{pocz} = 1,7$ ,  
 $H_{pocz} = 12\text{ km}$



Rys. 38 Planszетка dla warunków:  $M_e = 100$  km;  $M_{pocz} = 1,9$ ,  
 $H_{pocz} = 12$  km



Rys. 39 Planszетка dla warunków:  $M_e = 100$  km,  $M_{pocz} = 1,7$ ,  
 $H_{pocz} = 12$  km



Rys. 40 Planszетка dla warunków:  $M_e = 100$  km,  $M_{pocz} = 1,5$ ,  
 $H_{pocz} = 11$  km

Tabela 9

$H_{pocz}$ , km	$H_{kon}$ , km	$M_{pocz}$	$M_{kon}$	$\beta$	$V_p$ , m/sek	$t_{180}$ , sek	$D$ , km	$l_p$ , km	$l_{90}$ , km	$\alpha$
11	15,8	1,5	1,31	50	50-43	98	27	0	13,5	6,5
11	14,6	1,5	1,32	60	46-40	83	22	-0,5	11	5
11	13,3	1,5	1,33	65	36-32	68	19	-1	9,5	3,5
11	12	1,5	1,34	70	21-17	53	14	-2	7	2,5
11	16,5	1,7	1,35	60	62-48	87	27	0	13,5	6,5
11	15,1	1,7	1,36	65	55-43	64	21	0	10,5	5
11	13,8	1,7	1,36	70	40-30	52	15	0	7,5	3
11	12,5	1,7	1,36	75	13-10	40	10	0	5	1,5
12	15,8	1,7	1,52	60	44-38	91	27	0	13,5	5
12	14,3	1,7	1,56	65	33-29	74	22	0	11	3
12	17,8	1,7	1,6	70	16-12	57	18	0	9	1,5
12	16,5	1,9	1,65	60	49-42	100	35	0	17,5	5
12	15	1,9	1,65	65	39-35	81	29	+0,5	14,5	3,5
12	13,5	1,9	1,64	70	26-22	63	22	+1	11	2
12	12	1,9	1,64	75	0	45	15	+2	7,5	0

3. Naprowadzanie ze zwiększaniem prędkości /dodatkowym zwiększaniem prędkości/ do wartości optymalnej podczas wykonywania skrętu. Ta metoda stosowana jest w przypadku, kiedy odległość wykrywania celu jest tak mała, że na poziomym odcinku lotu można zwiększyć prędkość tylko częściowo lub w ogóle nie ma możliwości zwiększenia prędkości.

Treść metody polega na tym, że po wykonaniu startu samolot myśliwski wykonuje lot z naborem wysokości na zakresie pracy silnika z dopalaniem z najwygodniejszą prędkością.

Samolot myśliwski leci na przechwycenie na wysokości mniejszej od wysokości lotu celu z takim wyliczeniem, aby po wykonaniu skrętu z jednoczesnym zwiększaniem prędkości znaleźć się na wysokości lotu celu.

W tabeli 10 podane są parametry naboru wysokości, manewru i rozpędzania dla samolotu MiG-21 pf.

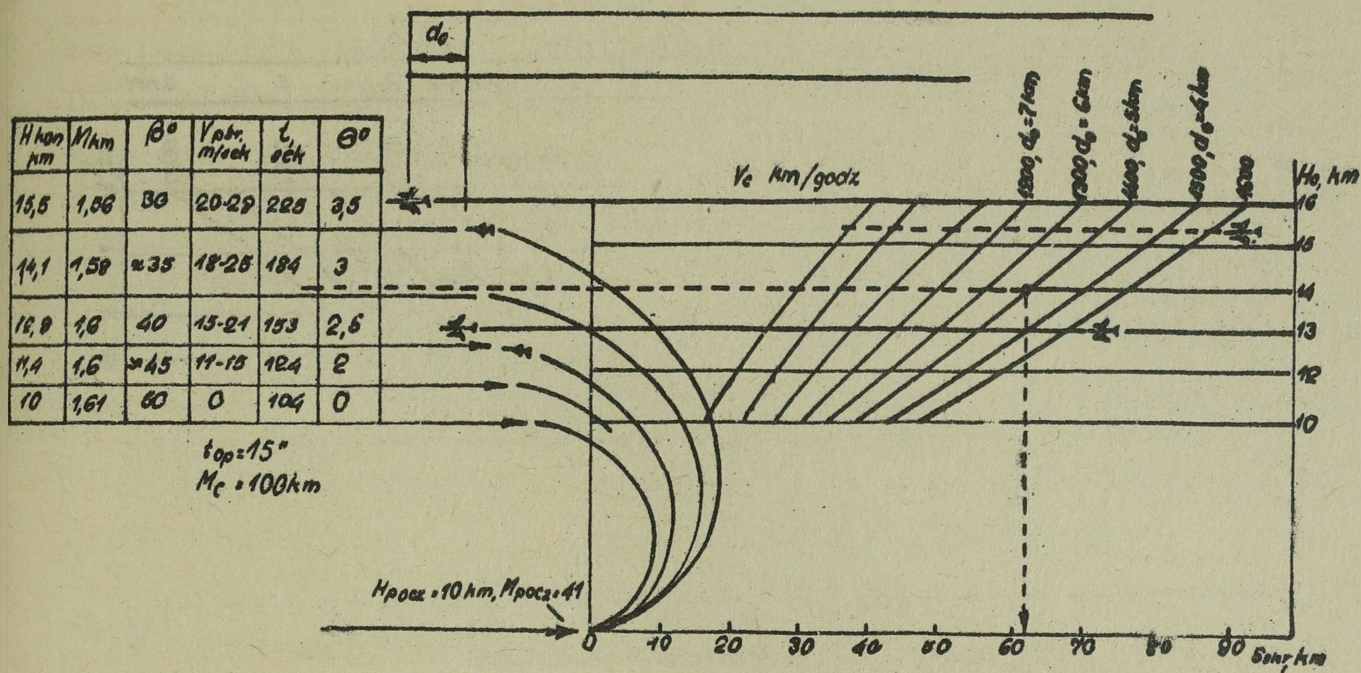
Na podstawie podanych parametrów wykreśla się pomocnicze planszетки /rys.41-45/, które w istotny sposób ułatwiają określenie punktu rozpoczęcia skrętu, a także korygowanie kąta przechyłu w toku wykonywania skrętu. Planszетки także umożliwiają określenie z dostateczną dla celów praktycznych dokładnością, na podstawie wysokości i prędkości lotu celu, koniecznych wartości kąta przechyłu i pionowej prędkości naboru wysokości.

Przykład:  $H_c = 14$  km;  $V_c = 1400$  km/godz/rys.41-45/.

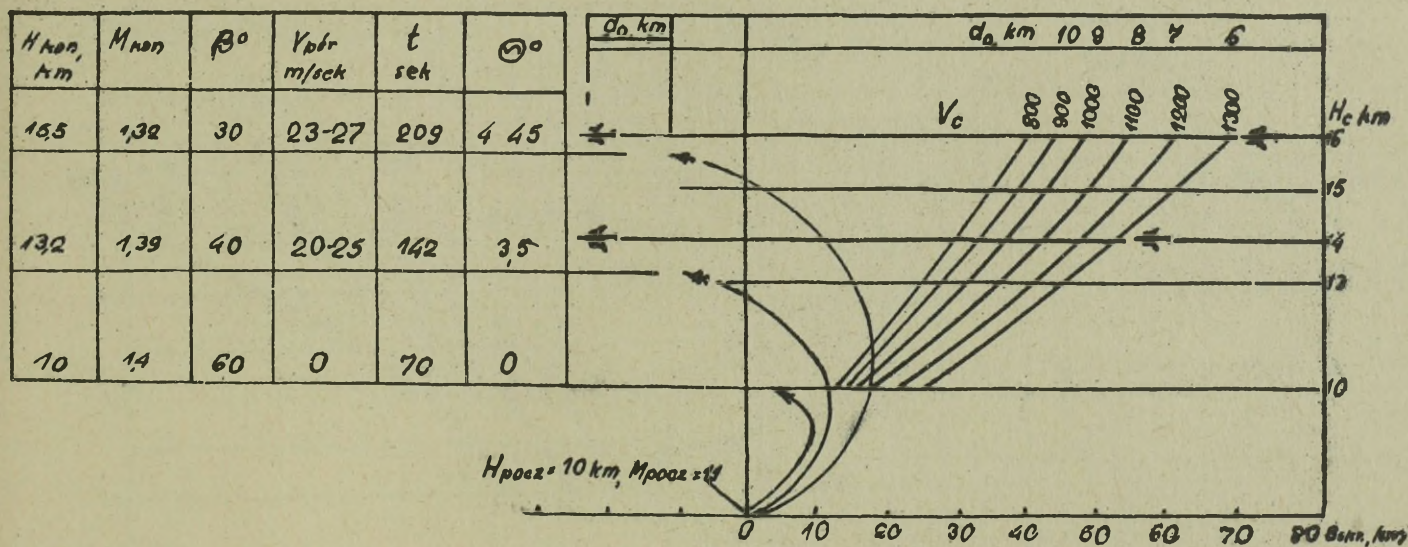
Rozwiązanie:  $B = 35^\circ$ ;  $V_p = 18-25$  m/sek;

$M_{kon} = 1,5-1,6$ ;  $S_{skr} = 61$  km.

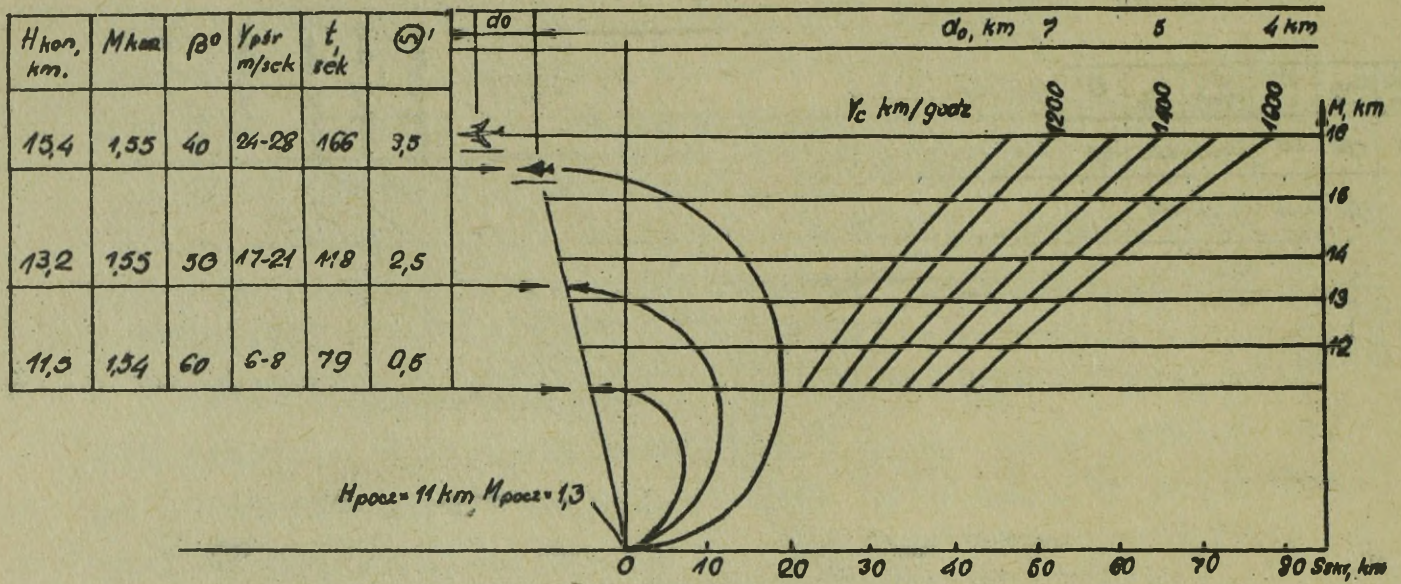
Dwie wartości prędkości pionowej oznaczają, że należy rozpoczynać skręt z prędkością pionową równą 18 m/sek. i stopniowo ją zwiększać do 25 m/sek przy końcu skrętu.



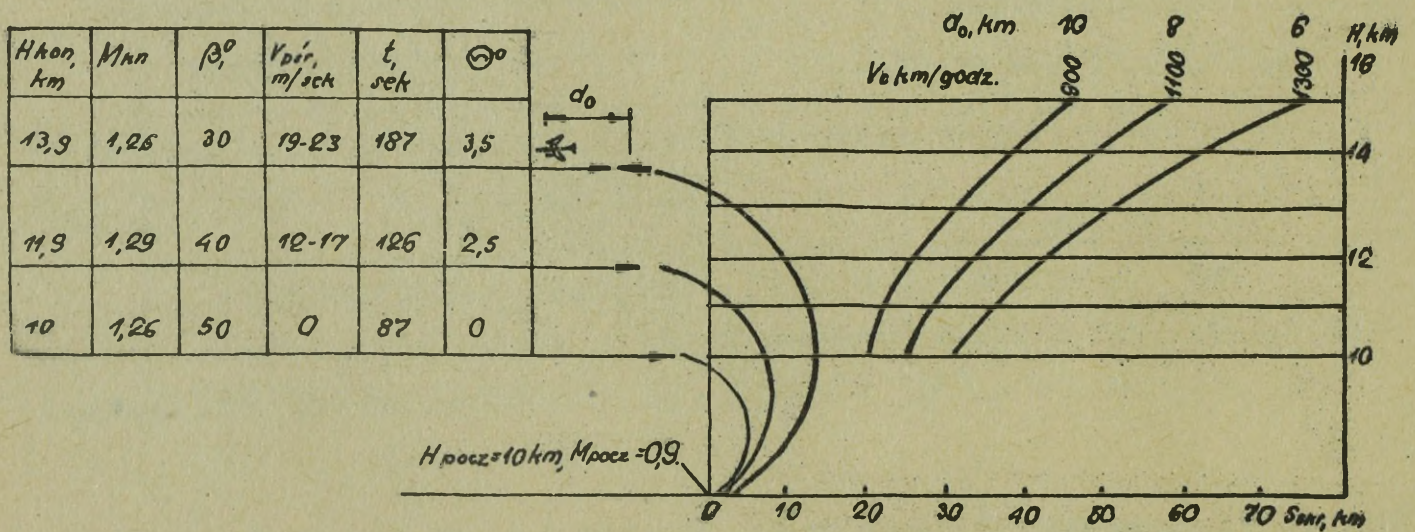
Rys.41 Planszетка dla warunków:  $M_c = 100 km$ ;  $M_{pocz} = 1,1$ ;  
 $M_{kon} = 1,6$ ;  $H_{pocz} = 10 km$



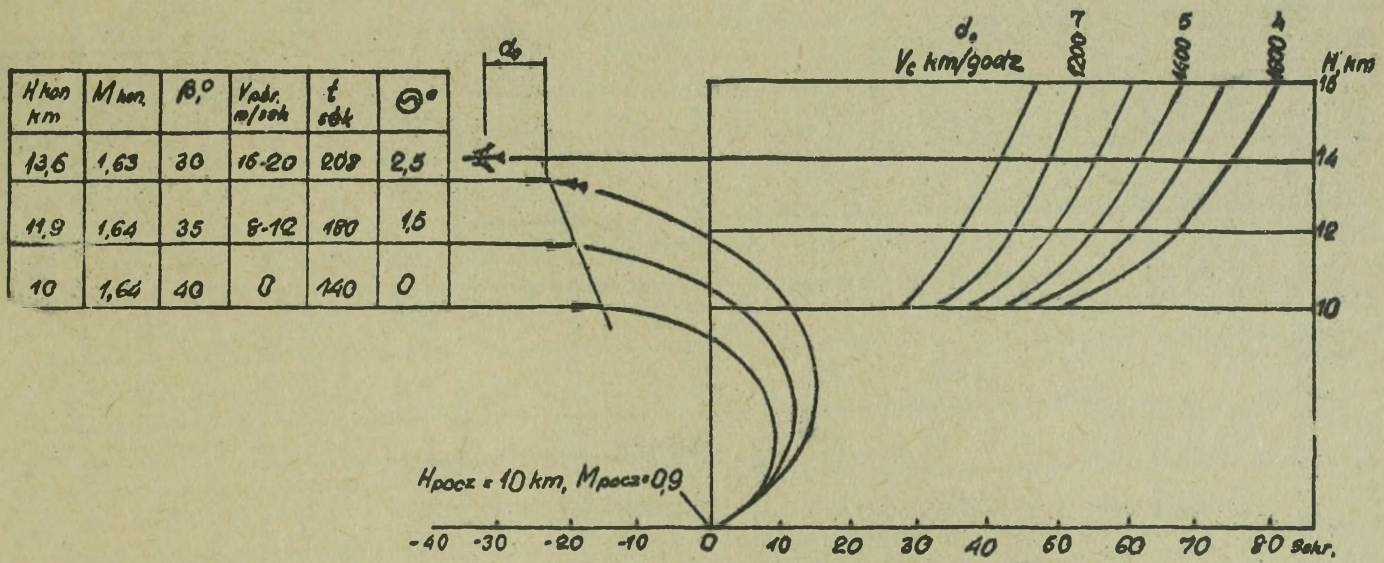
Rys.42 Planszетка dla warunków:  $M_c = 100 km$ ,  $M_{pocz} = 1,1$ ;  
 $M_{kon} = 1,35$ ;  $H_{pocz} = 10 km$



Rys.43 Planszетка dla warunków:  $M_0 = 100 km$ ;  $M_{pocz} = 1,3$ ,  
 $H_{kon} = 11 km$



Rys.44 Planszетка dla warunków:  $M_0 = 100 km$ ;  $M_{pocz} = 0,9$ ,  
 $M_{kon} = 1,3$ ;  $H_{kon} = 10 km.$



Rys.45 Planszетка dla warunków:  $M_e = 100 \text{ km}$ ;  $M_{pocz} = 0,9$   
 $M_{kon} = 1,6$ ;  $H_{pocz} = 10 \text{ km}$ .

Tabela 10

$H_{pocz}$ km	$H_{kon}$ km	$M_{pocz}$	$M_{kon}$	$\beta^0$	$V_p$ m/sek	$t_{180}$ sek	$D$ km	$I_p$ km	$I_{60}$ km	$\alpha^0$
10	13,3	0,9	1,26	30	17-23	187	40	-11	16	3,5
10	11,9	0,9	1,29	40	15-20	126	27	-26	10	2,5
10	10	0,9	1,26	50	0	87	17	-4	7	6,0
10	13,6	0,9	1,63	30	15-20	208	50	-28	17	2,5
10	11,9	0,9	1,64	35	8-12	180	40	-19	13	1,5
10	10	0,9	1,64	40	0	140	31	-15	10	0
10	15,5	1,1	1,32	30	23-27	209	50	-12	18	4,5
10	13,2	1,1	1,39	40	20-25	142	32	-9	13	3,5
10	10	1,1	1,4	60	0	70	18	-6	10	0
10	15,5	1,1	1,56	30	20-28	225	57	-19	19	3,5
10	12,8	1,1	1,6	40	15-21	153	39	-13	11	2,5
10	10	1,1	1,61	50	0	104	28	-9	8	0
11	15,4	1,3	1,55	40	24-28	166	46	-10	19	3,5
11	13,2	1,3	1,55	50	17-21	118	32	-7	12	2,5
11	11,5	1,3	1,54	60	6-8	79	19	-4	8	0,5

W tabelach 7-10 i na planszetchach parametry zwiększania prędkości, nabierania wysokości i manewru obliczone zostały na podstawie charakterystyk siły ciągu samolotu MiG-21pf dla warunków standartowych. Kolejność obliczeń podana jest w załączniku nr 1.

Dla innych typów samolotów obliczenia wykonywane są w sposób analogiczny.

## NAPROWADZANIE SAMOLOTÓW MYŚLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE LECĄCE NA PUŁAPIE STATYCZNYM I DYNAMICZNYM SAMOLOTU MYŚLIWSKIEGO

Na wysokościach zbliżonych do pułapu statycznego możliwości manewrowania samolotów myśliwskich są bardzo ograniczone. Na przykład, samolot MiG-21f-13 z dwoma rakietami R-3 s na wysokości 18 km może wykonywać skręt o kąt  $31-45^\circ$  bez straty wysokości skrzętem przechyłu nie większym niż  $25^\circ$ , a na wysokości 19 km - kątem przechyłu nie większym niż  $20^\circ$ , przy liczbie M nie mniejszej niż 1,75. Na dynamicznych wysokościach możliwe są małe skręty /do  $20^\circ$ / z kątem przechyłu nie większym niż  $15^\circ$  i ze stratą wysokości.

Z tego powodu metodyka naprowadzania samolotów myśliwskich we wskazanych warunkach sprowadza się do wyprowadzenia samolotu myśliwskiego ze skrętu na zgodny z celem kurs na optymalną wysokość, na której pilot myśliwski dysponuje dostatecznymi możliwościami wykonania manewru.

Stwarza to możliwość korygowania kąta przechyłu, prędkości i kąta naboru wysokości, a także zabezpiecza wyjście samolotu myśliwskiego na wysokość lotu celu na zgodnym z celem kursie w stosunkowo krótkim czasie.

Dla współczesnych samolotów myśliwskich optymalnymi wysokościami są wysokości 13-15 km. Na te wysokości samolot myśliwski wyprowadza się z maksymalną najwygodniejszą prędkością naboru wysokości. Dla samolotu myśliwskiego MiG-21f-13 prędkość ta odpowiada liczbie  $M=1,8$  a dla MiG-21pf -  $M=1,9$ .

Na wskazane wysokości samolot myśliwski wyprowadza się z takiej odległości wyjściowej, która zabezpiecza dodatkowy nabór wysokości na zgodnym z celem kursie i ewentualne dodatkowe zwiększanie prędkości lotu samolotu.

W zależności od prędkości lotu celu wyjście samolotu myśliwskiego na wysokość wykonania ataku może odbywać się ze stałą prędkością. Tego rodzaju nabór wysokości celowo jest wykonywać przy prędkościach lotu celów około 1700 km/godz, to znaczy przy prędkościach zbliżonych do maksymalnych prędkości samolotów MiG-21f-13 i MiG-21pf na pułapie.

Przy mniejszych prędkościach lotu celów na pułapie statycznym i dynamicznym samolotu myśliwskiego wyjście na

daną wysokość wykonuje się z zastosowaniem "górkę" ze stratą prędkości.

Zastosowanie "górkę" jest bardziej wygodne niż wykonanie skrętu z naborem wysokości, ponieważ odbywa się w krótszym czasie. Przy tym rubież przechwycenia położona jest w stosunku do osłanianego obiektu dalej.

Profile lotu samolotu myśliwskiego dla wyjścia na wysokość 13-15 km są analogiczne do poprzednio omawianych. Do wysokości 8-10 km lot wykonywany jest na najwygodniejszym zakresie pracy silnika z prędkością 900-950 km/godz /na zakresie pracy silnika maksymalnym lub z włączonym dopalaniem

W zależności od wyjściowej odległości do celu zwiększenia prędkości do  $M=1,1$  rozpoczyna się na wysokości 8-10 km

Do wysokości 8 km zwiększanie prędkości wykonuje się z naborem wysokości, a od wysokości 10 km - w locie poziomym.

Od  $M = 1,1$  do  $M = 1,3$  - zwiększanie prędkości z naborem wysokości do 11 km.

Od  $M=1,3$  do  $M = 1,5$  - zwiększanie prędkości w locie poziomym na wysokości 11 km.

Od  $M = 1,5$  do  $M = 1,7$  zwiększanie prędkości z naborem wysokości 12 km.

Od  $M=1,7$  do  $M=1,8 - 1,9$  zwiększanie prędkości w locie poziomym na wysokości 12 km.

W chwili rozpoczęcia skrętu dla wyjścia na zgodny z celem kurs na wysokościach 13-15 km samolot myśliwski może znaleźć się w dowolnym punkcie wskazanego toru z początkową wartością liczby  $M$  od 0,9 do 1,9.

Przy tym dla zabezpieczenia wyjścia na wysokość 13-15 km z liczbą  $M=1,9$  pilotowi podaje się kąt przechyłu i pionową prędkość odpowiadające początkowym wartościom  $M$  /patrz tabela 7 i planszетка 27-31/.

Odpowiednie obliczenie wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu wykonuje się z uwzględnieniem czasu wykonania "górkę" i drogi, którą samolot przebywa w tym czasie. /rys. 31/.

Wyprzedzoną odległość rozpoczęcia skrętu określa się przy pomocy wzoru:

$$S_{\text{skr}} = V_c / t_{180} + t_H' - d_0 - S_H' - L_p \quad /19/$$

Wyprzedzoną odległość podania komendy na wykonanie skrętu określa się przy pomocy wzoru:

$$S_n = V_c / t_{180} + t'_H + t_{op} / + V_m t_{op} - d_o - S'_H - L_p \quad /20/$$

Wielkości  $H_{kon}$ ,  $M_{kon}$ ,  $t'_H$  i  $S'_H$  zależne są od początkowej wysokości i prędkości rozpoczęcia "górk", a także od kąta naboru wysokości.

W charakterze przykładu, w tabeli 11 podane są te wielkości dla  $H_{pocz} = 14$  i  $15$  km,  $M_{pocz} = 1,9$  przy odpowiednich kątach naboru wysokości  $\Theta$  i średnich pionowych prędkościach dla samolotu MiG-21pf.

Tabela 11

$$M_{pocz} = 1,9$$

$H_{kon}$ , km	18		19		20		21	
$H_{pocz}$ , km	14	15	14	15	14	15	14	15
$M_{kon}$	1,73	1,79	1,64	1,67	1,55	1,58	1,43	1,47
$S_H$ , kon	25,5	21,1	30,7	26	35	30,7	38	33,5
$t'_H$ , km	49,5	42,6	61	52	71,5	62	78	70
$V_p$ m/sek	81	70	82	78	84	81	90	86
$\Theta$ °	6		7		8		10	

Wartość  $d_o$  wybiera się z uwzględnieniem następujących czynników:

- podczas przechwytywania celów lecących z dużą prędkością, to znaczy wtedy, kiedy po wyjściu na wysokość lotu celu samolot myśliwski nie musi zmniejszać wysokości, wartość  $d_o$  może być równa odległości odpalania rakiet /otworzenia ognia/;

- jeżeli zachodzi konieczność zmniejszenia prędkości lotu, to do odległości odpalania rakiet dodaje się drogę zbliżenia samolotu myśliwskiego z celem za czas potrzebny na zmniejszenie prędkości samolotu myśliwskiego do nakazanej wartości, to znaczy:

$$\Delta S = S_H - V_c t_H \quad /21/$$

Na wysokościach dynamicznych w miarę zwiększania wysokości rozporządzalny zakres prędkości lotu samolotu myśliwskiego w płaszczyźnie poziomej zmniejsza się. Na przykład, jeżeli samolot MiG-21pf posiada na wysokości  $H=20$  km  $M_{maks} = 1,65$ ,  $M_{min} = 1,2$ , to na  $H = 21$  km posiada  $M_{maks} = 1,55$  i  $M_{min} = 1,32$ .

Lot pionowy na wysokościach dynamicznych może odbywać się tylko ze zmniejszeniem prędkości do  $M_{min}$ , po czym samolot myśliwski będzie tracił wysokość. Czas hamowania bez stosowania hamulców powietrznych od  $M_{maks}$  do  $M_{min}$  wynosi dla samolotu MiG-21 pf na wysokości 20 km około 2 min, a na wysokości 21 - około 1 min.

Stąd też, odległość wyprowadzenia samolotu myśliwskiego na nakazaną wysokość w stosunku do celu, należy określać z uwzględnieniem prędkości celu i tempa hamowania bez stosowania hamulców powietrznych. Należy również mieć na uwadze to, żeby samolot myśliwski nie wyhamował prędkości w odległości nie większej od odległości odpalania rakiet.

Wyprzedzoną odległość określa się zawczasu dla różnych prędkości i wysokości lotu celu, a także dla różnych profili lotu i zakresów pracy silnika. Wyniki obliczeń ujmuje się w tabelę lub na ich podstawie sporządza wykresy. Oprócz tego, w celu ułatwienia naprowadzania wykreśla się planszетки.

W celu uniknięcia konieczności wykreślania dużej ilości planszetek można je połączyć z planszетkami dla wysokości 12-16 km, to znaczy wykreślić dodatkowy nomogram/rys.31/.

Po nałożeniu tego rodzaju planszетки na wskaźnik, znacznik celu powinien przesuwac się zgodnie z linią rozpoczęcia "górkę" /na rys. 31/po linii odpowiadającej wysokości 14.1 km. Wyprzedzoną odległość odczytuje się przy pomocy nomogramu prędkości celu i skali  $S_{skr}$  /górny nomogram/.

Przykład  $H_c = 20$  km,  $V_c = 1500$  km/godz.

Rozwiązanie  $S_{skr} = 50$  km.

## OBLICZANIE ODLEGŁOŚCI WYJŚCIOWEJ PRZED WYKONANIEM "GÓRKI".

Na skutek błędów popełnionych przez nawigatora w obliczeniu momentu podania komendy na wykonanie skrętu, błędów pilota w utrzymaniu parametrów manewru, a także manewru celu, po zakończeniu skrętu, samolot myśliwski może znaleźć się w odległości od celu dużo różniącej się od obliczonej. Stąd też, jeżeli na wysokości rozpoczęcia "górkii" nie poprawi się odpowiednio wyjściowej odległości rozpoczęcia, "górkii", to po wyjściu na wysokość lotu celu samolot myśliwski może znaleźć się na zbyt dużej odległości od celu lub wyjść przed cel. Oba wypadki mogą doprowadzić do zerwania ataku.

Dlatego też nawigator naprowadzania powinien, oprócz tego, że uwzględnia elementy "górkii" w obliczeniach wyprzedzonej odległości, znać rzeczywiste odległości do celu przed wykonaniem "górkii" dla odpowiednich wysokości i prędkości lotu celu i w przypadku opóźnienia w wykonaniu manewru przez samolot myśliwski wyprowadzać go na wysokość rozpoczęcia "górkii" na koniecznej wyjściowej odległości.

W przypadku wyjścia samolotu myśliwskiego przed cel należy wprowadzić poprawkę w kąt naboru wysokości. Przy zbyt dużym błędzie wyprzedzenia, kiedy nie można go zlikwidować drogą zmiany kąta naboru wysokości, należy polecić pilotowi wykonanie odpowiedniego manewru w płaszczyźnie poziomej w celu wytracenia nadwyżki w czasie.

Wyjściową odległość do celu przed wykonaniem "górkii" można obliczyć przy pomocy wzoru:

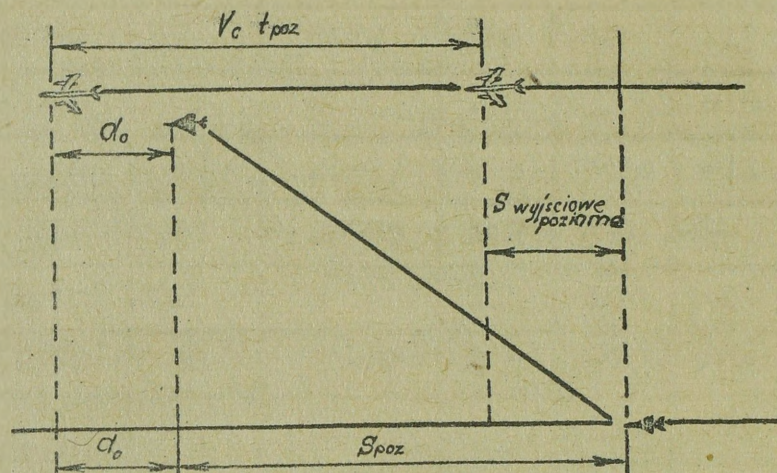
$$S_{wg} = S_{poz} + d_o - V_c t_g \quad /22/$$

Oznaczenia przyjęte we wzorze podane są na rys.46. Obliczone przy pomocy wzoru /22/ wyjściowe odległości wprowadza się w tabele lub na ich podstawie sporządza wykresy.

W tabeli 12 podane są wyjściowe odległości wykonania "górkii" dla  $H_{pocz} = 14$  km i  $M_{pocz} = 1,9$  /samolot MiG-21pf/.

Tabela

$V_c$ , km/godz.	$H_{0_1}$ , km			
	18	19	20	21
900	18	20	21	22
1100	15	16	17	18
1300	12	13	13	14
1500	10	10	10	10
1700	7	7	-	-



Rys.46 Schemat określania wyjściowej odległości wykonania "górkę".

#### 4. OKREŚLENIE KURSU LOTU NA PRZECHWYCENIE

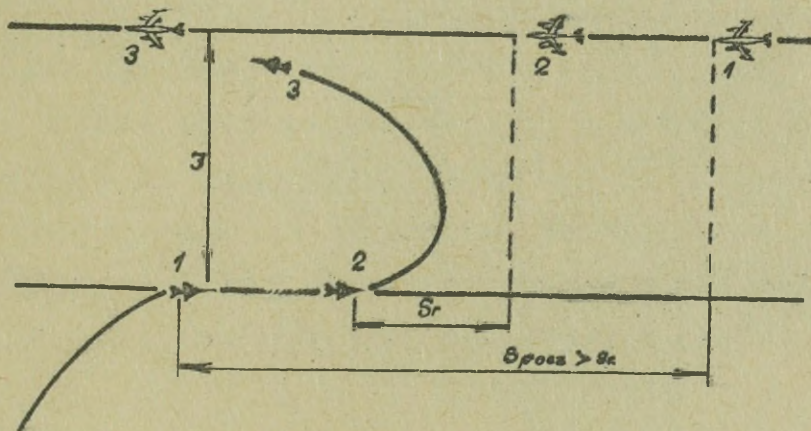
Przy stosowaniu metody "Manewr" podczas naprowadzania określenie kursu lotu na przechwycenie jest najbardziej trudnym zadaniem w obliczeniach na przechwycenie.

Podczas wykonywania lotu z dużymi prędkościami i na niestabilnych zakresach pracy silnika, dokładny kurs na przechwycenie może być obliczony tylko za pomocą odpowiednich urządzeń liczących.

Przy wzrokowym naprowadzaniu zadanie to rozwiązywane jest w przybliżeniu z kolejnym korygowaniem kursu lotu przy końcu pierwszego etapu.

W praktycznym naprowadzaniu stosowane są dwie metody określania kursu lotu na przechwycenie: metoda równoległego zbliżenia i metoda kursowych planszetek.

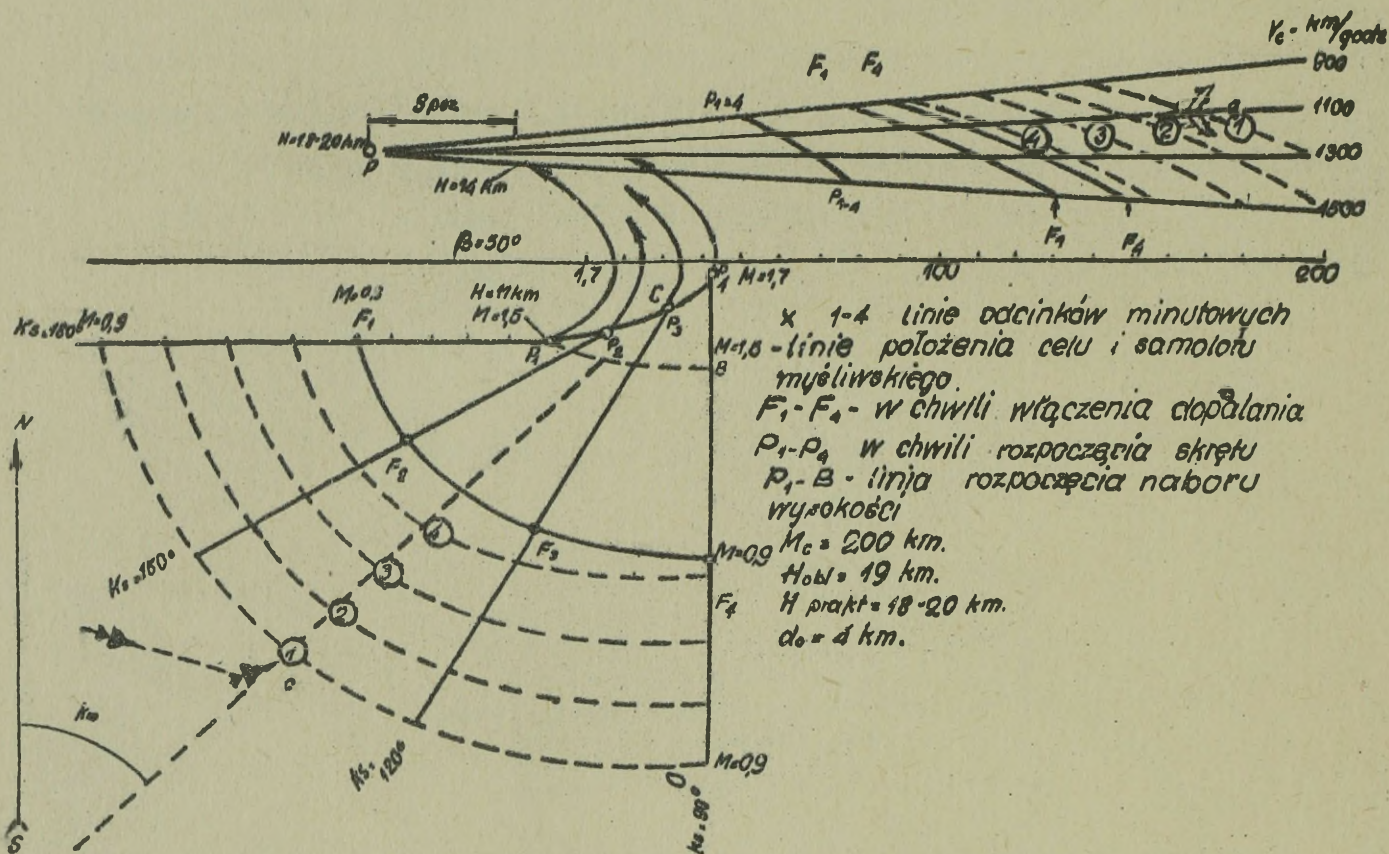
Metoda równoległego zbliżenia polega na tym, że na pokład samolotu myśliwskiego podaje się kurs lotu na przechwycenie z takim wyliczeniem, żeby samolot myśliwski wyszedł na przeciwnie równoległy z celem kurs z odpowiednim odstępem w stosunku do linii lotu celu i na odległości nieco większej niż wyprzedzona odległość rozpoczęcia skrętu /rys.47/. Dopiero po tym wyprowadza się samolot myśliwski na kurs lotu równoległy do kursu lotu celu.



Rys.47 Schemat przechwycenia metodą wyprzedzonego kursu.

Zbliżenie z celem na przeciwnie równoległym z celem kursie /zbliżonym do niego/ umożliwia z dostateczną dla celów powyższych dokładnością określenie momentu podania komendy na wykonanie manewru w celu przejścia w tylną półsferę celu.

Metoda kursowych planszetek polega na wyprowadzeniu samolotu myśliwskiego bezpośrednio na punkt rozpoczęcia skrętu i stosowana jest w warunkach, kiedy wyprowadzenie samolotu myśliwskiego na przeciwnie równoległy z celem kurs jest niecelowe lub niemożliwe, przy czym określenie kursu lotu na punkt rozpoczęcia skrętu wykonuje się przy pomocy kursowej planszетки /rys.48/.



Rys.48 Planszетка dla warunków:  $M_c = 200$  km,  $KS = 180^\circ$ ;  
 $H_c = 18 - 20$  km,  $V_c = 900 - 1500$  km/godz.,  $M_{pocz} = 0,9 - 1,5$ ;  
 $H_{pocz} = 11$  km,  $M_{kon} = 1,9$ ;  $H_{kon} = 14$  km;  $M_{kon} = 1,65$ ;  
 $H_{kon} = 19$  km.

5. WŁASCIWOSCI NAPROWADZANIA SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA CELE  
WYKONUJACE MANEWR.

Cele powietrzne mogą manewrować kursem, wysokością i prędkością lotu.

W zależności od etapu naprowadzania, na którym cel stosuje ten lub inny manewr, czynności nawigatora naprowadzania, a także całego składu osobowego SD i RLS będą różne.

NA PIERWSZYM ETAPIE NAPROWADZANIA

W przypadku manewrowania celu kursem lotu na dużej odległości od samolotu myśliwskiego należy podać mu kurs lotu na punkt znajdowania celu w danej chwili, określić oś manewru celu lub kurs prawdopodobnego jego lotu i następnie podać pilotowi kurs lotu na punkt rozpoczęcia skrętu położony z odstępem, określonym przy pomocy wzoru /10/.

Przy manewrowaniu celu wysokością lotu podczas lotu poniżej 12 km, należy podawać samolotowi myśliwskiemu wysokość lotu równą wysokości lotu celu w danej chwili. Jeżeli cel manewruje na wysokości większej od 12 km, samolot myśliwski należy wyprowadzać na wysokość rzędu 10 km z kolejnym nabieraniem wysokości i zwiększaniem prędkości zgodnie z metodami omówionymi w rozdziale dotyczącym naprowadzenia w stratosferze i na wysokościach dynamicznych.

Przy manewrowaniu celu prędkością lotu "zwiększanie prędkości lotu/ należy podawać samolotowi myśliwskiemu podczas lotu na wysokości mniejszej od 12 km, maksymalną prędkość lotu dla danej wysokości /z uwzględnieniem ograniczeń/ i podczas lotu na wysokości większej od 12 km -  $M=1,9 - 2,0$ .

Korygowanie prędkości wykonuje się podczas wykonywania skrętu albo na zgodnym z celem kursie.

Jeżeli cel zmniejsza prędkość lotu, należy podawać samolotowi myśliwskiemu prędkość nie większą od średniej między najwygodniejszą prędkością nabierania wysokości /950 km/godz/ i graniczną prędkością /z uwzględnieniem ograniczeń/.

Dodatkowe zwiększanie lub zmniejszanie prędkości wykonuje się podczas skrętu.

### NA DRUGIM ETAPIE NAPROWADZANIA,

Przewidując manewr celu kursem celowo jest wykonywać obliczenia wyprzedzonej odległości skrętu dla granicznego kąta przechyłu po to, żeby wykonać skręt w najkrótszym czasie. W danym przypadku odchylenie celu od przewidywanego kursu lotu będzie minimalne.

W przypadku manewrowania celu w kierunku lotu samolotu myśliwskiego odstęp punktu rozpoczęcia skrętu od osi manewru albo przewidywanej trasy lotu celu powinien być taki, żeby po wykonaniu skrętu przez samolot myśliwski z granicznym kątem przechyłu, kąt spotkania z celem był równy  $30-45^{\circ}$  /w stosunku do osi manewru/.

Jeżeli cel rozpocznie manewr w odwrotnym kierunku w stosunku do kierunku lotu samolotu myśliwskiego należy zmniejszyć kąt przechyłu lub przejść na metodę równoległego zbliżenia.

Przy manewrowaniu celu wysokością i prędkością lotu, korygowanie prędkości i wysokości lotu samolotu myśliwskiego wykonuje się podczas skrętu, drogą zwiększania lub zmniejszania pionowej prędkości naboru wysokości /zniżania/ i kąta przechyłu.

### NA TRZECIM ETAPIE NAPROWADZANIA.

W przypadku manewrowania celu kursem należy przejść na metodę naprowadzenia "Pościg" w sposób ciągły informując pilota o wysokości i prędkości lotu celu.

### 6. WŁASCIWOSCI JEDNOCZESNEGO NAPROWADZANIA KILKU SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA KILKA CELOW POWIETRZNYCH.

W celu zabezpieczenia sprawności i efektywności kierowania samolotami przy jednoczesnym naprowadzaniu kilku samolotów myśliwskich na kilka celów powietrznych, a także zwiększenia możliwości jednoczesnego naprowadzenia należy:

- ustalić ścisłe zasady rozmów radiowych na kanałach dowodzenia zabezpieczające lakoniczność i treściwość komend dowodzenia;
- stosować komendy tylko posiadające charakter wykonawczy; wstępne komendy, na przykład "przygotować się do skrętu" itp. obciążają niepotrzebnie kanał dowodzenia i mogą służyć jako ostrzeżenie dla nieprzyjaciela;

- dążyć do tego, żeby potwierdzenie odebrania komendy przez pilota było krótkie i jasne bez powtarzania pełnego tekstu komendy, na przykład: "505, zrozumiałem" lub "505, powtórzcie";
- wyprowadzać samoloty myśliwskie do stref dyżurowania i na wyjściowe punkty naprowadzania po zawczasu ustalonych trasach, co ułatwia szybkie wykrycie samolotów myśliwskich przez nawigatora SD i zmniejsza możliwość pomyłek.

Z chwilą otrzymania na SD celów powietrznych do zwalczania, nawigator SD rozdziela je dla poszczególnych nawigatorów operatorów.

W zależności od sposobu działań lotnictwa nieprzyjaciela skład osobowy SD realizuje naprowadzanie w sposób następujący.

Jeżeli cele lecą w ugrupowaniach bojowych "potok" pojedynczych samolotów /grup/, należy wyprowadzać samoloty myśliwskie ze stref lub z wyjściowych punktów naprowadzania na jedną ogólną oś trasy z bocznym odstępem określonym przy pomocy wzoru /10/.

Punkty rozpoczęcia skrętu określa się tak samo, jak przy naprowadzeniu pojedynczych samolotów myśliwskich. Samoloty myśliwskie wprowadzane są w skręt kolejno w zależności od odległości pomiędzy celami.

Skręt wszystkich samolotów myśliwskich celowo jest wykonywać z jednakowym kątem przechyłu /granicznym/ zależnie od rzeczywistego odstępu między osią lotu samolotów myśliwskich i kursem lotu celów powietrznych w potoku. Wyprzedzone odległości określa się tak samo dla granicznego kąta przechyłu.

W przypadku, kiedy samoloty myśliwskie są wyprowadzane na wyjściowy punkt naprowadzania kolejno, czynności składu osobowego SD są takie same z tym, że natężenie pracy nawigatora wzrasta, ponieważ każdy samolot myśliwski z chwilą odejścia z wyjściowego punktu naprowadzania musi być naprowadzany.

W przypadku nalotu rozśrodkowanego na szerokim froncie warunki naprowadzania pogarszają się. Im bardziej szeroko są rozśrodkowane cele tym bardziej skomplikowane staje się naprowadzanie i zmniejszają się możliwości jednoczesnego naprowadzania.

W tych warunkach celowo jest dla każdego nawigatora operatora przydzielać grupę celów, w której samoloty lecą z małymi odstępami, a także przekazywać każdemu nawigatorowi te samoloty, które posiadają między sobą łączność wzrokową lub radiolokacyjną.

Nawigator operator powinien dążyć wyprowadzać samoloty myśliwskie na ogólny początkowy kurs przechwycenia, który zezwalałby na utrzymanie ich w jednym ogólnym ugrupowaniu bojowym w miarę możliwości jak najbliżej. W miarę zbliżania się samolotów myśliwskich na wyprzedzone odległości w stosunku do celów należy wyprowadzać je w skręt kolejno, w zależności od rzeczywistej wartości odstępu między kursami lotu celów i myśliwców; pierwszy samolot myśliwski wprowadza się w skręt na cel znajdujący się na maksymalnym odstępie, ostatni - na cel znajdujący się na minimalnym odstępie.

We wskazanych wyżej warunkach i przy rozródkowaniu celów w pasie o szerokości 80-100 km, jeden dobrze przygotowany operator zdolny jest naprowadzać od trzech do czterech samolotów myśliwskich na odpowiednią ilość celów powietrznych.

W przypadku, kiedy samoloty myśliwskie wyprowadzane są na wyjściowy punkt naprowadzania nie jednocześnie /bez łączności wzrokowej lub radiolokacyjnej/ możliwości naprowadzania zmniejszają się do dwóch-trzech samolotów myśliwskich na jednego nawigatora operatora.

Przy jednoczesnym naprowadzaniu kilku samolotów myśliwskich dużą rolę odgrywa właściwa orientacja nawigatorów operatorów w danej sytuacji. Na każdym etapie zbliżenia samolotów myśliwskich z celami, nawigator powinien szybko podejmować decyzje, gdzie skupić główną uwagę.

A więc, na pierwszym etapie powinna być zwrócona szczególna uwaga na wprowadzenie we właściwym czasie samolotu myśliwskiego w skręt. Nieznaczne opóźnienie lub wcześniejsze wprowadzenie może spowodować konieczność długotrwałego dopędzania celu albo wyjście samolotu myśliwskiego przed cel. Utrudni to następne naprowadzenia. W związku z tym główną uwagę na danym etapie nawigator powinien zwrócić na ten samolot myśliwski, który pierwszy wychodzi na wyjściowy punkt naprowadzania.

Po podaniu komendy na wykonanie skrętu dla pierwszego samolotu myśliwskiego, nawigator kolejno wyprowadza na punkt rozpoczęcia skrętu następne samoloty myśliwskie.

Na zgodnym z celami powietrznymi kursie, szczególną uwagę zwraca się na te samoloty myśliwskie, które po wykonaniu skrętu znalazły się pod dużymi kątami spotkania i na mniejszej odległości od celu. Na danym etapie natężenie w pracy nawigatora nieco spada, /w porównaniu z pierwszym etapem na skutek zmniejszenia prędkości zbliżenia/. Dlatego też nawigator operator podczas naprowadzania kilku samolotów myśliwskich powinna dążyć do najszybszego ich wyprowadzenia na zgodne z celami powietrznymi kursy lotu.

Dążenie nawigatora operatora przy jednoczesnym naprowadzaniu kilku myśliwców do bardzo dokładnego naprowadzania ich na nakazane cele, drogą korygowania ich lotu podczas wykonywania skrętu, nie daje pozytywnych rezultatów, ponieważ samoloty myśliwskie wychodzą na wyjściowy punkt rozpoczęcia skrętu z niedużym odstępem czasowym lub jednocześnie. Strata czasu na korygowanie kąta przechyłu zmniejsza dokładność określania czasu skrętu dla następnych samolotów myśliwskich.

Wyprowadzenie samolotów myśliwskich na wyjściową pozycję do ataku należy wykonywać drogą zmiany kursu lotu po wykonaniu skrętu przez samolot myśliwski.

x

x

x

Omówione w skrypcie sposoby wzrokowego naprowadzania samolotów myśliwskich na cele powietrzne posiadają szereg niedociągnięć, spośród których najwięcej zmniejsza możliwości naprowadzania niedostateczna dokładność naprowadzania. W chwili obecnej wojska zaczynają posługiwać się półautomatycznym systemem naprowadzania. Naprowadzanie samolotów myśliwskich za pomocą tego systemu omówione jest w skrypcie "Przyrządowe naprowadzanie samolotów myśliwskich na cele powietrzne".

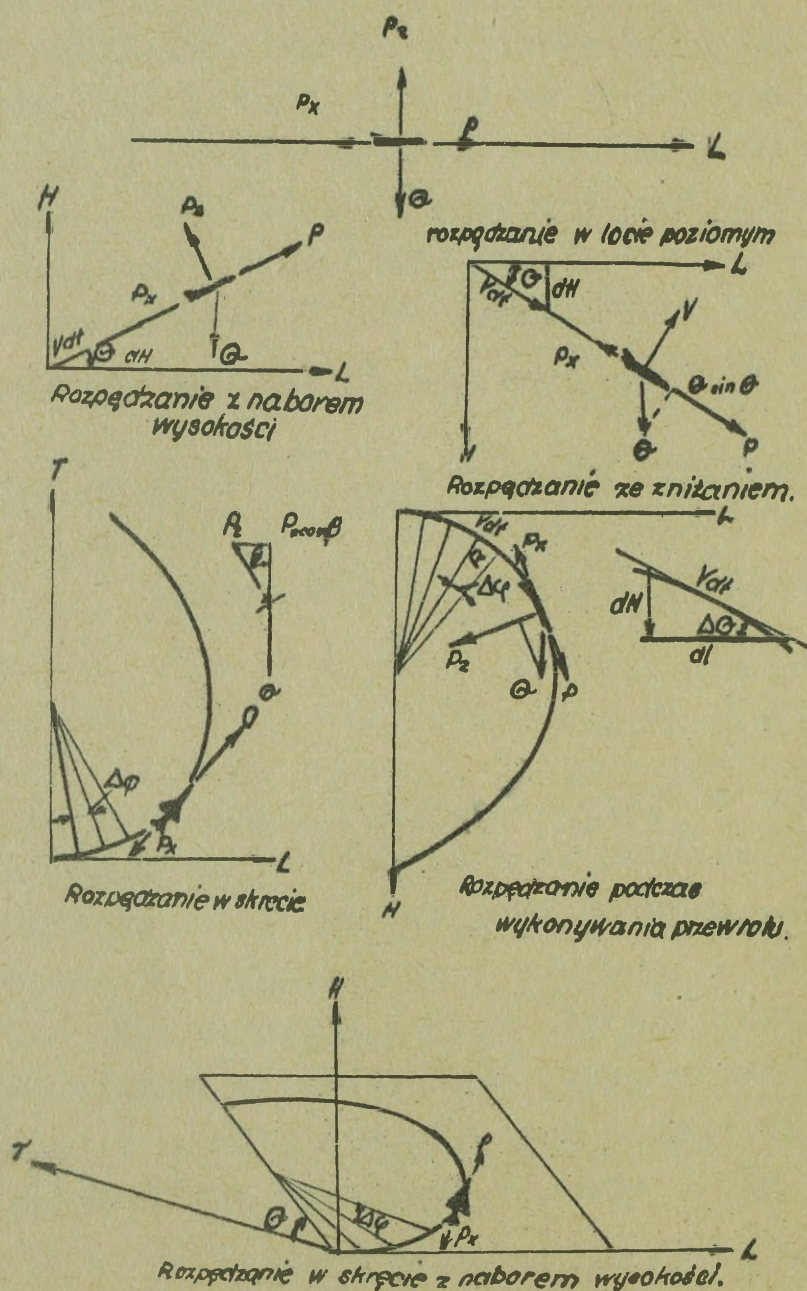
OPRACOWAŁ

plk dr Roman DWORAK

OKRESLANIE PARAMETROW ZWIEKSZANIA PRĘDKOŚCI PRZEZ SAMOLOT

W celu określenia niezbędnego toru lotu przy wykonywaniu różnego rodzaju ewolucji można stosować tablicowy sposób całkowania, który jest w pełni dokładny i wymaga na obliczenia stosunkowo mało czasu.

W przypadku posiadania arytmometrów, czas na obliczenie toru znacznie zmniejsza się. Niżej podana jest kolejność obliczeń parametrów zwiększania prędkości i stosowane wzory dla różnych sposobów manewrowania samolotu związanych ze zwiększaniem prędkości.



Rys. 49. Wykresy sił, działających na samolot w różnych przypadkach zwiększania prędkości.

1. Zwiększanie prędkości w płaszczyźnie poziomej /rys.49/.

Dla nakazanej wysokości H, początkowej prędkości  $V_0$ , początkowego ciężaru  $Q_0$  wybieramy odstęp czasowy  $\Delta t$  w sekundach /5, 10, 20 itd/.

2. Na podstawie  $V_0, S, Q_0$  i  $\rho$  dla wybranej wysokości określamy

$$C_z = \frac{2 Q}{S \rho V_0^2} \quad /23/$$

3. Na podstawie prędkości dźwięku na danej wysokości

$$a = 20 \sqrt{273 + t^{\circ} C} \quad /24/$$

określamy  $M_0$  odpowiadające  $V_0$  i przy pomocy biegunowej samolotu określamy  $C_x$  odpowiadające określönemu  $C_z$

4. Na podstawie określönego  $C_x$  i przy pomocy wzoru

$$P_x = C_x S \frac{\rho V_0^2}{2} \quad /25/$$

określamy opór czołowy.

5. Przy pomocy wykresu rozporządzalnych sił ciągu określamy rozporządzalny ciąg dla H i  $V_0$  w zależności od zakresu pracy silnika /jeżeli potrzeba przeliczyć na straty dyszy i stożka  $\Delta P$  dyszy i  $\Delta \bar{P}$  stożka/.

6. Obliczamy nadmiar siły ciągu  $\Delta P = P - P_z$

7. Określamy przyrost prędkości  $\Delta V$  pod działaniem  $\Delta P$  w czasie  $\Delta t$

$$\Delta V = \frac{\Delta P}{m} \Delta t, \quad /26/$$

gdzie:  $m = \frac{Q_0}{9,81}$

8. Określamy prędkość

$$V_1 = V_0 + \Delta V \quad /27/$$

9. Na podstawie prędkości  $V_1$  określamy  $C_z$  i cykl obliczeń powtarzamy.

10. Oprócz tego określamy drogę zwiększania prędkości w czasie  $\Delta t$

$$S = V \Delta t \quad /28/$$

Obliczenie kończymy z chwilą osiągnięcia prędkości  
nakazanej  $V_{nak}$  lub  $\Delta V = 0$

OKREŚLENIE PARAMETROW ZWIEKSZANIA PRĘDKOŚCI SAMOŁOTU

PODZAS NABORU WYSOKOŚCI I ZNIŻANIA.

Początkowe warunki i konieczne dane bez zmian.

1. Wybieramy odstęp czasowy  $\Delta t$  i kąt nachylenia toru w stosunku do horyzontu  $\Theta$   
Na podstawie  $V_0$ ,  $S$ ,  $Q_0$  i  $P$  dla wybranej wysokości początkowej  $H_0$  określamy

$$C_z = \frac{2 Q_0 \cos \Theta}{\rho S V_0^2} \quad /29/$$

2. Na podstawie liczby  $M$  odpowiadającej  $V_0$  i przy pomocy diagramowej samolotu określamy  $C_x$  odpowiadające  $C_z$ .
3. Na podstawie określonego  $C_x$  określamy opór czołowy.
4. Przy pomocy wykresu rozporządzalnych sił ciągu dla  $H_0$  i  $V_0$ , w zależności od zakresu pracy silnika, określamy rozporządzalną siłę ciągu. Podczas lotu na obrotach jałowych silnika określamy siłę ciągu obrotów jałowych.
5. Określamy siłę ciągu podczas naboru wysokości przy pomocy wzoru:

$$\Delta P = P - Q \sin \Theta - R_x \quad /30/$$

i podczas zniżania przy pomocy wzoru

$$\Delta P = P + Q \sin \Theta - R_x \quad /30/$$

6. Określamy przyrost prędkości  $\Delta V$  pod działaniem siły  $\Delta P$  w czasie  $\Delta t$

$$V = \frac{P \cdot 9,81}{Q_0} \Delta t \quad /31/$$

7. Określamy prędkość

$$V_1 = V_0 + \Delta V \quad /32/$$

8. Na podstawie prędkości  $V_1$  cykl obliczeń powtarzamy.

9. Oprócz tego określamy drogę zwiększania prędkości

$$\Delta S = V_{\cos} \ominus \Delta t \quad /33/$$

i wielkość hamoru lub straty wysokości  $\Delta H$

$$\Delta H = V_{\sin} \ominus \Delta t \quad /34/$$

10. Jeżeli na wybranym zakresie silnik zużywa dużą ilość paliwa, to zmianę tę uwzględnia się w p.l.

ZWIEKSZANIE PRĘDKOŚCI SAMOŁOTU PODCZAS WYKONYWANIA SKRETU

Dla nakazanej wysokości  $H$ , początkowej prędkości  $V_0$ , początkowego ciężaru  $Q_0$  i kąta przechyłu wybieramy skok kąta skrętu  $\Delta \varphi$

1. Określamy  $C_z$

$$C_z = \frac{2Q_0}{5\rho V_0^2 \cos \beta} \quad /35/$$

2. Przy pomocy biegunowej określamy odpowiedni  $C_x$

3. Na podstawie  $C_x$  określamy  $P_x$

4. Określamy  $\Delta t$  i  $t$ :

$$\Delta t = \frac{V}{9.81 \tan \beta \cdot 9.81} \Delta \varphi \quad /36/$$
$$t = t_0 + \Delta t$$

5. Określamy przyrost prędkości:  $\Delta V$

$$\Delta V = \frac{9.81 P}{Q_0} \Delta t \quad /37/$$

6. Określamy prędkość  $V_1$  na końcu odcinka  $\Delta \varphi$

$$V_1 = V_0 + \Delta V \quad /38/$$

7. Określamy bieżące współrzędne samolotu  $L$  i  $T$

$$L = L_0 + V \cos \varphi \Delta t \quad /39/$$

$$T = T_0 + V \sin \varphi \Delta t \quad /40/$$

gdzie:

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta \varphi$$

8. Cykl obliczeń powtarzamy dla  $V_1 = V_0 + \Delta V$

ZWIEKSZANIE PRĘDKOŚCI SAMOLOTU PODCZAS SKRETU Z JEDNOCZESNYM  
NABOREM WYSOKOŚCI.

Dla nakazanej wysokości początkowej  $H_0$ , prędkości początkowej  $V_0$ , ciężaru początkowego  $Q_0$ , kąta przechyłu  $\beta$  i kąta naboru wysokości  $\Theta$  wybieramy skok kąta skretu  $\Delta \gamma$

1. Określamy  $C_z$

$$C_z = \frac{2Q_0 \cos \Theta}{\rho S V_0^2 \cos \beta} \quad /41/$$

2. Przy pomocy biegunowej określamy odpowiednią  $C_x$

3. Na podstawie określonego  $C_x$  określamy  $P_x$

4. Określamy  $\Delta t$

$$\Delta t = \frac{V_0}{9,81 \tan \beta \cdot 57,3} \Delta \gamma$$

5. Określamy przyrost prędkości  $\Delta V$

$$\Delta V = \frac{9,81}{Q_0} (P - P_x - Q_0 \sin \Theta \sin \gamma) \Delta t \quad /42/$$

6. Określamy prędkość  $V_1$

$$V_1 = V_0 + \Delta V$$

7. Określamy współrzędne samolotu  $H$ ,  $L$  i  $T$

$$H = H_0 + V \sin \Theta \sin \gamma \Delta t \quad /43/$$

$$L = L_0 + V \cos \gamma \Delta t \quad /44/$$

$$T = T_0 + V \sin \gamma \cos \Theta \Delta t \quad /45/$$

3. Cykl obliczeń powtarzamy dla  $V_1 = V_0 + \Delta V$

ZWIEKSZANIE PRĘDKOŚCI PODCZAS PRZEWROTU

Dla nakazanej wysokości początkowej  $H_0$ , prędkości początkowej  $V_0$ , początkowego ciężaru  $Q_0$ , przeciążenia  $n_z$  /z założeniem, że manewr będzie wykonany ze stałym przeciążeniem  $n_z$  lub, że będzie zmieniało się ono wg określonego prawa/ wybieramy skok kąta  $\Delta \Theta$

1. Na podstawie ciężaru początkowego  $Q_0$  i nakazanego przeciążenia  $n_z$  określamy:

$$P_z = Q_0 n_z \quad /46/$$

2. Określamy  $C_z$

$$C_z = \frac{2 P_z}{S \rho V_0^2} \quad /47/$$

Jeżeli określona wartość  $C_z$  nie przekracza wartości krytycznej /z biegunowej/ należy zmniejszyć przeciążenie i obliczenie powtórzyć.

3. Przy pomocy biegunowej i na podstawie określonego  $C_z$  określamy  $C_x$  z wypuszczonymi hamulcami powietrznymi.

4. Przy pomocy wzoru

$$P_x = C_x S \frac{\rho V_0^2}{2}$$

określamy siłę oporu czołowego.

5. Określamy czas  $\Delta t$  przelotu odcinka toru odpowiadającego wybranemu skokowi  $\Delta \Theta$

$$\Delta t = \frac{V}{9.81 (n_z + \cos \Theta)} \Delta \Theta \quad /48/$$

6. Określamy przyrost prędkości  $\Delta V$

$$\Delta V = \frac{Q_0 \sin \Theta - P_x}{Q_0} 9.81 \Delta t \quad /49/$$

7. określamy prędkość  $V_1$

$$V_1 = V_0 + \Delta V$$

8. Określamy  $\Delta H$

$$H = - V \sin Q \Delta t \quad /50/$$

9. Określamy  $L$ :

$$L = V \cos \quad /51/$$

10. Określamy  $R = \frac{V \cdot t}{Q} \quad /52/$

11. Cykl obliczeń powtarzamy dla  $V_1 = V_0 + \Delta V$

Jeżeli na jakimś etapie obliczeń przyrost prędkości jest zbliżony do zera lub posiada wartość ujemną, należy

wybrać punkt na torze, począwszy od którego należy schować hamulce powietrzne i kontynuować obliczenia na podstawie  $C_x$  ze schowanymi hamulcami powietrznymi.

12. Jeżeli na jakimś etapie obliczeń spada przyrost prędkości, a nakazana prędkość jeszcze nie jest osiągnięta, należy wybrać punkt, począwszy od którego dalsze przyspieszenie będzie odbywać się z ciągiem silnika. Wówczas przyrost prędkości /p.6/ określa się przy pomocy wzoru

$$\Delta V = \frac{Q_0 \sin \Theta + P - P_x}{Q_0} 9,81 \cdot \Delta t \quad /53/$$

OBLICZANIE PLANSZETEK NAPROWADZANIA

Planszетки wykonuje się, zarówno do naprowadzania ze wskaźnika stacji radiolokacyjnej, jak i z planzetu. Oblicza się je dla przedziałów wysokości /rzędu 3 km/ i dla określonego zakresu prędkości. Obliczenie wykonuje się dla średniej wysokości danego przedziału /na rys. 48 planszетка obliczona jest dla  $H = 19$  km/.

W celu zmniejszenia ilości linii na nomogramie celu, planszетkę wykreśla się z takim wyliczeniem, żeby dla wszystkich kątów skrętu od  $180^\circ$  do  $90^\circ$  linia położenia celu w chwili skrętu samolotu myśliwskiego / $P_{1-4} - P_{1-4}$ / była jednolitą.

W tym celu punkt skrętu dla kąta skrętu  $90^\circ$  / $P_4$ / przesuwa się od punktu  $P_1$  w prawo o wielkość

$$\Delta S = V_m t_{90} \quad \text{/analogicznie i dla pośrednich kątów skrętu/}$$

Dla wykreślenia planszетки należy:

- w określonej skali nanieść tor skrętu samolotu myśliwskiego
  - od punktu rozpoczęcia skrętu w lewo wrysować linię dla kąta skrętu  $180^\circ$ ;
  - od punktu zakończenia skrętu w lewo odłożyć odległość równą  $L_{poz} + d_0$  i zaznaczyć punktem  $P_1$ ;
  - od punktu  $P_1$  w prawo w sektorze  $15-20^\circ$  wykreślić linię celu zgodnie z wybraną ilością prędkości celu;
  - od środka toru skrętu w prawo odmierzyć odległość  $\Delta S = V_m t_{90}$  i zaznaczyć punktem  $P_4$ ;
  - od punktu  $P_4$  wykreślić linię dla kąta skrętu  $90^\circ$  /analogicznie dla pośrednich kątów skrętu/;
  - od punktu  $P_4$  na linii kątów skrętu odłożyć odległość potrzebną na zwiększenie prędkości samolotu /na rys. 56 od  $M=1,5$  do  $M=1,7$ / to znaczy do wartości  $M$ , którą samolot osiągnie od  $P_1$  do chwili rozpoczęcia skrętu o kąt  $90^\circ$  /analogicznie dla pośrednich kątów skrętu/.
- Linia  $P_1 B$  oznacza początek naboru wysokości;
- od linii  $P_1 B$  na liniach kątów skrętu w odległości równej drodze zwiększania prędkości od  $M=0,9$  do  $M=1,5$  zaznaczyć punkty włączenia dopalania i połączyć je linią  $F_1 - F_n$ ;

- od punktu P /na nomogramie celu/ odłożyć wyprzedzone odległości obliczone dla odpowiedniej prędkości przy pomocy wzoru,

$$S_{skr} = V_c /t_{180} + t_{op}/ + V_m t_{op} \quad /54/$$

i połączyć je linią  $P_{1-4} - P_{1-4}$ .

- od linii  $P_{1-4} - P_{1-4}$  dla odpowiednich prędkości odłożyć odległości, równe  $V_c t_r /M=0,9-1,5/$  i wykreślić linię  $F_1 - F_1$  oraz odłożyć odległość  $V_c t_r /M=0,9-1,7/$  - linia  $F_4 - F_4/$

Linie te określają moment włączenia dopalania:

$F_1 - F_1$  - dla kąta skrętu  $180^\circ$ ;

$F_4 - F_4$  - dla kąta skrętu  $90^\circ$ .

Dla pośrednich kątów skrętu linie włączenia dopalania położone są między liniami  $F_1 - F_1$  i  $F_4 - F_4$ .

W razie konieczności na nomogramie celu i samolotu myśliwskiego można nanieść linie pomocnicze odcinków minutowych, które odmierza się od linii rozpoczęcia skrętu  $F_1 - F_4$  na nomogramie samolotu myśliwskiego i  $P_{1-4} - P_{1-4}$  na nomogramie celu.

Praktyczne zastosowanie planszетки jest następujące. Przygotowaną z przezroczystego materiału planszетką nakłada się na ekran wskaźnika tak, żeby znacznik celu przesuwiał się po linii odpowiadającej prędkości celu. Wyprowadzany samolot myśliwski wprowadza się w strefę nomogramu planszетки w przybliżeniu z nakazanym kursem.

Następnie, drogą podbierania odpowiedniego położenia, planszетkę ustawia się w ten sposób, by znaczniki samolotu myśliwskiego i celu znalazły się na odpowiednich liniach czasowych.

Przy pomocy kąta między liniami  $360^\circ - 180^\circ$  na ekranie wskaźnika i linii /J-J/ /rys.56/ oblicza się kurs i podaje go pilotowi. Po wyjściu znacznika celu i samolotu myśliwskiego na odpowiednie linie planszетки, samolotowi myśliwskiemu podaje się odpowiednie komendy na włączenie dopalania, nabór wysokości i wykonanie skrętu.

Analogicznie zbudowana jest planszетка na rys.6.

SPIS OZNACZEN

- $S_{skr}$  - wyprzedzona odległość rozpoczęcia skrętu;  
 $V_c$  - prędkość lotu celu;  
 $t_{skr}$  - czas skrętu;  
 $R$  - promień skrętu;  
 $KS$  - kąt skrętu;  
 $d_o$  - odległość odpalania rakiet /strzelania/;  
odległość naprowadzania;  
 $t_{180}$  - czas skrętu o kąt  $180^\circ$ ;  
 $t_{90}$  - czas skrętu o kąt  $90^\circ$ ;  
 $V_m$  - prędkość lotu samolotu myśliwskiego;  
 $t_{op}$  - czas opóźnienia;  
 $\Delta S$  - odległość, którą przebywa samolot myśliwski i cel za czas opóźnienia;  
 $S_k$  - wyprzedzona odległość podania komendy na wykonanie skrętu;  
 $t_{zn}$  - czas zniżania;  
 $\beta_{pocz}$  - początkowy kąt przechyłu;  
 $\beta_k$  - końcowy kąt przechyłu;  
 $L$  - odstęp liniowy między trasami lotu samolotu myśliwskiego i celu; potrzebne boczne odchylenie samolotu myśliwskiego od trasy lotu celu po wykonaniu skrętu;  
 $R_{sr}$  - średni promień skrętu  
 $S_p$  - wyprzedzona odległość rozpoczęcia przewrotu;  
 $t_p$  - czas przewrotu;  
 $t_{pas}$  - czas pasywny;  
 $t_{ks}$  - czas skrętu;  
 $S_H$  - droga dodatkowego naboru wysokości; /droga podczas górkii/;  
 $t_H$  - czas dodatkowego naboru wysokości; /czas wykonania górkii/;  
 $L_p$  - wielkość przesunięcia punktu zakończenia skrętu w stosunku do punktu początku skrętu;  
 $T_{og}$  - czas ogólny;  
 $t_r$  - czas rozpędzania;

- $t_H$  - czas naboru wysokości;
- $s_c$  - droga celu;
- $s_r$  - droga rozpędzenia;
- $s_H$  - droga naboru wysokości;
- $s_l$  - odległość wyjściowa;
- $M_e$  - skala ekranu;
- $v_{pocz}$  - prędkość początkowa;
- $v_{kon}$  - prędkość końcowa;
- $t_h$  - czas hamowania;
- $s_h$  - droga hamowania;
- $\Delta s_{op}$  =  $\sqrt{v_c + v_m} / t_{op}$ ;
- $s'_h$  =  $s_h - v_c t_h$ ;
- $D_h$  - wyjściowa odległość rozpoczęcia hamowania;
- $M_{ps}$  - prędkość w chwili rozpoczęcia skrętu;
- $s_f$  - wyprzedzona odległość włączenia odpalenia;
- $\Theta$  - kąt naboru wysokości;
- $D$  - odległość wyjściową między celem a samolotem myśliwskim;
- $L_{90}$  - średnica manewru samolotu myśliwskiego;

LITERATURA:

Opracowano na podstawie podręcznika: Metodiceskoje Posobije raszczetam Komandnych punktow polkow i diwizji frontowej istriebitielnoj i istriebitielno -bombardirowocznoj awiacji. Wojennoje izdatielstwo Ministerstwa Oberony SSSR, Moskwa 1965 gg.

SPIS TRESCI

Wstęp .....	str. 2
1. NAPROWADZANIE SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE LECACE NA MAŁYCH I SREDNICH WYSOKOSCIACH... 4	
Obliczenia na przechwycenie i metodyka naprowa- dzenia z zastosowaniem skrętu w płaszczyźnie poziomej i ze zniżeniem .....	6
Obliczenia na przechwycenie i metodyka naprowa- dzenia podczas przechwytywania z zastosowaniem przewrotu i półprzewrotu .....	15
2. NAPROWADZANIE SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA CELE POWIETRZNE LECICE NA DUZEJ WYSOKOSCI .....	22
Zwiększanie prędkości lotu samolotu myśliwskiego na prostoliniowym odcinku trasy z kursem przeciw- nym do kursu lotu celu .....	24
Zwiększanie prędkości lotu samolotu myśliwskiego na prostoliniowym odcinku z dodatkowym zwiększa- niem podczas wykonywania skrętu .....	27
Zwiększanie prędkości podczas wykonywania skrętu ...	28
Wybór sposobu zwiększania prędkości i rodzaju manewru podczas naprowadzania .....	30
Określenie punktu początku skrętu .....	38
Określenie wyprzedzonej odległości rozpoczęcia skrętu przy pomocy planszetek .....	40
Naprowadzanie samolotów myśliwskich z położenia dyżurowania w powietrzu .....	42
3. NAPROWADZANIE SAMOLOTOW MYSLIWSKICH NA CELE PO- WIETRZNE W STRATOSFERZE .....	43
Naprowadzanie samolotów myśliwskich na cele lecące na wysokościach od 12 do 16 km .....	43
Naprowadzenie z wyprowadzeniem samolotu myśliwskiego na zgodny z celem kurs lotu na najwygodniejszej prędkości naboru wysokości w stratosferze .....	43
Naprowadzanie samolotu myśliwskiego na zgodny z ce- lem kurs lotu z prędkością optymalną .....	50
Naprowadzanie samolotów myśliwskich na cele po- wietrzne lecące na pułapie statycznym i dynamicz- nym samolotu myśliwskiego .....	63

	str.
Obliczenie odległości wyjściowej przed wykonaniem "górką" .....	67
4. Obliczenie kursu lotu na przechwycenie .....	68
5. Właściwości naprowadzania samolotów myśliwskich na cele wykonujące manewr .....	71
6. Właściwości naprowadzania kilku samolotów myśliwskich na kilka celów powietrznych .....	72

Załączniki:

Załącznik nr 1. Określenie parametrów zwiększania prędkości przez samolot. ....	76
Załącznik nr 2. Obliczanie planszetek naprowadzania	83
Spis oznaczeń .....	85
Literatura .....	86

Odbito 30 egz.

Egz.nr 1-30 bibl.tajna

Wyk. płk dr DWORAK

Druk.K.I.

Nr.ks.02340/WW