



**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP**

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

ASG WP wewn. 4167/83

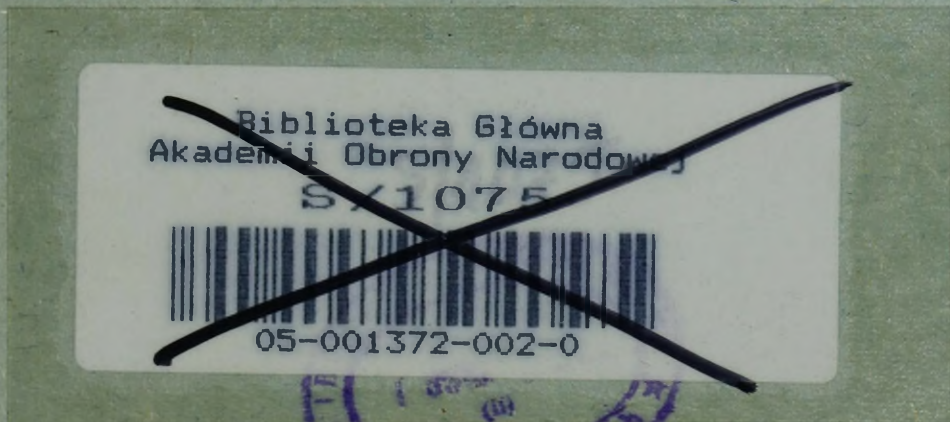
~~Do użytku wewnętrznego~~

Egz. nr 21

Płk dypl nawig. Tadeusz PAWLAK

**MANEWROWANIE SAMOLOTÓW  
W PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ I PIONOWEJ**

Skrypt



WARSZAWA

60380 1988



A

# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

ASG WP wewn. 4167/83

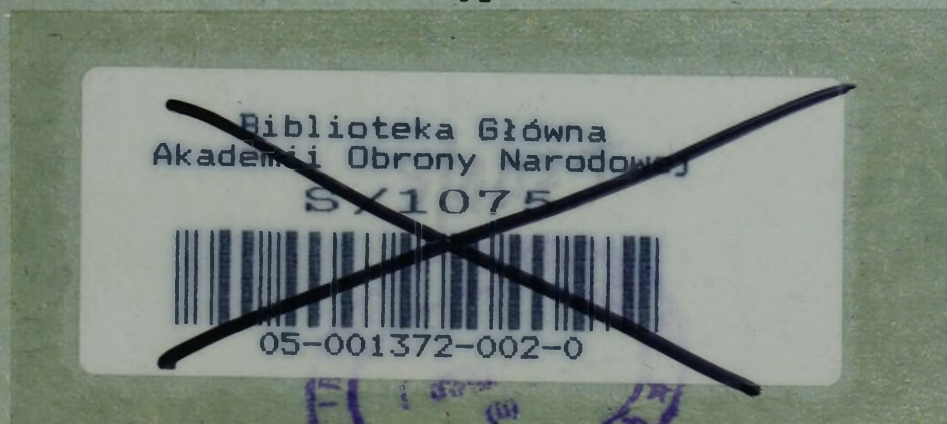
~~Do użytku wewnętrznego~~

Egz. nr ..... 21

Płk dypl nawig. Tadeusz PAWLAK

## MANEWROWANIE SAMOLOTÓW W PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ I PIONOWEJ

Skrypt



WARSZAWA

60380

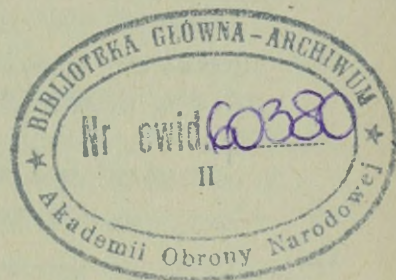
1988

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP  
WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK  
KATEDRA PRZEDMIOTÓW SPECJALNYCH

ASG WP wewn. 4167/88

~~Do użytku wewnętrznego~~

Egz.nr ..... 21

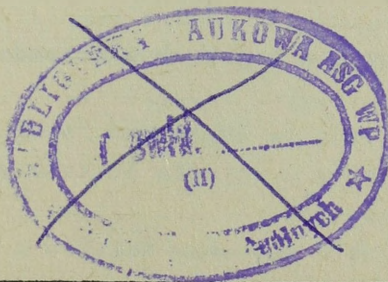


Płk dypl.nawig. Tadeusz PAWLAK

MANEWROWANIE SAMOLOTÓW W PŁASZCZYŹNIE  
POZIOMEJ I PIONOWEJ

SKRYPT

~~5/10/85~~



WARSZAWA

1988 r.

SPIS TREŚCI

strona

WSTĘP .....	4
1. MANEWROWANIE PRĘDKOŚCIĄ LOTU SAMOŁOTU .....	5
1.1. Manewrowanie prędkością lotu w stosunku do obiektu nie- ruchomego .....	6
1.1.1. Dokładność manewrowania prędkością lotu .....	13
1.2. Manewrowanie prędkością lotu w stosunku do obiektu ruchomego .....	17
1.3. Formowanie ugrupowań bojowych samolotów z wykorzystaniem manewru prędkością lotu .....	20
1.3.1. Zbiórka samolotów sposobem dopędzania .....	20
1.3.2. Rozdzielanie /rozpuszczanie/ ugrupowań bojowych samo- lotów za pomocą manewru prędkością lotu .....	24
2. MANEWROWANIE KIERUNKIEM LOTU SAMOŁOTU .....	29
2.1. Dokładność wykonania manewru kierunkiem lotu .....	31
2.1.1. Dokładność wykonania zakrętu względem promienia .....	31
2.1.2. Dokładność wykonania zakrętu w czasie .....	32
2.2. Manewrowanie kierunkiem lotu samolotu w stosunku do obiektu nieruchomego .....	34
2.2.1. Wyjście na obiekt z nakazanego kierunku .....	34
2.2.2. Wytracenie nadwyżki czasu lub nadrobienie opóźnienia za pomocą manewru kierunkiem lotu .....	36
2.2.3. Wytracenie nadwyżki czasu w locie na pętli .....	42
2.2.4. Wytracenie nadwyżki czasu lub nadrobienie opóźnienia przez zmianę długości trasy .....	43
2.3. Manewrowanie kierunkiem lotu w stosunku do obiektu ru- chomego .....	45
2.4. Formowanie ugrupowań bojowych samolotów za pomocą manewru kierunkiem lotu .....	47
2.4.1. Zbiórka samolotów na kręgu nad lotniskiem .....	47
2.4.2. Zbiórka samolotów w rejonie obiektu orientacyjnego lub nad radiolatarnią .....	48
2.4.3. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o 180° /na pętli/ w rejonie lotniska .....	51
2.4.4. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o 180° /na pętli/ nad dalszą radiolatarnią lotniskową /DRL/ .....	53

2.4.5. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o $180^{\circ}$ /na pętli/ w warunkach dowodzenia z ziemi przy wykorzystaniu stacji radiolokacyjnej .....	54
2.4.6. Zbiórka samolotów na trójkącie .....	56
3. ROZFORMOWANIE UGRUPOWANIA BOJOWEGO SAMOLOTÓW DO LĄDOWANIA ..	61
3.1. Sposoby rozformowania ugrupowania bojowego samolotów do lądowania w zwykłych warunkach atmosferycznych .....	67
3.2. Sposoby rozformowania ugrupowania bojowego samolotów do lądowania w trudnych warunkach atmosferycznych .....	76
4. MANEWROWANIE WYSOKOŚCIĄ LOTU SAMOLOTU .....	88
4.1. Manewrowanie wysokością lotu w stosunku do obiektu nie- ruchomego .....	91
4.2. Manewrowanie wysokością lotu w stosunku do obiektu ruchu- meo .....	94
4.3. Manewrowanie wysokością lotu z zachowaniem bezpiecznych odstępów czasowych pomiędzy samolotami w grupie .....	97
ZAKOŃCZENIE .....	104
BIBLIOGRAFIA .....	104
ZALĄCZNIKI:	
1. Wzory do obliczania zbiorów samolotów .....	105
2. Tabela obliczonych elementów zbiórki samolotów sposobem dopędzania na trasie lotu .....	107
3. Tabela obliczonych elementów zbiórki samolotów sposobem zakrętu o $180^{\circ}$ /na pętli/ .....	109
4. Tabela czasów rozformowania ugrupowania bojowego i lądowa- nia samolotów w DZWA .....	110

## WSTĘP

Charakterystyczną cechą współczesnych samolotów i śmigłowców jest ich duża możliwość manewrowania kierunkiem, prędkością i wysokością lotu. Manewrowanie samolotów<sup>x/</sup>, to zamierzona zmiana warunków lotu w celu zajęcia, utrzymania względnie zmiany położenia samolotu /samolotów/ w stosunku do ruchomych lub nieruchomych obiektów znajdujących się w powietrzu albo na powierzchni ziemi.

Z powyższego można wyciągnąć wniosek, że w działaniach lotnictwa "manewrowanie samolotów" jest ważnym elementem, a niekiedy decydującym o możliwości wykonania zadania. Prawidłowe wykorzystanie możliwości manewrowych samolotów wymaga odpowiedniej znajomości teorii manewrowania samolotu, gdyż znając ją w tym zakresie, można przemyśleć i zaplanować na ziemi, jeszcze przed startem samolotu, sposób wykonania dowolnego zadania w powietrzu.

Każdy manewr samolotu, planowany na ziemi, wymaga dokładnych obliczeń nawigacyjnych z uwzględnieniem zasad i praw, jakich należy przestrzegać w procesie zmiany warunków lotu, w zależności od celu manewrowania i właściwości lotno-taktycznych danego samolotu. W teorii manewrowania z zasady zwraca się uwagę na kinematyczną stronę manewru, czyli na charakter toru lotu, czas trwania manewru, przebytą drogę w czasie manewru, a także na zmianę wysokości i kierunek lotu tak w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej.

W niniejszym skrypcie omówione są podstawowe rodzaje manewrowania, a mianowicie:

- manewrowanie prędkością lotu;
- manewrowanie kursem samolotu;
- manewrowanie wysokością lotu.

Wymienione rodzaje manewrowania mają szczególne znaczenie w czasie wykonywania takich zadań, jak: zwalozanie obiektów naziemnych lub powietrznych, prowadzenia rozpoznania lotniczego, pokonywanie stref obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela, a także wykonywanie lotów grupowych.

Skrypt ten przeznaczony jest jako pomoc szkoleniowa do samodzielnego studiowania wiedzy z zakresu manewrowania samolotów w płaszczyźnie poziomej i pionowej w celu wykonania zadań w powietrzu w lotach pojedynkowych i grupą.

-----  
x/ Dotyczy również śmigłowców

## 1. MANEWROWANIE PRĘDKOŚCIĄ LOTU SAMOLOTU

Manewrowanie prędkością lotu ma zastosowanie w zasadzie w każdym locie. Głównym celem tego manewru jest:

- zabezpieczenie wyjścia samolotu /grupy/ w nakazanym czasie i miejscu na dowolny punkt znajdujący się w powietrzu lub na powierzchni ziemi;

- ustalenie względnie utrzymanie nakazanej odległości i odstępu pomiędzy samolotami wykonującymi wspólny lot.

Manewr prędkością lotu może być wykonywany przez samolot /grupę/ w stosunku do obiektu ruchomego lub nieruchomego znajdującego się w powietrzu lub na powierzchni ziemi. W związku z tym rozróżniamy:

- manewr prędkością lotu samolotu w stosunku do obiektu nieruchomego;

- manewr prędkością lotu samolotu w stosunku do obiektu ruchomego.

Niezależnie od rodzaju manewru możliwości zmiany prędkości lotu są zależne od właściwości taktyczno-technicznych danego typu samolotu oraz zdolności samolotu do zmiany tej prędkości i wielkości elementów, jakie mają miejsce w procesie manewru prędkością, a mianowicie: zakresu prędkości  $\Delta V$ , rezerwy prędkości  $\Delta V_{rez}$  oraz czasu trwania zwiększania i zmniejszania prędkości /czas rozpędzania i hamowania/  $t_{rp}$ ,  $t_{hm}$ .

Wielkość zakresu prędkości lotu  $\Delta V$  i rezerwy prędkości lotu  $V_{rez}$  oraz czas rozpędzania i hamowania  $t_{rp}$ ,  $t_{hm}$  dla różnych wysokości lotu określa się z instrukcji eksploatacji danego typu samolotu, które przedstawione są w tabelach bądź wykresach.

Parametr zakresu prędkości lotu można również określić wtedy, kiedy znany prędkość maksymalną i minimalną samolotu, ponieważ jest to różnica pomiędzy maksymalną a minimalną prędkością, jaką może utrzymać samolot w locie poziomym na odpowiedniej wysokości.

$$\Delta V = V_{maks} - V_{min}$$

Natomiast rezerwa prędkości - charakteryzuje rzeczywiste możliwości zmiany prędkości lotu samolotu, a mianowicie:

$$\Delta V_{rez} = V_{maks} - V_{nakaz}$$

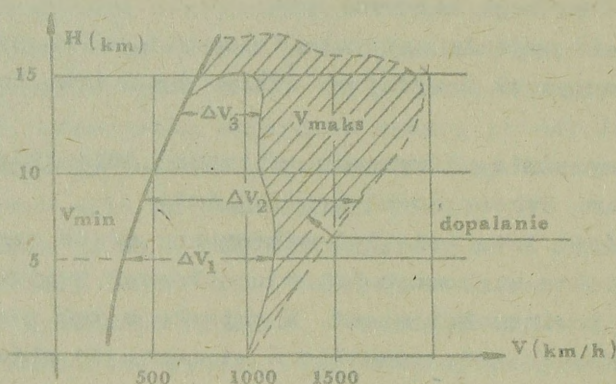
lub

$$\Delta V_{rez} = V_{nakaz} - V_{min}$$

gdzie:

$V_{nakaz}$  - prędkość lotu samolotu nakazana.

Wielkości  $V_{maks}$  i  $V_{min}$  zależne są od wysokości lotu, co zobrazowane jest na poniższym rysunku.



Rys. 1. Prędkość lotu w zależności od wysokości

Zakres prędkości w miarę zwiększania wysokości lotu zwiększa się i jest równy zero na pułapie praktycznym.

Dla samolotów, które posiadają silniki z dopalaniem, zakres prędkości znacznie się zwiększa. W lotach grupowych należy pamiętać, że prędkość maksymalna samolotów jest mniejsza i wynosi 0,9 - 0,85 prędkości maksymalnej pojedynczego samolotu, natomiast prędkość minimalna jest większa i wynosi 1,05 - 1,1 prędkości minimalnej pojedynczego samolotu. Zasada taka jest zachowana dla umożliwienia lotu w składzie grupy samolotów; im większa grupa samolotów, tym zakres prędkości jest mniejszy.

### 1.1. Manewrowanie prędkością lotu w stosunku do obiektu nieruchomego

Manewrowanie prędkością lotu samolotu w stosunku do obiektu nieruchomego ma najczęściej zastosowanie dla wyjścia na cel w nakazanym czasie, czyli wówczas, kiedy należy wytracić nadwyżkę czasu albo nadrobić opóźnienie.

Zastosowanie manewru prędkością lotu dla wytracenia nadwyżki czasu jest manewrem powszechnie stosowanym i dość łatwym w realizacji, gdyż zasady polega na zmniejszeniu prędkości lotu. Przy zamierzonym zmniejszeniu prędkości należy wziąć pod uwagę fakt, że nowa prędkość nie może być mniejsza od najmniejszej prędkości optymalnej dopuszczalnej w locie grupy lub pojedynczego samolotu, a pozostała odległość do

celu jest wystarczająca dla wytracenia określonej nadwyżki czasowej przy danym zakresie prędkości. Ponadto należy pamiętać, że zmniejszenie prędkości lotu obniża gotowość bojową i zmniejsza zdolności manewrowe, co utrudnia pokonywanie obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela.

Manewr prędkością lotu w celu nadrobienia opóźnienia wyjścia na cel jest manewrem nie zawsze realnym, gdyż w zasadzie pozwala nadrobić niewielkie opóźnienia, z reguły nie przekraczające kilku minut. W czasie zwiększania prędkości lotu nowa prędkość nie może przekroczyć maksymalnej dopuszczalnej prędkości lotu ugrupowania w stosunku do prędkości maksymalnej pojedynczego samolotu. Na przykład, jeżeli maksymalna prędkość pojedynczego samolotu wynosi 2000 km/h, to prędkość maksymalna grupy wyniesie 1800-1700 km/h. Ponadto zwiększenie prędkości lotu znacznie zmniejsza zasięg z powodu wzrostu zużycia paliwa, a tym samym ogranicza się możliwości bojowe w odległości.

W związku z powyższym nasuwa się wniosek, że manewr prędkością lotu dla wytracenia nadwyżki czasu lub nadrobienia opóźnienia przy współczesnych prędkościach lotu wymaga stosunkowo dużej drogi manewru, co nie zawsze będzie możliwe do wykorzystania. Na przykład, dla wytracenia nadwyżki czasu 2 min, przy możliwości zwiększenia prędkości lotu z 900 km/h do 1300 km/h, trzeba przebyć na prędkości 1300 km/h drogę około 100 km.

Wobec powyższego, aby zapewnić wyjście w nakazanym czasie na cel przez zastosowanie manewru prędkością lotu, należy już na znacznej odległości przed celem stwierdzić wielkość nadwyżki czasu, albo też opóźnienia i rozpocząć właściwy manewr.

Przy rozpatrywaniu manewru prędkością lotu w stosunku do obiektu nieruchomego występują następujące elementy:

- wielkość nadwyżki czasu lub opóźnienia  $\Delta t$ ;
- droga manewru prędkością lotu  $S_{\text{man}}$ ;
- czas trwania manewru  $t_{\text{man}}$ .

Wielkość nadwyżki lub opóźnienie w czasie  $\Delta t$  określamy jako różnicę czasu lotu samolotu na określonym odcinku drogi z różnymi prędkościami:

$$\Delta t = \frac{S_{\text{man}}}{V_1} - \frac{S_{\text{man}}}{V_2} = S_{\text{man}} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_1 \cdot V_2}$$

Jeżeli  $V_2 - V_1 = \Delta V$ , to otrzymamy:

$$\Delta t = S_{\text{man}} \cdot \frac{\Delta V}{V_1 \cdot V_2}$$

Z powyższego wzoru możemy określić prędkość lotu  $V_2$  jaka jest konieczna do nadrobienia opóźnienia względnie wytracenia nadwyżki czasu na danej drodze manewru:

$$V_2 = \frac{\Delta V \cdot S_{\text{man}}}{V_1 \cdot \Delta t} \quad /2/$$

Ponadto ze wzoru /1/ można określić drogę manewru  $S_{\text{man}}$ , na której nastąpi nadrobienie lub wytracenie nadwyżki czasu  $\Delta t$  przy znanych prędkościach lotu  $V_1$  i  $V_2$ :

$$S_{\text{man}} = \frac{V_1 \cdot V_2}{\Delta V} \cdot \Delta t \quad /3/$$

Łącząc wzory /2/ i /3/ możemy obliczyć prędkość lotu  $V_2$  przy danej drodze manewru  $S_{\text{man}}$  i nadwyżce czasu  $\Delta t$ . Długość manewru na nakazanym odcinku manewrowania z określoną prędkością lotu  $V_2$  obliczymy przy pomocy wzoru:

$$t_{\text{man}} = \frac{S_{\text{man}}}{V_2} \quad /4/$$

gdzie:

$V_1$  - prędkość lotu do momentu rozpoczęcia manewru;

$V_2$  - prędkość lotu na odcinku manewrowania;

$\Delta V$  - rezerwa prędkości  $V_{\text{maks}} - V_{\text{nakaz}}$ ;

$S_{\text{man}}$  - droga manewru;

$\Delta t$  - nadwyżka względnie opóźnienie czasu;

$t_{\text{man}}$  - czas trwania manewru.

Z analizy powyższych wzorów wynikają następujące wnioski:

- im większa jest rezerwa prędkości lotu  $\Delta V$ , to samolot ma większe możliwości manewru, tym większą nadwyżkę czasu może wytracić względnie nadrobić opóźnienie.

Przykład 1:

$$S_{\text{man}} = 100 \text{ km}, V_1 = 600 \text{ km/h}, V_2 = 900 \text{ km/h}$$

$$\Delta t = S_{\text{man}} \frac{\Delta V}{V_1 \cdot V_2} = 100 \text{ km} \cdot \frac{300 \text{ km/h}}{600 \text{ km/h} \cdot 900 \text{ km/h}} = 3,33 \text{ min}$$

Przykład 2:

$$S_{\text{man}} = 100 \text{ km}, V_1 = 600 \text{ km/h}, V_2 = 1200 \text{ km/h}$$

$$\Delta t = 100 \text{ km} \cdot \frac{600 \text{ km/h}}{600 \text{ km/h} \cdot 1200 \text{ km/h}} = 5 \text{ min}$$

W pierwszym przykładzie przy rezerwie prędkości lotu równej 300 km/h nadrobi się 3,33 min, natomiast przy rezerwie prędkości lotu 600 km/h - 5 min.

Tak samo jest przy wyrażaniu nadwyżki czasu, jeżeli lot odbywa się z  $V_1 = 900 \text{ km/h}$  i zmniejszona zostanie prędkość do 600 km/h, to wytracimy 3,33 min, natomiast kiedy  $V_1 = 1200 \text{ km/h}$  i zmniejszona zostanie do  $V_2 = 600 \text{ km/h}$ , to wytracimy 5 min;

- przy tych samych możliwościach zmiany prędkości lotu, wytracona zostanie większa nadwyżka czasu aniżeli nadrobienie opóźnienia.

Przykład:

$V_1 = 700 \text{ km/h}$ ,  $\Delta V = 300 \text{ km/h}$  czyli, że  $V_2$  może być równa 400 km/h lub 1000 km/h

$S_{\text{man}} = 100 \text{ km}$

$\Delta t$  w wypadku opóźnienia i zwiększenia prędkości lotu do  $V_2 = 100 \text{ km/h}$  wyniesie:

$$\Delta t = 100 \text{ km} \cdot \frac{300 \text{ km/h} \cdot 60}{700 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ km/h}} = \underline{2,57 \text{ min}}$$

natomiast  $\Delta t$  w wypadku wytraty nadwyżki czasu przy zmniejszeniu prędkości lotu do  $V_2 = 400 \text{ km/h}$ , wyniesie:

$$\Delta t = 100 \text{ km} \cdot \frac{300 \text{ km/h} \cdot 60}{700 \text{ km/h} \cdot 400 \text{ km/h}} = \underline{6,42 \text{ min}}$$

przy jednakowej  $\Delta V = 300 \text{ km/h}$  można wytracić 2,5 raza więcej czasu względnie nadrobić opóźnienie,

- z analizy wzoru /2/ wynika, że im większy jest nadmiar czasu lotu, tym większa musi być różnica prędkości na danym odcinku manewrowania,

- natomiast z analizy wzoru /3/ wynika, że im większa jest rezerwa prędkości, tym mniejszy jest odcinek drogi manewrowania prędkością lotu.

Przykład 1:

$V_1 = 600 \text{ km/h}$ ,  $V_2 = 900 \text{ km/h}$ ,  $\Delta t = 2 \text{ min}$ ,  $\Delta V_{\text{rez}} = 300 \text{ km/h}$

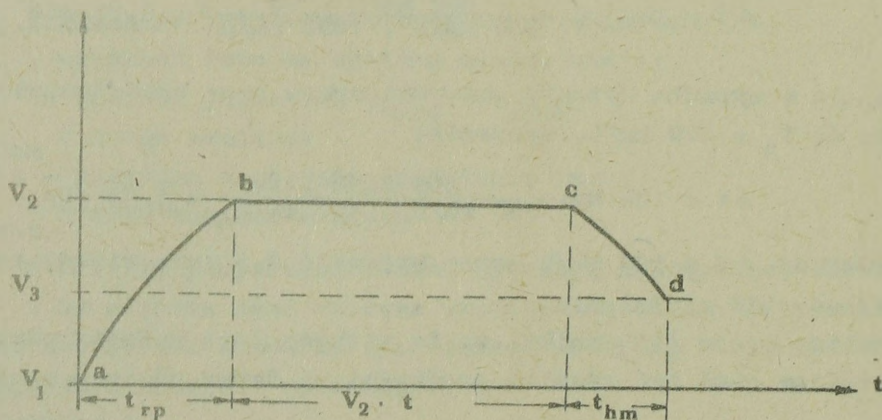
$$S_{\text{man}} = \frac{V_1 \cdot V_2}{\Delta V} \cdot \Delta t = \frac{600 \text{ km/h} \cdot 900 \text{ km/h}}{300 \text{ km/h}} \cdot \frac{2}{60} \text{ min} = 60 \text{ km}$$

Przykład 2:

$$V_1 = 600 \text{ km/h}, \Delta V_{\text{rez}} = 600 \text{ km/h}, V_2 = 1200 \text{ km/h}, \Delta t = 2 \text{ min}$$

$$S_{\text{man}} = \frac{600 \text{ km/h} \cdot 1200 \text{ km/h}}{600 \text{ km/h}} \cdot \frac{2 \text{ min}}{60} = 40 \text{ km}$$

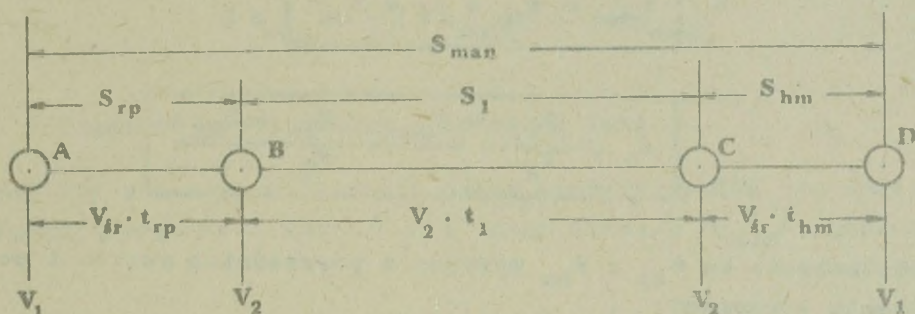
W powyższych rozważaniach manewru prędkością lotu w stosunku do obiektu nieruchomego nie uwzględniono wpływu czasu trwania zwiększania lub zmniejszania prędkości<sup>x/</sup>. Czasu rozpędzania i hamowania w zasadzie nie uwzględnia się w czasie manewru prędkością, przy bardzo małej rezerwie prędkości; na przykład, w lotnictwie transportowym lub łącznikowym. Natomiast na samolotach, które posiadają duży zakres prędkości, zmiana prędkości lotu odbywa się w ciągu określonego czasu i na odpowiedniej drodze, a nieuwzględnienie tego czasu rozpędzania i hamowania powoduje niedokładne kalkulacje nawigatorskie, ponieważ droga manewru samolotu z uwzględnieniem czasu rozpędzania i hamowania jest zawsze dłuższa, gdyż czas ten może dochodzić do 3-4 minut i więcej w stosunku do manewru bez uwzględnienia czasu rozpędzenia i hamowania.



Rys. 2. Diagram zmiany prędkości lotu

Na odcinku ab następuje zwiększenie prędkości na odcinku bc prędkość jest stała równa  $V_2$ , a na odcinku cd następuje zmniejszenie prędkości lotu do  $V_3$ . Z rysunku 2 widać, że prędkość lotu nie zmienia się skokowo lecz odbywa w ciągu określonego czasu i na określonej drodze, co powoduje zwiększenie ogólnej drogi manewrowania, która przedstawiona jest na rysunku 3.

<sup>x/</sup> Używany termin: czas rozpędzania i hamowania prędkości lotu.



Rys. 3. Droga manewru z uwzględnieniem czasu rozpędzenia i hamowania prędkości lotu

gdzie:

$S_{man}$  - droga przebyta przez samolot podczas manewru;

$S_{rp}$  - droga przebyta przez samolot w czasie rozpędzania prędkości lotu;

$S_{hm}$  - droga przebyta przez samolot w czasie wyhamowania prędkości lotu;

$S_1$  - droga przebyta przez samolot z prędkością  $V_2$ ;

$t_{rp}$  - czas rozpędzania prędkości lotu;

$t_{hm}$  - czas hamowania prędkości lotu;

$t_1$  - czas lotu samolotu z prędkością  $V_2$ ;

$V_1$  - prędkość lotu przed i po zakończeniu manewru;

$V_2$  - prędkość lotu na odcinku BC /rys. 3/;

$V_{sr}$  - prędkość średnia.

Powyższe elementy manewru można obliczyć według następujących wzorów:

$$V_{sr} = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad /5/$$

$$S_{rp} = V_{sr} \cdot t_{rp} \text{ lub } S_{rp} = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot t_{rp} \quad /6/$$

$$S_{hm} = \frac{V_2 + V_1}{2} \cdot t_{hm} \text{ lub } S_{hm} = V_{sr} \cdot t_{hm} \quad /7/$$

Całkowita droga manewru wyniesie:

$$S_{man} = S_{rp} + S_1 + S_{hm} \quad \text{gdzie: } S_1 = V_2 \cdot t_1 \quad /3/$$

Ogólny czas manewru wyniesie:

$$t_{\text{man}} = t_{\text{rp}} + t_1 + t_{\text{hm}} \quad /9/$$

gdzie:

$$t_1 = \frac{S_1}{V_2} = \frac{S_{\text{man}} - S_{\text{rp}} - S_{\text{hm}}}{V_2} \quad /10/$$

Po podstawieniu za  $S_{\text{rp}}$  i  $S_{\text{hm}}$  wyrażeń z poprzednich wzorów i po przekształceniu otrzymamy:

$$t_1 = \frac{S_{\text{man}}}{V_2} - \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \quad /11/$$

natomiast

$$t_{\text{man}} = \frac{S_{\text{man}}}{V_2} - \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} + t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}} = \frac{S_{\text{man}}}{V_2} + \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \cdot \frac{V_1}{V_2} - 1 + 2/$$

ostatecznie:

$$t_{\text{man}} = \frac{S_{\text{man}}}{V_2} + \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \cdot \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right) \quad /12/$$

Porównując otrzymany wzór na  $t_{\text{man}}$  /11/ z wzorem /4/ nasuwa się wniosek, że rozpędzanie i hamowanie prędkości lotu znacznie zwiększa ogólny czas trwania manewru prędkością lotu. Natomiast nieuwzględnienie czasu rozpędzania i hamowania powoduje powstanie błędu który wynosi:

$$\Delta t_{\text{rp/hm}} = \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \cdot \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right) \quad /13/$$

Przy czym maksymalny błąd wyjścia na cel przy nieuwzględnianiu czasu rozpędzania i hamowania podczas stosowania manewru prędkością lotu będzie wynosił:

$$\Delta t_{\text{maks}} = \Delta t_{\text{rp/hm}} + 36 t_{\text{man}} \quad /14/$$

gdzie:

$\Delta t_{\text{maks}}$  - maksymalny błąd wyjścia na cel w czasie;

$\Delta t_{\text{rp/hm}}$  - błąd spowodowany nieuwzględnieniem rozpędzania i hamowania prędkości lotu;

$\sigma_{t_{man}}$  - średni kwadratowy błąd czasu manewru obliczony za pomocą wzoru:

$$\sigma_{t_{man}} = \sqrt{/\sigma_{t_{man}}/_{v}^2 + /\sigma_{t_{man}}/_{s}^2}$$

### 1.1.1. Dokładność manewrowania prędkością lotu

Z analizy wzoru na obliczenie czasu manewru wynika, że czas manewru jest funkcją prędkości lotu  $/v_2/$  i drogi manewru  $/s_{man}/$ , gdzie:

$$t_{man} = f /v_2, s_{man}/$$

Wykorzystując wzory teorii błędów, można napisać, że:

$$\sigma_{t_{man}} = \sqrt{/\sigma_{t_{man}}/_{v}^2 + /\sigma_{t_{man}}/_{s}^2} \quad /15/$$

gdzie:

$\sigma_{t_{man}}$  - średni kwadratowy błąd czasu manewru;

$/\sigma_{t_{man}}/_{v}$  - średni kwadratowy błąd czasu manewru powstały na skutek błędu w utrzymaniu nakazanej prędkości lotu na drodze manewru;

$/\sigma_{t_{man}}/_{s}$  - średni kwadratowy błąd czasu manewru powstały na skutek błędu w określeniu długości drogi manewru  $/s_{man}/$ ;

$\sigma_{t_{man}}_{v}$  -  $\sigma_{t_{man}}_{s}$  są błędami składowymi i wyrażone przez cząstkowe pochodne wzoru /4/ względem  $v_2$  i  $s_{man}$  i pomnożone w pierwszym wypadku przez średni kwadratowy błąd w utrzymaniu nakazanej prędkości lotu  $/\sigma_{v_2}/$ , a w drugim wypadku przez średni kwadratowy błąd określenia odległości drogi manewru  $/\sigma_{s_{man}}/$ .

Powyższe błędy określa się według następujących wzorów, a mianowicie:

$$/\sigma_{t_{man}}/_{v} = \frac{s_{man}}{v_2} \cdot \sigma_{v_2}$$

$$/\sigma_{t_{man}}/_{s} = \frac{\sigma_{s_{man}}}{v_2}$$

Jeżeli do wzoru /15/ zamiast  $\sigma_{t_{man}}_{v,s}$  podstawimy powyższe wyrażenia to otrzymamy wzór:

$$\sigma_{t_{man}} = \sqrt{/\frac{s_{man}}{v_2} \cdot \sigma_{v_2}/^2 + / \frac{\sigma_{s_{man}}}{v_2} /^2} \quad /16/$$

gdzie:

$$\sigma S_{\text{man}} = \sqrt{\sigma S_{\text{pom}}^2 + \sigma S_{\text{ps}}^2}$$

w którym:

$\sigma S_{\text{pom}}$  - średni kwadratowy błąd pomiaru odległości na mapie, który w zależności od skali mapy i linijki do pomiaru wyskalowanej co 1 mm, wyniesie dla mapy w skali 1: 200 000,  $\sigma S_{\text{pom}} = 0,12$  km, a w skali 1: 500 000  $\sigma S_{\text{pom}} = 0,29$  km;

$\sigma S_{\text{ps}}$  - średni kwadratowy błąd określenia pozycji samolotu;

$$\sigma V_2 = \sqrt{\sigma V_{\text{pil}}^2 + \sigma V_{\text{prz}}^2}$$

w którym:

$\sigma V_{\text{pil}}$  - średni kwadratowy błąd niewytrzymania prędkości lotu przez pilota, który oblicza się  $\frac{\Delta V}{\sqrt{3}}$  np.:  $\sigma V_{\text{pil}} = \frac{10 \text{ km/h}}{\sqrt{3}} = \frac{10 \text{ km/h}}{1,73} = 5,8 \text{ km/h}$ ;

$\sigma V_{\text{prz}}$  - średni kwadratowy błąd prędkościomierza, który określony według wzoru:  $\sigma V_{\text{prz}} = 0,01/0,7 V + 5H^2/$ , przy czym prędkość lotu w km/h, a wysokość w km.

Ze wzorów na obliczenie średniego kwadratowego błędu manewru prędkością lotu w czasie /np.  $\sigma t_{\text{man}}$ / w stosunku do obiektu nieruchomego do praktycznej działalności wynikają wnioski:

a/ Dokładność manewru prędkością lotu samolotu zależy od drogi manewru, im mniejsza jest droga manewru, tym dokładniej można wykonać manewr. A więc manewr prędkością lotu samolotu należy wykonywać, kilkakrotnie na krótkich odcinkach drogi.

b/ Wytracenie lub nadrobienie nadwyżki czasu będzie tym dokładniejsze im większa będzie prędkość lotu na danym odcinku manewrowania.

c/ Na tym samym odcinku manewrowania, wytracenie nadwyżki czasu wykonamy z mniejszą dokładnością aniżeli nadrobienie opóźnienia /prędkość na odcinku manewrowania występuje w mianowniku/.

d/ Dokładność wykonania manewru będzie tym większa, im bardziej dokładnie utrzymuje się prędkość lotu samolotu i długość odcinka manewrowania.

Przykład:

Obliczyć z jaką dokładnością wyjdzie grupa samolotów na cel naziemny, jeżeli w czasie zmiany prędkości lotu nie uwzględni czas rozpędzania i hamowania, mając dane:  $S_{\text{man}} = 100$  km,  $V_1 = 600$  km/h,  $H = 8000$  m,

$\sigma S_{\text{ps}} = 2$  km,  $\sigma S_{\text{pom}} = 0,5$  km, pozostały czas lotu 8 min,  $V_2 = 750$  km/h,  $t_{\text{rp}} = 1$  min 50 s,  $t_{\text{hm}} = 1$  min 50 s.

Rozwiązanie:

1. Obliczyć  $V_2$  dla pozostałego czasu lotu na odcinku manewrowania o długości  $S_{\text{man}}$ :

$$V_2 = \frac{S_{\text{man}}}{t_{\text{poz}}} = \frac{100 \text{ km}}{8 \text{ min}} = 12,5 \text{ km/min} = 750 \text{ km/h}$$

2. Obliczyć błąd powstały na skutek nieuwzględnienia czasu rozpędzenia i hamowania:

$$\Delta t_{\text{rp/hm}} = \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} / 1 - \frac{V_1}{V_2} = \frac{1 \text{ min } 50 \text{ s} + 1 \text{ min } 50 \text{ s}}{2} / 1 - \frac{600 \text{ km/h}}{750 \text{ km/h}} = 22 \text{ s}$$

3. Obliczyć średni kwadratowy błąd czasu manewru, który na podstawie wzoru /16/ wyniesie:

$$\sigma_{t_{\text{man}}} = \sqrt{\left| \frac{\sigma_{S_{\text{man}}}}{V_2} \right|^2 + \left| \frac{S_{\text{man}}}{V_2} \cdot \sigma_V \right|^2}$$

gdzie:

$$\sigma_{S_{\text{man}}} = \sqrt{\sigma_{S_{\text{pom}}}^2 + \sigma_{S_{\text{ps}}}^2} = \sqrt{0,5^2 + 2^2} = 2,06 \text{ km}$$

$$\sigma_V = 0,01 / 0,7V + 5H^2 / = 0,01 / 0,7 \cdot 750 + 5 \cdot 8^2 / = 8,45 \text{ km/h}$$

Podstawiając dane do wzoru na obliczenie  $\sigma_{t_{\text{man}}}$  otrzymamy:

$$\sigma_{t_{\text{man}}} \sqrt{\left| \frac{2,06}{750} \right|^2 + \left| \frac{100}{750} \cdot 8,45 \right|^2} \cdot 3600 = \frac{3600}{750} \sqrt{2,06^2 + 0,06^2} \approx 10 \text{ s}$$

4. Obliczyć maksymalny błąd wyjścia na cel

$$\Delta t_{\text{maks}} = \Delta t_{\text{rp/hm}} + 3\sigma_{t_{\text{man}}} = 22 \text{ s} + 3 \cdot 10 \text{ s} = 52 \text{ s}$$

Maksymalny błąd wyjścia na cel naziemny w danej sytuacji będzie wynosił 52 s.

W praktyce, jeśli zamierzamy zmianą prędkości lotu nadrobić opóźnienie lub wytracić nadwyżkę czasu, należy obliczyć najmniejszą odległość drogi manewru mierząc od obiektu dla wykonania przewidywanego manewru. Odległość tę obliczamy przy pomocy wzoru /3/, ale zamiast prędkości  $V_2$  do wzoru podstawiamy wartość prędkości maksymalnej dla danej grupy lub pojedynczego samolotu. Natomiast  $\Delta V$  będzie rezerwą prędkości w stosunku do prędkości z którą wykonujemy lot. Wówczas wzór ten przyjmie postać:

$$S_{\text{man}_{\text{min}}} = \frac{V_1 \cdot V_{\text{maks}}}{\Delta V} \cdot \Delta t$$

/17/

Następnie na mapie w odległości równej obliczonej mierząc od celu określamy kontrolny obiekt. Przez ten obiekt prostopadle wykreślamy tabelkę możliwych czasów przybycia na dany obiekt, uwzględniając przy tym opóźnienie lub za wczesne przybycie. Czasy te wypisujemy co 0,5 min lub co 1 min. Poniżej tych możliwych czasów wpisujemy odpowiednie prędkości lotu, zapewniające wyjście na cel w nakazanym czasie. Podczas lotu, zbliżając się do kontrolnego obiektu, określamy czas jego przeletu i prędkość, jaką należy utrzymywać, aby wyjść na dany obiekt w nakazanym czasie.

Przykład:

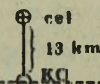
Obliczyć i wykonać tabelę dla następujących warunków:

- nakazany czas wyjścia na cel naziemny 5.00;
- przewidywany czas opóźnienia lub nadwyżki wynosi 3 min;
- warunki lotu:  $V_1 = 720 \text{ km/h}$ ,  $V_{\text{maks}} = 1050 \text{ km/h}$ ,  $V_{\text{min}} = 600 \text{ km/h}$ .

Rozwiązanie:

$$S_{\text{man}_{\text{min}}} = \frac{V_1 \cdot V_{\text{maks}}}{\Delta V} \cdot \Delta t = \frac{720 \text{ km/h} \cdot 1050 \text{ km/h}}{330 \text{ km/h} \cdot 60} \cdot 3 \text{ min} = 113 \text{ km}$$

Najmniejsza odległość, umożliwiającą wytracenie nadwyżki czasu lub opóźnienie wielkości 3 min, metodą zmiany prędkości lotu - wynosi w danej sytuacji 113 km. Na tej odległości mierząc od celu na trasie wybieramy kontrolny obiekt KO i robimy tabelę w następujący sposób: obliczamy, w jakim czasie powinien być samolot /grupa/ nad KO, ażeby w nakazanym czasie był nad celem, przy locie z prędkością 720 km/h. Ponieważ odległość do celu wynosi 113 km, a dla jej przebycia z prędkością 720 km/h potrzeba 9 min 25 s, to na KO powinien samolot /grupa/ przybyć o 4 godz. 50 min 35 s. Czas ten i prędkość wpisujemy w środkową rubrykę tabeli. W dalszej kolejności z prawej strony wpisujemy późniejsze czasy przybycia, a z lewej wcześniejsze w odstępach 0,5 min. Pod każdym czasem wpisujemy prędkość lotu, jaką należy utrzymywać, aby w nakazanym czasie przybyć nad cel i rozpocząć jego zwalozanie.



t	4.48.00	4.48.30	4.49.00	4.49.30	4.50.00	4.50.35	4.51.00	4.51.30	4.52.00	4.52.30	4.53.00
v	560	580	608	640	675	720	750	790	840	890	960

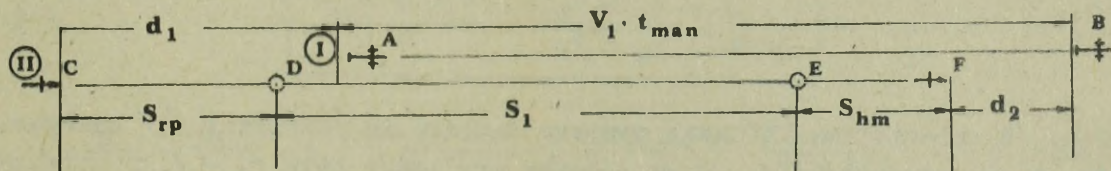
Rys. 4. Tabela czasów przybycia nad KO i prędkości lotu dla wyjścia nad cel w nakazanym czasie

Tabelą posługujemy się w następujący sposób: po przybyciu nad KO odczytujemy czas i porównujemy go z czasem w tabeli, tak aby był najbardziej zbliżony lub równy, pod tym czasem odczytujemy w tabeli prędkość jaką należy przyjąć aby wyjść nad cel w nakazanym czasie.

## 1.2. Manewrowanie prędkością lotu w stosunku do obiektu ruchomego

Manewr prędkością lotu w stosunku do obiektu ruchomego występuje podczas: przechwytywania celów powietrznych, zwierania lub rozluźniania ugrupowań samolotów, a także formowania i rozformowania ugrupowań bojowych po starcie i przed lądowaniem samolotów. Manewr prędkością lotu względem ruchomego obiektu jest powszechnie stosowany przy wykonywaniu sbiórek samolotów sposobem dopędzania na trasie lotu do celu ze względu na jego prostotę i łatwość wykonania. Elementy manewru są takie same jak podczas manewru względem obiektu nieruchomego, a ponadto dodatkowo występuje element odległości początkowej i końcowej przed i po zakończeniu manewru.

Manewr ten można przedstawić na przykładzie myśliwca i celu powietrznego wykonujących lot z kursami zgodnymi przy czym cel wykonuje lot z prędkością stałą, a myśliwiec dopędza go z prędkością większą od prędkości celu z założeniem, odpowiedniej odległości początkowej pomiędzy celem, a myśliwcem.



Rys.5. Manewr prędkością lotu w stosunku do obiektu ruchomego

Z rys. 5 wynika, że samoloty w punkcie A i C posiadają jednakową prędkość  $V_1$ . Samolot /cel/ lecący po trasie I wykonuje lot z prędkością stałą  $V_1$ , natomiast samolot /myśliwiec/ lecący po trasie II w celu zmniejszenia odległości pomiędzy nimi z  $d_1$  na  $d_2$ , zwiększa prędkość z  $V_1$  do  $V_2$ , od punktu D do punktu E wykonuje lot z prędkością  $V_2$ , a następnie zmniejsza ją do prędkości  $V_1$  dla utrzymania nakazanej odległości  $d_2$ . W istocie tego manewru nastąpiło zbliżenie się myśliwca do celu na odległość użycia środka ratenia. Czas trwania takiego manewru i drogę oblicza się według następujących wzorów, co wynika z rys.5, że:

$$d_1 + v_1 \cdot t_{\text{man}} = S_{\text{rp}} + S_1 + S_{\text{hm}} + d_2$$

gdzie:

$$S_{\text{rp}} + S_{\text{hm}} = \frac{v_2 + v_1}{2} \cdot \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2}$$

$$S_1 = v_2 \cdot \frac{t_{\text{man}} - t_{\text{rp}} - t_{\text{hm}}}{2}$$

wobec tego:

$$d_1 + v_1 \cdot t_{\text{man}} = \frac{v_2 + v_1}{2} \cdot \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} + v_2 \cdot \frac{t_{\text{man}} - t_{\text{rp}} - t_{\text{hm}}}{2} + d_2$$

przenosząc wyrażenie  $v_2 \cdot t_{\text{man}}$  na lewą stronę równania oraz przemnożenie przez  $-1/$  otrzymamy:

$$t_{\text{man}} \frac{v_2 - v_1}{2} = d_1 - d_2 - \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \frac{v_1 + v_2}{2} + v_2 \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2}$$

względnie dalej:

$$t_{\text{man}} \frac{v_2 - v_1}{2} = d_1 - d_2 + \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \frac{-v_1 - v_2 + 2v_2}{2}$$

$$t_{\text{man}} \frac{v_2 - v_1}{2} = d_1 - d_2 + \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \frac{v_2 - v_1}{2}$$

ostatecznie:

$$t_{\text{man}} = \frac{d_1 - d_2}{v_2 - v_1} + \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \quad /18/$$

Wzór 18 określa czas trwania manewru dopędzania /zwierania/ z odległości  $d_1$  do odległości  $d_2$ , przy różnicy prędkości lotu  $v_2 - v_1$  z uwzględnieniem czasu rozpędzania i hamowania.

Natomiast drogę manewru /drogę dopędzania lub zwierania/ w stosunku do obiektu ruchomego /celu/, znajdującego się w przodzie /patrz rys.5 trasa I/ obliczamy według wzoru:

$$S_{\text{man}} = v_1 \cdot t_{\text{man}} \quad /19/$$

W sytuacji potrzeby rozluźnienia ugrupowania bojowego podczas wykonywania atakowania celu lub wykonania manewru do lądowania pojedynczymi samolotami następuje manewr odwrotny do zwierania czyli samolot ma-

nawracający przechodzi do przodu ewentualnie pozostaje w tyle aby uzyskać żądaną odległość  $d_2$ . W celu określenia czasu trwania takiego manewru posługujemy się wzorem:

$$t_{\text{man}} = \frac{d_1 + d_2}{v_2 - v_1} + \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \quad /20/$$

Po przeanalizowaniu powyższych wzorów wynikają wnioski:

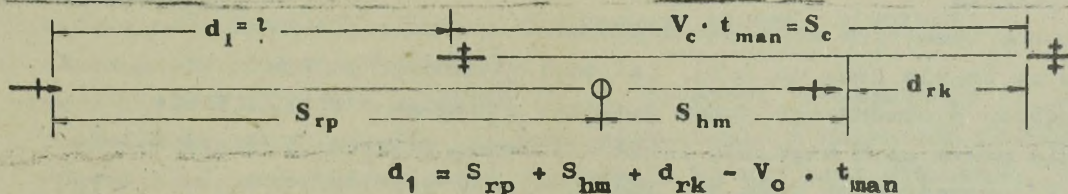
1. Podczas zwierania lub rozluźniania czas wykonania manewru nie zależy od kierunku i prędkości wiatru, czyli wiatr nie ma wpływu na czas manewrowania prędkością lotu samolotu;

2. Droga manewrowania będzie mniejsza przy większej różnicy prędkości lotu, czyli czym większa  $\Delta V$ , tym  $S_{\text{man}}$  będzie mniejsza.

Przykład:

Określić odległość początkową  $d_1$  pomiędzy samolotem myśliwskim, a celem powietrznym jeżeli:  $v_o = 700 \text{ km/h}$ ,  $v_{m_p} = 800 \text{ km/h}$  /prędkość początkowa/,  $v_{m_{\text{maks}}} = 1200 \text{ km/h}$ ,  $v_{m_a} = 850 \text{ km/h}$  /prędkość myśliwca do ataku/,  $t_{\text{rp}} = 60 \text{ s}$ ,  $t_{\text{hm}} = 30 \text{ s}$ , odległość odpalenia rakiety  $d_{\text{rk}} = 2 \text{ km} = d_2$ .

Rozwiązanie:



gdzie:

$$S_{\text{rp}} = \frac{v_{m_p} + v_{m_{\text{maks}}}}{2} \cdot t_{\text{rp}} = \frac{800 \text{ km/h} + 1200 \text{ km/h}}{2} \cdot \frac{60 \text{ s}}{3600 \text{ s/h}} \approx 16,7 \text{ km}$$

$$S_{\text{hm}} = \frac{v_{m_{\text{maks}}} + v_{m_a}}{2} \cdot t_{\text{hm}} = \frac{1200 \text{ km/h} + 850 \text{ km/h}}{2} \cdot \frac{30 \text{ s}}{3600 \text{ s/h}} \approx 8,54 \text{ km}$$

$$t_{\text{man}} = t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}} \text{ to } S_o = v_o / t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}} = 196 \text{ m/s} / 60\text{s} + 30\text{s} = 17,5 \text{ km}$$

$$d_1 = 16,7 \text{ km} + 8,54 \text{ km} + 2 \text{ km} - 17,5 \text{ km} \approx 9,74 \text{ km}$$

Wniosek: Aby myśliwiec w zaistniałej sytuacji w najkrótszym czasie zbliżył się do celu powietrznego na odległość odpalenia rakiety

$d_{rk} = 2 \text{ km/}$ , odległość początkowa pomiędzy myśliwcem a celem nie może być większa niż droga rozpędzania i hamowania prędkości lotu myśliwca.

### 1.3. Formowanie ugrupowań bojowych samolotów z wykorzystaniem manewru prędkością lotu

Manewrowanie prędkością lotu bardzo często wykorzystywane jest do formowania ugrupowań bojowych w celu wykonania zadania w składzie wielu samolotów. Z zasady tego rodzaju formowanie ugrupowań odbywa się poprzez zbiórki poszczególnych grup samolotów na trasie lotu do celu sposobem dopędzania. Natomiast celowość stosowania tego sposobu zależy od możliwości zmiany prędkości lotów samolotów, od parametrów ugrupowania bojowego, składu samolotów w ugrupowaniu, a także od sytuacji taktyczno-nawigacyjnej.

#### 1.3.1. Zbiórka samolotów sposobem dopędzania

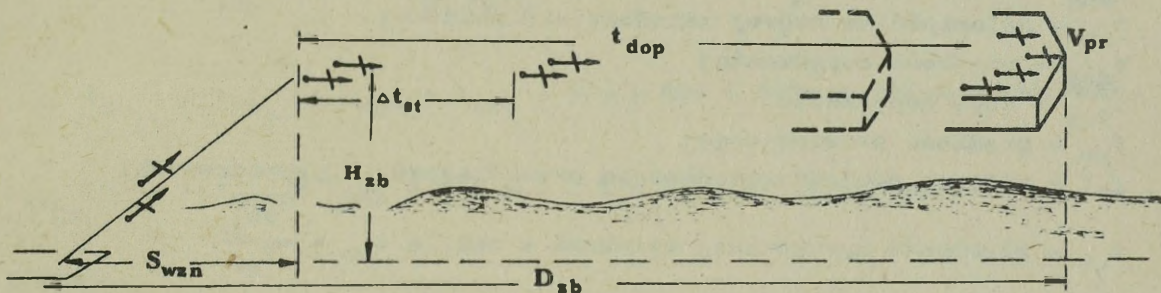
Zbiórką nazywamy manewr samolotów lub grup w celu sformowania ugrupowania bojowego /defiladowego/ do wykonania wspólnie postawionego zadania.

Zbiórkę samolotów sposobem dopędzania wykonuje się na kursie startu lub na trasie lotu do celu. Istota tej zbiórki polega na dopędzaniu samolotu prowadzącego przez samoloty prowadzone w rezultacie utrzymania przez nich większej prędkości lotu. Nadwyżka prędkości lotu  $\Delta V$  prowadzonych może być jednakowa dla wszystkich dopędzających względem prowadzącego lub poprzednika albo dla każdego dopędzającego różna /na przykład: prowadzący wykonuje lot w czasie zbiórki z  $V=600 \text{ km/h}$  a dopędzający "prowadzeni" z jednakową  $V = 800 \text{ km/h}$ , względnie będą posiadać w czasie dopędzania każdy prędkość różną:  $V = 700, 800, 900 \text{ km/h}$ .

W pierwszym przypadku dołączanie do prowadzącego, prowadzonych następować będzie kolejno w równych odstępach czasowych jakie utrzymane były podczas startu pomiędzy poszczególnymi samolotami.

W drugim przypadku wszyscy prowadzeni dołączają do prowadzącego jednocześnie.

Pierwszy sposób stwarza warunki do większego bezpieczeństwa w czasie dołączania do prowadzącego, gdyż kolejno dołączające samoloty będą napotykać przed sobą już zebrane samoloty. Drugi sposób dołączania do prowadzącego jest mniej bezpieczny i trudniejszy do wykonania ze względu na jednoczesne dołączanie pozostałych prowadzonych.



Rys.6. Zbiórka sposobem dopędzania

Zbiórka jest zakończona, gdy ostatni samolot /para, klucz/ zajmie swoje miejsce w ugrupowaniu. Po wykonaniu zbiórki prowadzący ustala warunki lotu na trasie do celu.

Przed przystąpieniem do obliczenia czasu trwania i odległości na której zostanie zakończona zbiórka samolotów należy ustalić:

- liczbę samolotów /n/;
- rodzaj ugrupowania bojowego po wykonaniu zbiórki: odstępu i odległości w ugrupowaniu;
- sposób wykonania startu: pojedynco, parami, kluczami;
- odstęp czasowy startu / $\Delta t_{st}$ /;
- warunki zbiórki: wysokość / $H_{zb}$ /, prędkość prowadzącego / $V_{pr}$ /, prędkość prowadzonych / $V_{dop}$ /, czas rozpędzania i hamowania prędkości / $t_{rp}$  i  $t_{hm}$ / oraz drogę i czas wznoszenia na wysokość wykonania zbiórki / $S_{wzn}$ ,  $t_{wzn}$ /.

Obliczenie poszczególnych elementów zbiórki wykonuje się według następujących wzorów:

$$t_{zb} = t_{st_{gr}} + t_{wzn} + t_{dop} \quad /21/$$

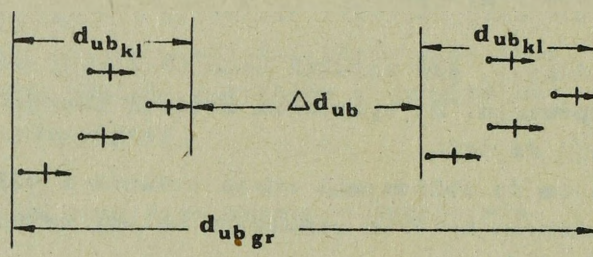
$$D_{zb} = V_{dop} \cdot t_{dop} + S_{wzn} \quad /22/$$

$$t_{dop} = \frac{V_{pr} / t_{st_{gr}} - t_{ub}}{\Delta V} + \frac{t_{rp} + t_{hm}}{2} \quad /23/$$

gdzie:

- $t_{zb}$  - czas trwania zbiórki samolotów;
- $t_{st_{gr}}$  - czas startu grupy / $t_{st_{gr}} = \Delta t_{st} / n - 1$ /;

$t_{wzn}$  - czas wznoszenia po starcie na wysokość zbiórki;  
 $S_{wzn}$  - droga wznoszenia;  
 $D_{zb}$  - odległość na której zakończy się zbiórka;  
 $V_{dop}$  - prędkość dopędzania;  
 $t_{dop}$  - czas dopędzania;  
 $V_{pr}$  - prędkość prowadzącego;  
 $\Delta V$  - różnica pomiędzy prędkością prowadzącego, a prowadzonych;  
 $t_{ub}$  - głębokość ugrupowania wyrażona w czasie  $t_{ub} = \frac{d_{ub_{gr}}}{V_{pr}}$



Rys. 7. Długość ugrupowania bojowego

$$d_{ub_{gr}} = n_{kl} \cdot d_{ub_{kl}} + \Delta d_{ub} / n_{kl} - 1/$$

**Przykład:**

Obliczyć czas i długość rejonu zbiórki samolotów sposobem dopędzania na trasie lotu, dwóch kluczy samolotów  $/n = 8/$ , jeżeli ugrupowanie bojowe ma być: kolumna kluczy, klucze w odległości 3000 m  $/d_{ub} = 3000 \text{ m}/$ , w ugrupowaniu klin samolotów  $/d_{ub_{kl}} = 250 \text{ m}/$ .

Warunki zbiórki: start parami  $\Delta t_{st} = 20 \text{ s}$ ,  $V_{pr} = 600 \text{ km/h}$ ,  $V_n = 800 \text{ km/h}$   
 $t_{rp} = 30 \text{ s}$ ,  $t_{hm} = 20 \text{ s}$ ,  $t_{wzn} = 60 \text{ s}$ ,  $S_{wzn} = 7 \text{ km}$ ,  $H_{zb} = 300 \text{ m}$ .

**Rozwiązanie:**

$$t_{st_{gr}} = \Delta t_{st} / n - 1/ = 20 \text{ s} / 4 - 1/ = 60 \text{ s}$$

gdzie:

$n =$  ilość par /startujących/;

$$t_{ub} = \frac{d_{ub_{gr}}}{V_{pr}} = \frac{2 \cdot 250 \text{ m} + 3000 \text{ m} / 2 - 1/}{167 \text{ m/s}} = 21 \text{ s}$$

$$t_{\text{dop}} = \frac{600 \text{ km/h} / 60 \text{ s} - 21 \text{ s}}{200 \text{ km/h}} + \frac{30 \text{ s} + 20 \text{ s}}{2} = 142 \text{ s}$$

$$t_{\text{zb}_{\text{gr}}} = t_{\text{st}_{\text{gr}}} + t_{\text{wzn}} + t_{\text{dop}} = 60 \text{ s} + 60 \text{ s} + 142 \text{ s} = 262 \text{ s} = 4 \text{ min. } 22 \text{ s}$$

$$D_{\text{zb}_{\text{gr}}} = V_n \cdot t_{\text{dop}} + S_{\text{wzn}} = 222 \text{ m/s} \cdot 142 \text{ s} + 7000 \text{ m} = 38,5 \text{ km}$$

gdzie:

$V_n$  = prędkość dopędzających

Wniosek: czas trwania zbiórki wynosi 4 min. 22 s, a zakończona zostanie na 38,5 km od lotniska na trasie lotu do celu.

Za pomocą wzoru /23/ obliczamy czas dopędzania samolotów podczas zbiórki przy luźnym ugrupowaniu bojowym, czyli wówczas kiedy odległości pomiędzy poszczególnymi /kluczami/ grupami są duże. Natomiast w ugrupowaniu zwartym, kiedy pomiędzy /parami, kluczami/ odległości są małe 0,5 - 1 km, obliczenie zbiórki można wykonać z pominięciem / $d_{\text{ub}_{\text{gr}}}$ /. W takiej sytuacji czas dopędzania będzie można obliczyć według wzoru jak dla formowania ugrupowań zwartych, a mianowicie:

$$t_{\text{dop}} = \frac{v_{\text{pr.}} / n - 1 / \Delta t_{\text{st}}}{\Delta v} + \frac{t_{\text{rp}} + t_{\text{hm}}}{2} \quad /24/$$

W praktyce w różnych sytuacjach taktyczno-nawigacyjnych może zaistnieć konieczność zakończenia formowania ugrupowania bojowego samolotów na przykład: przed rubieżą styczności bojowej wojsk, rubieżą wykrycia przez stacje radiolokacyjne nieprzyjaciela, wyjściowym punktem trasy itp. Dla zakończenia zbiórki przed nakazaną rubieżą, określa się potrzebną prędkość dopędzania, dla jakiejś stałej wartości czasu dopędzania:

$$t_{\text{dop}} = \frac{D_{\text{rub}}}{v_{\text{pr}}} \quad /25/$$

gdzie:

$D_{\text{rub}}$  - odległość od lotniska do nakazanej rubieży zakończenia zbiórki.

Biorąc za podstawę wzór /24/, określamy prędkość dopędzania  $V_n$  lub potrzebną różnicę pomiędzy prędkością dopędzenia, a prowadzącego  $\Delta v$ :

$$\Delta V = \frac{V_{pr} / n - 1 // \Delta t_{st} - \Delta t_{ub}}{t_{dop}}$$

/26/

We wzorze powyższym pomijamy  $t_{rp}$  i  $t_{hm}$ , ponieważ nie znamy wartości prędkości dopędzających, natomiast prędkość dopędzania  $V_{II}$  ostatniego samolotu w grupie będzie większa od prędkości prowadzącego o wielkość  $\Delta V$ :

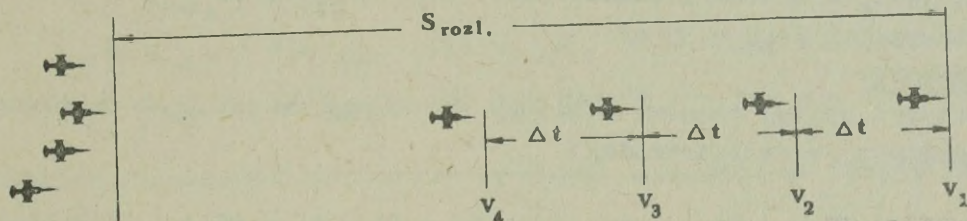
$$V_{II} = V_I + \Delta V$$

Zbiórka samolotów sposobem dopędzania na trasie lotu do celu ma szerokie zastosowanie w LMB i LM. Zasadniczą zaletą zbiórki tym sposobem jest to, że samoloty wykonują lot po trasie do celu, co daje znaczny zysk w oszczędności paliwa i jednocześnie wydłuża taktyczny promień działania dla danej grupy samolotów, jednocześnie skracając się czas lotu do celu, o czas trwania zbiórki innym sposobem. Mankamentem tego sposobu zbiórki, jest konieczność posiadania dużego zakresu prędkości lotu  $\Delta V$ . Wobec powyższego dla samolotów o małej prędkości lotu i nie dysponujących dostatecznym zakresem zmiany prędkości lotu ten sposób zbiórki jest mało przydatny. Dotyczy to z reguły samolotów transportowych i łącznikowych. Następnym mankamentem przy tym sposobie zbiórki jest niekiedy bardzo długa droga formowania ugrupowania, a zwłaszcza przy małej  $\Delta V$  i dużej ilości uczestniczących w zbiórce samolotów.

### 1.3.2. Rozluźnianie /rozpuszczenie/ ugrupowań bojowych samolotów za pomocą manewru prędkością lotu

Rozluźnianie ugrupowań bojowych ma zastosowanie podczas wykonywania podejścia do lądowania lub atakowania celu pojedynczymi samolotami. Rozpuszczenie grupy samolotów na trasie przez rozluźnienie stosuje się głównie w locie na lotnisko kiedy kurs lądowania jest w przybliżeniu zgodny z kierunkiem przylotu samolotów. Warunkiem zastosowania powyższego manewru na trasie lotu jest posiadanie przez samoloty stosunkowo dużego zakresu prędkości.

Obliczając rozpuszczenie grupy samolotów za pomocą manewru prędkością, określa się rubież początku zmniejszenia prędkości lotu dla kolejnych samolotów /par, kluczy/ dla zapewnienia uzyskania nakazanych odstępów czasowych /odległości/ pomiędzy tymi samolotami po zakończeniu manewru. Kolejność obliczeń może być następująca:



Rys.8. Rozluźnianie klucza samolotów na trasie lotu za pomocą manewru prędkością

1. Obliczenie odstępu czasowego pomiędzy pierwszym a ostatnim samolotem /parze, kluczu/ w grupie, przy ustalonym odstępie czasowym pomiędzy poszczególnymi samolotami /parami, kluczami/.

$$\Delta t_{gr} = t_{man} = \Delta t / n - 1/$$

/27/

2. Obliczamy czas rozluźniania za pomocą wzoru:

$$t_{rozl} = \frac{v_{ost} \cdot \Delta t_{gr}}{\Delta v} + \frac{t_{hm}}{2}$$

/28/

3. Obliczamy drogę rozluźniania /odległość/:

$$S_{rozl} = v_{pr} \cdot t_{rozl}$$

/29/

gdzie:

$\Delta t$  - odstęp czasowy pomiędzy samolotami;

$n$  - ilość samolotów;

$\Delta t_{gr}$  - odstęp czasowy pomiędzy pierwszym a ostatnim samolotem w grupie;

$v_{ost}$  - prędkość ostatniego samolotu w grupie w czasie manewru;

$\Delta v$  - różnica prędkości podczas manewru;

$t_{hm}$  - czas hamowania prędkości lotu;

$v_{pr}$  - prędkość prowadzącego.

Przykład: Obliczyć czas i drogę rozpuszczenia klucza samolotów na trasie lotu przed lądowaniem, jeżeli lądowanie ma być wykonane pojedynczo co 30 s, a zakres prędkości lotu może wynosić od 500 + 800 km/h, czas hamowania  $t_{hm} = 30$  s/.

Rozwiązanie:

1. Obliczyć odstęp czasowy pomiędzy pierwszym a ostatnim samolotem lądującym /czas lądowania/:

$$t_{\text{ład}} = \Delta t_{\text{ład}} / n - 1/ = 30 \text{ s} / 4 - 1/ = 90 \text{ s}$$

2. Obliczyć czas rozluźniania:

$$t_{\text{rozł}} = \frac{V_{\text{ost}} \cdot t_{\text{ład}}}{\Delta V} + \frac{t_{\text{hm}}}{2} = \frac{139 \text{ m/s} \cdot 90 \text{ s}}{83 \text{ m/s}} + \frac{30 \text{ s}}{2} = 164 \text{ s}$$

gdzie:

$$V_{\text{ost}} = 500 \text{ km/h} = 139 \text{ m/s}$$

$$\Delta V = 300 \text{ km/h} = 83 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{hm}} = 30 \text{ s}$$

3. Obliczyć drogę rozluźniania:

$$S_{\text{rozł}} = V_{\text{pr}} \cdot t_{\text{rozł}} = 222 \text{ m/s} \cdot 164 \text{ s} = 36,4 \text{ km}$$

gdzie:

$$V_{\text{pr}} = 800 \text{ km/h} = 222 \text{ m/s}$$

Wnioski:

- odstęp czasowy pomiędzy samolotem prowadzącym a ostatnim w kluczu wynoszącym 90 s, przy różnicy pomiędzy tymi samolotami prędkości lotu równej 300 km/h, można osiągnąć w ciągu 164 s czyli 2 min 44 s, co odpowiada drodze rozluźniania równej 36,4 km;

- początek rozluźniania przed lotniskiem może być określony wzrokowo według obiektów orientacyjnych względnie za pomocą środków radiotechnicznych /radiolokacyjnie, RSHN/, najczęściej przez nawigatora RSL z ziemi.

4. Obliczenie czasów lotu poszczególnych prowadzonych na drodze rozluźniania: znając czas lotu prowadzącego na etapie rozluźniania /2 min 44 s/, obliczamy czasy prowadzonych przez dodanie do czasu prowadzącego  $t_{\text{rozł}}$  odstępów czasowych  $\Delta t_{\text{ład}}$  na przykład:

$$t_{pr} = t_{rozl} = 164 \text{ s} = 2 \text{ min. } 44 \text{ s}$$

$$t_2 = t_{rozl} + \Delta t_{lad} = 164 \text{ s} + 30 \text{ s} = 194 \text{ s} = 3 \text{ min. } 14 \text{ s}$$

$$t_3 = t_{rozl} + 2\Delta t_{lad} = 164 \text{ s} + 2 \cdot 30 \text{ s} = 224 \text{ s} = 3 \text{ min. } 44 \text{ s}$$

$$t_4 = t_{rozl} + 3\Delta t_{lad} = 164 \text{ s} + 3 \cdot 30 \text{ s} = 254 \text{ s} = 4 \text{ min. } 14 \text{ s}$$

5. Obliczenie prędkości lotu poszczególnych samolotów na etapie rozluźniania:

$$v_{pr} = 800 \text{ km/h} = 222 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{s_{rozl}}{t_2} = \frac{36400 \text{ m}}{194 \text{ s}} = 188 \text{ m/s} = 680 \text{ km/h}$$

$$v_3 = \frac{36400 \text{ m}}{224 \text{ s}} = 162 \text{ m/s} = 585 \text{ km/h}$$

$$v_4 = \frac{36400 \text{ m}}{254 \text{ s}} = 144 \text{ m/s} = 520 \text{ km/h}$$

**Wniosek:**

Jeżeli od rubieży początku rozluźniania samoloty będą utrzymywać obliczone prędkości lotu, to podchodząc do lotniska lądowania na od-cinku 36 400 m zdołają osiągnąć nakazane odstępy czasowe lądowania równe 30 s.

**Przykład:**

Obliczyć rubież początku rozluźniania oraz prędkość lotu dla poszcze-gólnych kluczy, jeżeli eskadra w składzie 3 kluczy wykonuje lądowanie parami co 30 s, zakres prędkości lotu podczas rozluźniania 500-800 km/h, czas hamowania prędkości  $t_{hm} = 30 \text{ s}$ , a bezpieczny odstęp czasowy po-między kluczami wynosi:  $\Delta t_{bezp} = 30 \text{ s}$ .

**Rozwiązanie:**

1. Obliczenie odstępu czasowego pomiędzy kluczami:

$$\Delta t_{2kl} = \Delta t_{lad} \cdot n + \Delta t_{bezp} = 30 \text{ s} \cdot 2 + 30 \text{ s} = 90 \text{ s} = 1 \text{ min } 30 \text{ s}$$

$$\Delta t_{3kl} = 2 \cdot \Delta t_{2kl} = 2 \cdot 90 \text{ s} = 180 \text{ s} = 3 \text{ min}$$

2. Obliczenie czasu rozluźniania

$$t_{rozl} = \frac{v_{ost_{3kl}} \cdot \Delta t_{3kl}}{\Delta v} + \frac{t_{hm}}{2} = \frac{139 \text{ m/s} \cdot 180 \text{ s}}{83 \text{ m/s}} + \frac{30 \text{ s}}{2} = 328 \text{ s} = 5 \text{ min } 28 \text{ s}$$

3. Obliczenie czasu lotu 2 i 3 kluca od momentu rozpoczęcia rozluźniania do lądowania:

$$t_{2kl} = t_{rozl} + \Delta t_{ład. 2kl} = 328 \text{ s} + 90 \text{ s} = 418 \text{ s} = 6 \text{ min } 58 \text{ s}$$

$$t_{3kl} = t_{rozl} + \Delta t_{ład. 3kl} = 328 \text{ s} + 180 \text{ s} = 508 \text{ s} = 8 \text{ min } 28 \text{ s}$$

4. Obliczenie długości odcinka rozluźniania /rubieży zmiany prędkości lotu/:

$$S_{rozl} = v_{pr} \cdot t_{rozl} = 222 \text{ m/s} \cdot 328 \text{ s} = 72816 \text{ m} \approx 73 \text{ km}$$

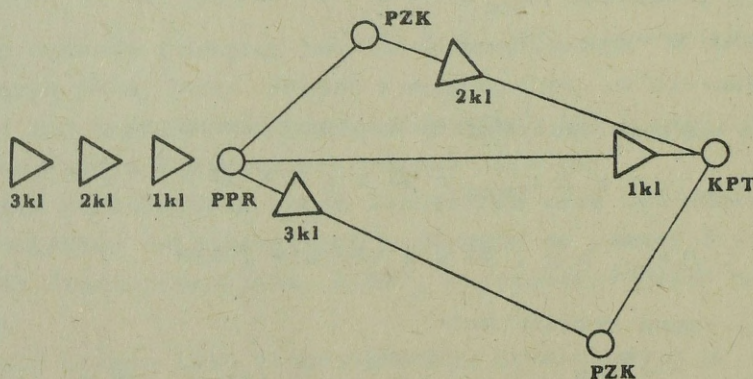
5. Obliczenie prędkości lotu dla 2 i 3 kluca na odcinku rozluźniania:

$$v_{2kl} = \frac{S_{rozl}}{t_{2kl}} = \frac{73000 \text{ m}}{418 \text{ s}} = 175 \text{ m/s} \approx 615 \text{ km/h}$$

$$v_{3kl} = \frac{S_{rozl}}{t_{3kl}} = \frac{73000 \text{ m}}{508 \text{ s}} = 144 \text{ m/s} \approx 520 \text{ km/h}$$

Wniosek: Dla osiągnięcia nad lotniskiem nakazanych odstępów czasowych pomiędzy kluozami, rubież początku rozpoczęcia zmniejszania prędkości lotu dla 2 i 3 kluca powinna znajdować się w odległości 73 km od lotniska, co nie w każdej sytuacji jest możliwe do wykonania.

W związku z powyższym rozluźnianie ugrupowania bojowego należy realizować innym sposobem na przykład przez wydłużenie trasy lotu dla 2 i 3 kluca.



Rys.9. Rozluźnienie eskadry przez wydłużenie trasy.

## 2. MANEWROWANIE KIERUNKIEM LOTU SAMOŁOTU

Manewrowanie kierunkiem lotu samolotu /określa się również jako manewrowanie kursem samolotu/ kojarzy się z wykonaniem zakrętu, czyli zmianą kursu w czasie lotu.

Lot samolotu w czasie wykonania zakrętu odbywa się po łuku koła ze stałą prędkością, wysokością i kątem przechylenia.

Manewrowanie kierunkiem lotu tak samo jak i manewr prędkością lotu stanowi podstawę do wykonania różnych zadań i w zależności od sytuacji może być rozpatrywane jako:

- manewrowanie kierunkiem lotu względem obiektu nieruchomego;
- manewrowanie kierunkiem lotu względem obiektu ruchomego znajdującego się w powietrzu lub na ziemi.

Podstawowymi elementami manewru kierunkiem lotu są:

- promień zakrętu  $/R/$  wyrażany w m lub km;
- czas wykonania zakrętu o dany kąt  $/t_{zakr}/$  wyrażony w s lub min;
- kąt przechyłu  $/\beta/$  wyrażany w stopniach;
- prędkość rzeczywista w zakręcie  $/V_r/$  wyrażana w m/s lub km/h;
- prędkość kątowna w zakręcie  $/\omega/$  wyrażana w  $^{\circ}/s$ .

Poszczególne elementy zakrętu obliczamy według wzorów:

$$R = \frac{v^2}{g \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad /30/$$

lub

$$R = \frac{v_r \cdot t_{360^{\circ}}}{2\pi} \quad /31/$$

gdzie:

$g$  - przyspieszenie siły ciężkości  $/g = 9,81 \text{ m/s}^2/$

$$t_{zakr} = \frac{2\pi R}{v} \cdot \frac{k_{zakr}}{360^{\circ}} \quad /32/$$

lub

$$t_{360^{\circ}} = 0,64 \cdot \frac{v_r}{\operatorname{tg} \beta} \quad /33/$$

gdzie:

$k_{zakr}$  - kąt zakrętu;  $\operatorname{tg} \beta$  = tangens kąta przechylenia

W wielu wypadkach zachodzi konieczność wykonania manewru kierunkiem lotu z nakazanym promieniem i prędkością, wówczas kąt przechylenia  $/\beta/$  oblicza się według wzoru:

$$\boxed{\operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{g \cdot R}} \quad /34/$$

natomiast prędkość kątową  $\omega$  /oblicza się według wzoru:

$$\boxed{\omega = \frac{k_{\text{zagr}}}{t_{\text{zagr}}}} \quad /35/$$

lub

$$\boxed{\omega = \frac{v}{R}} \quad /36/$$

Przykład:

Obliczyć promień zakrętu  $/R/$  jeżeli:  $v_r = 720 \text{ km/h} = 200 \text{ m/s}$ ,  $\beta = 45^\circ$ .

Rozwiązanie:

$$R = \frac{v^2}{g \cdot \operatorname{tg} \beta} = \frac{200^2 \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ} = \frac{40000 \text{ m}^2/\text{s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1} \approx 4100 \text{ m}$$

Przykład:

Obliczyć kąt przechylenia  $/\beta/$  jeżeli:  $v_r = 720 \text{ km/h} = 200 \text{ m/s}$ ,

$R = 4100 \text{ m}$

Rozwiązanie:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{g \cdot R} = \frac{200^2 \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4100 \text{ m}} = \frac{40000}{40221} \approx 1$$

$$\operatorname{tg} 1 = 45^\circ; \quad \beta = 45^\circ$$

Przykład:

Obliczyć czas trwania zakrętu o kąt  $360^\circ$ , jeżeli:

a/  $v_r = 900 \text{ km/h} = 250 \text{ m/s}$ ,  $\beta = 50^\circ$

b/  $v_r = 720 \text{ km/h} = 200 \text{ m/s}$ ,  $R = 3000 \text{ m}$

Rozwiązanie:

$$a/ \quad t_{360^\circ} = 0,64 \text{ s}^2/\text{m} \cdot \frac{250 \text{ m/s}}{1,1918} = \frac{160 \text{ s}}{1,1918} \approx 132 \text{ s}$$

$$b/ \quad t_{360^\circ} = \frac{2\pi \cdot R}{v} \cdot \frac{k_{\text{zagr}}}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000 \text{ m}}{200 \text{ m/s}} \cdot \frac{360^\circ}{360^\circ} = 94 \text{ s}$$

Przykład:

Obliczyć prędkość kątową  $\omega$ , jeżeli:  $V_{\text{zakr}} = 180^\circ$ ,  $t_{180} = 47$  s.  
 $V_r = 720$  km/h = 200 m/s,  $R = 3000$  m.

Rozwiązanie:

$$\omega = \frac{180^\circ}{47 \text{ s}} = 3,8 \text{ }^\circ/\text{s} \text{ lub } \omega = \frac{200 \text{ m/s}}{3000 \text{ m}} = 0,06 \text{ rad/s}$$

2.1. Dokładność wykonania manewru kierunkiem lotu

2.1.1. Dokładność wykonania zakrętu względem promienia

Ponieważ promień zakrętu jest funkcją prędkości rzeczywistej i kąta przechylenia np.:  $R = f / V_r \cdot \beta$  wobec tego na podstawie wzorów z teorii błędów możemy napisać:

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_{R_V}^2 + \sigma_{R_\beta}^2} \quad /37/$$

gdzie:

- $\sigma_R$  - średni kwadratowy błąd promienia zakrętu;
- $\sigma_{R_V}$  - średni kwadratowy błąd, jako składowa błędów  $\sigma_R$  powstały na skutek nieutrzymania stałej prędkości lotu;
- $\sigma_{R_\beta}$  - średni kwadratowy błąd, jako składowa błędów  $\sigma_R$  ze względu na utrzymywanie przechylenia.

$$\sigma_{R_V} = \frac{2V}{g \cdot \text{tg} \beta} \cdot \sigma_V \quad \text{natomiast} \quad \sigma_{R_\beta} = \frac{V^2}{g \cdot \sin^2 \beta} \cdot \sigma_\beta$$

Podstawiając powyższe wartości błędów składowych do wzoru /37/ otrzymamy:

$$\sigma_R = \sqrt{\left| \frac{2V}{g \cdot \text{tg} \beta} \cdot \sigma_V \right|^2 + \left| \frac{V^2}{g \cdot \sin^2 \beta} \cdot \sigma_\beta \right|^2} \quad /38/$$

Z analizy powyższego wzoru wynika, że:

- im większy jest kąt przechylenia  $\beta$ , tym mniejszy jest błąd w promieniu;
- zwiększenie prędkości lotu powoduje zwiększenie błędów w promieniu;
- dokładne wytrzymanie nakazanej  $V_r$  i  $\beta$  w czasie zakrętu powoduje zmniejszenie  $\sigma_V$  i  $\sigma_\beta$ , a tym samym zwiększenie dokładności manewru kursem.

Wniosek:

Dla zwiększenia dokładności zakrętu należy dążyć do wykonania go z małą prędkością i względnie dużym kątem przechylenia.

2.1.2. Dokładność wykonania zakrętu w czasie

Ponieważ, czas trwania zakrętu jest funkcją prędkości lotu, kąta przechylenia i kąta zakrętu:  $t_{\text{zakr}} = f / v, \beta, k_{\text{zakr}}$ . wobec tego na podstawie wzoru z teorii błędów można napisać że:

$$\sigma_{t_{\text{zakr}}} = \sqrt{|\sigma_{t_{\text{zakr}}/v}|^2 + |\sigma_{t_{\text{zakr}}/\beta}|^2 + |\sigma_{t_{\text{zakr}}/k_{\text{zakr}}}|^2} \quad /39/$$

gdzie:

- $\sigma_{t_{\text{zakr}}}$  - średni kwadratowy błąd czasu trwania zakrętu o pewien kąt;  
 $|\sigma_{t_{\text{zakr}}/v}|$  - średni kwadratowy błąd czasu trwania zakrętu, spowodowany niewytrzymaniem prędkości lotu w trakcie jego wykonywania;  
 $|\sigma_{t_{\text{zakr}}/\beta}|$  - średni kwadratowy błąd czasu trwania zakrętu, spowodowany niewytrzymaniem kąta przechylenia;  
 $|\sigma_{t_{\text{zakr}}/k_{\text{zakr}}}|$  - średni kwadratowy błąd czasu trwania zakrętu, spowodowany niedokładnym określeniem wielkości kąta zakrętu.

Spowodowane błędy średnio - kwadratowe są błędami składowymi i określić je można za pomocą następujących wzorów:

$ \sigma_{t_{\text{zakr}}/v}  = \frac{k_{\text{zakr}}}{g \cdot \text{tg} \beta} \cdot \sigma_v$	/40/
$ \sigma_{t_{\text{zakr}}/\beta}  = \frac{v \cdot k_{\text{zakr}}}{g \cdot \sin^2 \beta} \cdot \sigma_\beta$	/41/
$ \sigma_{t_{\text{zakr}}/k_{\text{zakr}}}  = \frac{v}{g \cdot \text{tg} \beta} \cdot \sigma_{k_{\text{zakr}}}$	/42/

Podstawiając powyższe wzory do wzoru /39/ otrzymamy:

$$\sigma_{t_{\text{zakr}}} = \sqrt{\left| \frac{k_{\text{zakr}}}{g \cdot \text{tg} \beta} \cdot \sigma_v \right|^2 + \left| \frac{v \cdot k_{\text{zakr}}}{g \cdot \sin^2 \beta} \cdot \sigma_\beta \right|^2 + \left| \frac{v}{g \cdot \text{tg} \beta} \cdot \sigma_{k_{\text{zakr}}} \right|^2} \quad /43/$$

gdzie:

$k_{\text{zagr}}$  - kąt o jaki chcemy wykonać zakręt;

$\sigma_{k_{\text{zagr}}}$  - średni kwadratowy błąd określenia kąta zakrętu. Błąd ten wynosi  $2 + 3^\circ$ ;

$\sigma_v$  - średni kwadratowy błąd utrzymania prędkości lotu w czasie zakrętu. Błąd ten w zależności od wyszkolenia załóg wynosi od 5 - 10 km/h.

$\sigma_\beta$  - średni kwadratowy błąd utrzymania kąta przechylenia w czasie wykonywania zakrętu, który może wynosić ok.  $5^\circ$ .

Analizując powyższy wzór na dokładność wykonania zakrętu w czasie można wyciągnąć następujące wnioski:

- czym większy jest kąt przechylenia  $/\beta/$ , tym mniejszy jest błąd w promieniu zakrętu  $/R/$ ;

- zwiększenie prędkości lotu powoduje zwiększenie błędu w promieniu zakrętu  $/R/$ ;

- czym większy jest kąt zakrętu  $/k_{\text{zagr}}/$ , tym błąd wykonania zakrętu jest większy;

- zmniejszenie błędów w określaniu prędkości lotu, kąta przechylenia i kąta zakrętu  $/\sigma_v, \sigma_\beta, \sigma_{k_{\text{zagr}}}/$  powoduje zwiększenie dokładności wykonania zakrętu.

W celu zwiększenia dokładności wykonania zakrętu w praktyce stosuje się kontrolę według busoli żyroskopowej i sekundomierza. W tym przypadku wykonuje się specjalną tabelę, a mianowicie:

- obliczamy według danych prędkości rzeczywistej i kąta przechylenia czas trwania zakrętu o  $180^\circ$ ;

- dzielimy otrzymany /obliczony/ czas na równe części, tak aby wskazania busoli żyroskopowej można było sprawdzić oo:  $10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$  lub  $30^\circ$  i wskazania sekundomierza oo 5 s.

Im częściej będziemy wykonywali kontrolę zakrętu, tym dokładniej go wykonamy. Z praktycznych danych wiadomo, że przy takim sposobie kontroli wykonania zakrętu o kąt  $180^\circ$  błąd wykonania nie przekracza 5 s.

Przykład:

Obliczyć i wykonać tabelę dla kontroli wykonania zakrętu według busoli żyroskopowej i sekundomierza dla następujących danych:  $V_r = 720$  km/h  $\beta = 35^\circ$ , kontrolę przeprowadza się oo  $20^\circ$ .

Rozwiązanie:

$$R = \frac{v^2}{g \cdot \text{tg} \beta} = \frac{200^2 \text{ m/s}}{9,81 \cdot 0,7} \approx 5825 \text{ m}; \quad t_{180^\circ} = \frac{2\pi R}{v} \cdot \frac{k_{\text{zagr}}}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5825 \text{ m}}{200 \text{ m/s}}$$

$$\frac{180^\circ}{360^\circ} = 90 \text{ s}$$

Czas zakrętu o  $180^\circ$  / $t_{180^\circ}$ / dzielimy na 9 części /kontrolą co  $20^\circ$ / i otrzymamy 10 s.

Tabela kontroli czasu trwania zakrętu

WSKAZANIA BUSOLI ZYROSKOP.	$180^\circ$	$160^\circ$	$140^\circ$	$120^\circ$	$100^\circ$	$80^\circ$	$60^\circ$	$40^\circ$	$20^\circ$	$0^\circ$
WSKAZANIA SEKUNDO- MIERZA	włączyć sekundo- mierza	10s	20s	30s	40s	50s	60s	70s	80s	90s

W czasie lotu na początku wykonania zakrętu włączyć sekundomierz, obserwować jego wskazania i busoli żyroskopowej porównując z danymi w tabeli. Jeżeli stwierdzimy, że wskazania sekundomierza w pierwszym przypadku będą większe niż są w tabeli, to znaczy, że zakręt wykonujemy za wolno i należy zwiększyć kąt przechylenia  $/\beta /$ , w drugim przypadku kiedy stwierdzimy, że wskazania będą na sekundomierzu mniejsze to znaczy, że wykonujemy go za szybko i należy kąt przechylenia  $/\beta /$  zmniejszyć.

Na samolocie jednomiejscowym, gdzie praktycznie pilot nie ma możliwości przeprowadzić takiej kontroli, należy kontrolować dokładność wykonania zakrętu co  $45^\circ$  zapamiętując odpowiedni czas i porównując go z czasem w tabeli.

## 2.2. Manewrowanie kierunkiem lotu samolotu w stosunku do obiektu nieruchomego

Manewr kierunkiem lotu samolotu w stosunku do obiektu nieruchomego może mieć zastosowanie dla:

- wyjścia na nakazany obiekt z wcześniej określonego kierunku;
- wytracenia nadwyżki czasu lub nadrobienia opóźnienia;
- wykonania wielu innych zadań np.: manewr w rejonie celu, atakowanie, formowanie ugrupowań itp.

### 2.2.1. Wyjście na obiekt z nakazanego kierunku

Samolot wykonuje lot po trasie C A B rys.10 z tym, że wyjście na obiekt B powinno nastąpić z kierunku, co pokazane jest na rys.10. Przed wykonaniem zakrętu należy określić kąt zakrętu ze wzoru:

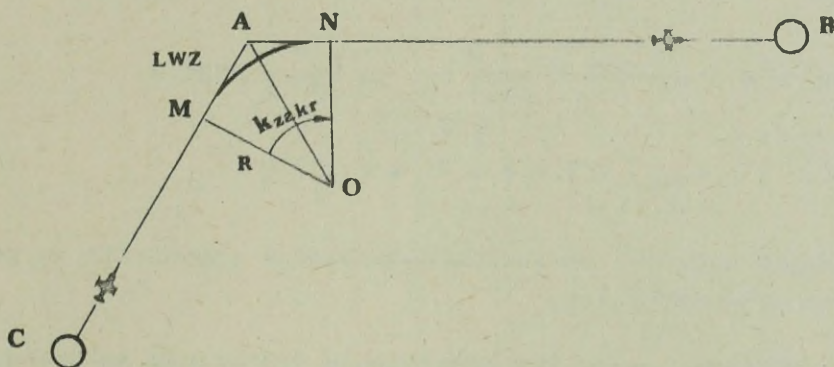
$$k_{\text{zakr}} = K_{G_{AB}} - K_{G_{CA}}$$

gdzie:

$k_{zagr}$  - potrzebny kąt zakrętu;

$KG_{AB}$  - kurs geograficzny samolotu na trasie AB;

$KG_{CA}$  - kurs geograficzny samolotu na trasie CA.



Rys.10. Liniowe wyprzedzenie zakrętu LWZ

Wyjście na nakazany kierunek lotu po trasie AB wykonuje się po rozpoczęciu zakrętu w punkcie M z uwzględnieniem liniowego wyprzedzenia zakrętu /LWZ/, które określamy z trójkąta prostokątnego AMO:

$$\operatorname{tg} \frac{k_{zagr}}{2} = \frac{LWZ}{R}$$

wobec powyższego:

$$LWZ = R \cdot \operatorname{tg} \frac{k_{zagr}}{2} \quad /44/$$

Przedstawiony wzór na obliczenie LWZ nie uwzględnia wpływu wiatru.

Jeżeli zachodzi konieczność uwzględnienia wpływu wiatru na LWZ, wówczas punkt M /rozpoczęcie manewru/ należy przesunąć o wartość:

$$\Delta S = U \cdot t_{zagr} \quad /45/$$

gdzie:

$\Delta S$  - liniowa wartość przesunięcia początku rozpoczęcia manewru;

$U$  - prędkość wiatru;

$t_{zagr}$  - czas trwania zakrętu o obliczony kąt.

Przykład:

Samolot leci po trasie z kursem  $270^\circ$ , a na cel ma wyjść z kursem  $330^\circ$ , obliczyć wielkość kąta zakrętu, czas zakrętu i LWZ, jeżeli:  $U = 25 \text{ km/h}$ ,  $V_r = 720 \text{ km/h}$ ,  $R = 4000 \text{ m}$ ,  $\beta = 45^\circ$ .

Rozwiązanie:

$$k_{\text{zagr}} = KG_2 - KG_1 = 330^\circ - 270^\circ = 60^\circ$$

$$t_{60^\circ} = \frac{2\pi R}{V} \cdot \frac{k_{\text{zagr}}}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \text{ m}}{200 \text{ m/s}} \cdot \frac{60^\circ}{360^\circ} = 21 \text{ s}$$

$$LWZ = R \cdot \operatorname{tg} \frac{k_{\text{zagr}}}{2} = 4000 \text{ m} \cdot \operatorname{tg} \frac{60^\circ}{2} = 2320 \text{ m}$$

$$\Delta S = U \cdot t_{\text{zagr}} = 7 \text{ m/s} \cdot 21 \text{ s} = 147 \text{ m}$$

2.2.2. Wytracenie nadwyżki czasu lub nadrobienia opóźnienia za pomocą manewru kierunkiem lotu

Wytracenie nadwyżki czasu lub nadrobienia opóźnienia za pomocą manewru kierunkiem lotu można wykonać wieloma sposobami między innymi metodą:

- odchylenia się od trasy lotu poprzez zmianę kursu o pewien kąt;
- wytracenie nadwyżki czasu na pętli;
- zmiany długości trasy lotu.

W przypadku wytracenia nadwyżki czasu poprzez odchylenie się o określony kąt na trasie lotu, stosujemy najczęściej gdy nadwyżka czasu stanowi wartość mniejszą aniżeli czas zakrętu o  $360^\circ / \Delta t < t_{360^\circ}$ . Przykład wykonania takiego manewru jest przedstawiony na rys.11.

Różnica w odległości po trasie A B C D E F G, a po trasie AG daje niezbędne wydłużenie, która zabezpiecza wytracenie powstałej nadwyżki czasu. Tor lotu samolotu jest symetryczny względem linii DH, która przechodzi przez środek odcinka AG. Obliczenie tego manewru sprowadza się do określenia:

- czasu lotu na odcinkach prostoliniowych  $/t_1/$ ;
- długości odcinka manewrowania  $/AG = S_{\text{man}}/$ ;
- maksymalnego boczego odchylenia od nakazanej drogi  $/S_{B0} = HD/$ .

Nadwyżkę czasu, którą możemy wytracić  $/\Delta t/$  otrzymamy, jeżeli różnicę dróg po trasie A B C D E F G i trasie AG podzielimy przez prędkość lotu;

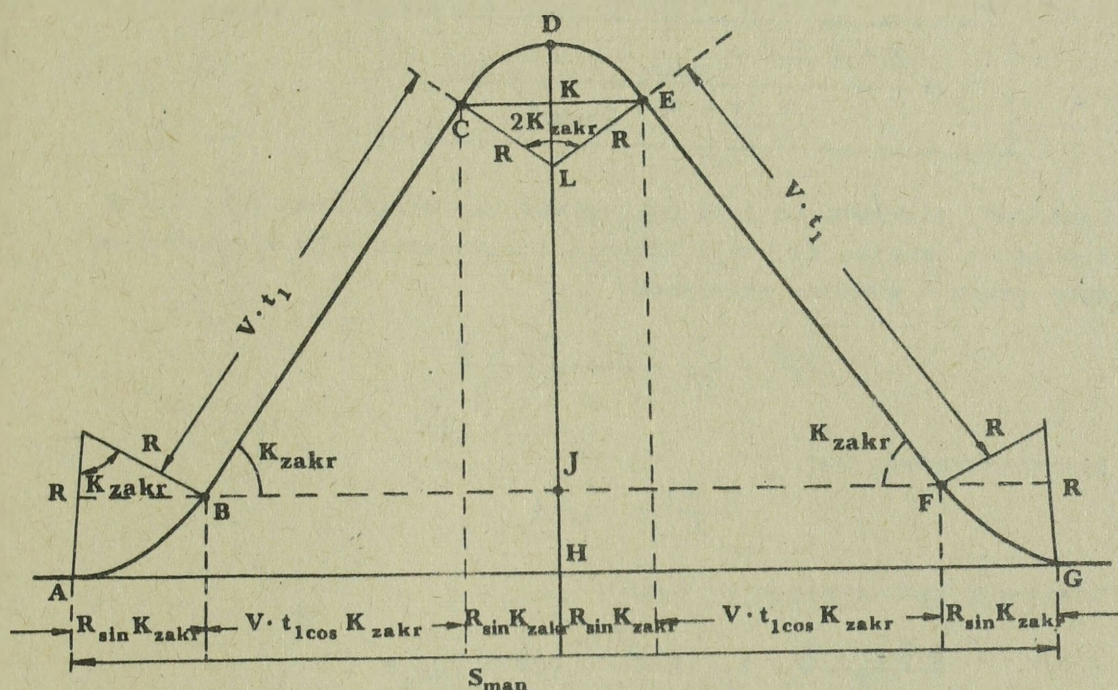
$$t = \frac{A B C D E F G - A G}{V_r}$$

Z rysunku /11/ wynika, że długość trasy pomiędzy punktami:

$$A B C D E F G = 4 R \cdot k_{\text{zagr}} + 2 V \cdot t_1$$

natomiast odcinek trasy

$$AG = 4 R \sin k_{zagr} + 2 V \cdot t_1 \cos k_{zagr}$$



Rys.11. Wykonanie manewru kierunkiem lotu dla wytraconia nadwyżki osazu.

Podstawiając powyższe zależności do wzoru na obliczenie nadwyżki osazu  $\Delta t$  i dokonując przekształceń we wzorze otrzymamy;

$$\Delta t = \frac{4 R k_{zagr} + 2 V \cdot t_1 - 4 R \sin k_{zagr} + 2 V \cdot t_1 \cos k_{zagr}}{V}$$

lub

$$\Delta t \cdot V = 4 R k_{zagr} + 2 V \cdot t_1 - 4 R \sin k_{zagr} + 2 V \cdot t_1 \cos k_{zagr}$$

z tego:

$$\Delta t \cdot V = 4 R / k_{zagr} - \sin k_{zagr} + 2 V t_1 / 1 - \cos k_{zagr}$$

następnie:

$$t_1 = \frac{V \cdot \Delta t - 4 R / k_{\text{zagr}} - \sin k_{\text{zagr}}}{2 / 1 - \cos k_{\text{zagr}}}$$

Dzieląc licznik i mianownik przez V otrzymamy:

$$t_1 = \frac{\Delta t - \frac{4 R}{V} / k_{\text{zagr}} - \sin k_{\text{zagr}}}{2 / 1 - \cos k_{\text{zagr}}}$$

/46/

Ponieważ niewygodnie jest posługiwać się wyrażeniem  $\frac{4 R}{V}$ , które występuje we wzorze, to jeśli licznik i mianownik tego wyrażenia pomnożymy przez  $\sqrt{11}$  wówczas otrzymamy:

$$\frac{4 R}{V} \cdot \frac{\sqrt{11}}{\sqrt{11}} = \frac{2 \cdot \sqrt{11} R \cdot 2}{V \sqrt{11}}$$

co łatwo zauważyć, że:

$$\frac{2 \sqrt{11} R}{V} = t_{360^\circ}$$

to otrzymamy podstawiając do wzoru:

$$\frac{2 \sqrt{11} R \cdot 2}{V \sqrt{11}} = t_{360^\circ} \frac{2}{\sqrt{11}} = 0,637 t_{360^\circ}$$

Podstawiając tę zależność do wzoru /46/ otrzymamy wzór:

$$t_1 = \frac{t - 0,637 \cdot t_{360^\circ} / k_{\text{zagr}} - \sin k_{\text{zagr}}}{2 / 1 - \cos k_{\text{zagr}}}$$

/47/

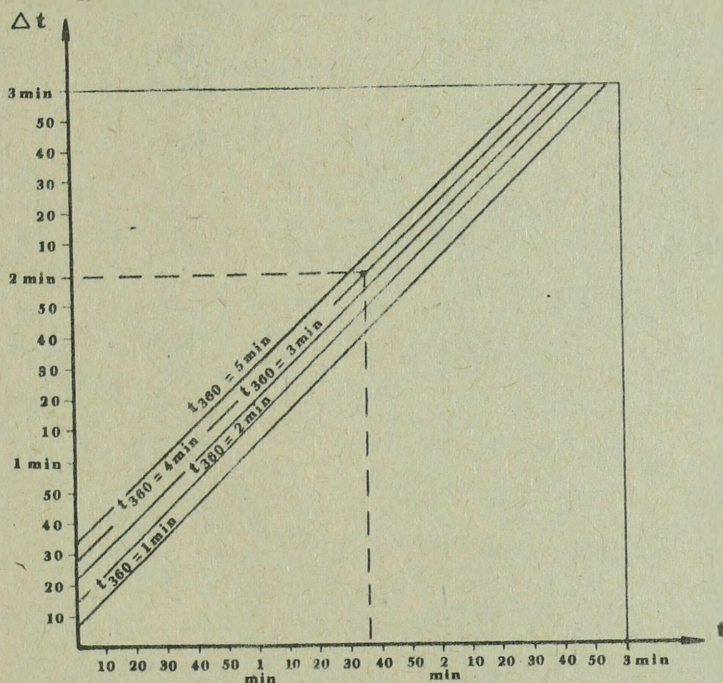
W praktyce najczęściej przyjmuje się kąt zakrętu równy  $45^\circ$  lub  $60^\circ$ . Po podstawieniu wartości tych kątów zakrętu do wzoru otrzymamy:

Dla $k_{\text{zagr}} = 60^\circ$	Dla $k_{\text{zagr}} = 45^\circ$
$t_1 = \Delta t - 0,7 \frac{R}{V}$	$t_1 = 1,7 \Delta t - 0,57 \frac{R}{V}$
lub	lub
$t_1 = \Delta t - 0,11 t_{360^\circ}$	$t_1 = 1,7 \Delta t - 0,085 t_{360^\circ}$

/48/

Dla wytracenia nadwyżki czasu podczas lotu  $t_1$  obliczamy na ziemi i robimy specjalny wykres, a mianowicie:

- na osi poziomej odkładamy czas lotu na odcinkach prostoliniowych;
- na osi pionowej odkładamy nadwyżkę czasu  $\Delta t$ , którą chcemy wytracić;
- linie ukośne przedstawiają czas zakrętu o  $360^\circ$ .



Rys.12. Wykres dla określenia  $t_1$  przy wytraceniu nadwyżki czasu na trasie o kąt odchylenia

Posługiwanie się wykresem:

$$\Delta t = 2 \text{ min } 1 \text{ dla } t_{360^\circ} = 4 \text{ min, } t_1 = 1 \text{ min } 36 \text{ s}$$

Jak wynika z rys. 12 długość odcinka manewrowania może być obliczona ze wzoru::

$$S_{\text{man}} = 2 V \cdot t_1 \cdot \cos k_{\text{zakr}} + 4 R \sin k_{\text{zakr}}$$

albo:

$$S_{\text{man}} = 2 /V \cdot t_1 \cdot \cos k_{\text{zakr}} + 2 R \sin k_{\text{zakr}}$$

/49/

Przy kącie zakrętu  $60^\circ$  wzór /49/ będzie następujący:

$$S_{\text{man}} \approx 3 \cdot 5 R + V \cdot t_1$$

Podstawiając wartość  $t_1$  ze wzoru /46/ do wzoru /49/ otrzymamy:

$$S_{\text{man}} = V / \Delta t + 2,8 \frac{R}{V} / \quad /50/$$

Wyrażając wzór przez czas zakrętu o  $360^\circ$ , otrzymamy:

$$S_{\text{man}} = V / \Delta t + 0,45 t_{360^\circ} / \quad /51/$$

Jeżeli zakręt wykonuje się o  $45^\circ$  to, wyrażając wzór /51/ przez czas zakrętu o  $360^\circ$ , otrzymamy:

$$S_{\text{man}} = V / 2,4 \Delta t - 0,33 t_{360^\circ} /$$

Aby obliczyć maksymalne boczne odchylenie samolotu od nakazanej linii drogi /LBO/, na podstawie analizy rys.11 wynosi:

$$LBO = HD = HJ + JK + KD$$

gdzie:

$$HJ = R - R \cos k_{\text{zakr}} = R / 1 - \cos k_{\text{zakr}} /$$

$$JK = V \cdot t_1 \cdot \sin k_{\text{zakr}}$$

$$KD = R - R \cos k_{\text{zakr}} = R / 1 - \cos k_{\text{zakr}} /$$

Podstawiając powyższe wzory do wzoru na LBO otrzymamy:

$$LBO = 2 R / 1 - \cos k_{\text{zakr}} / + V \cdot t_1 \sin k_{\text{zakr}} \quad /52/$$

Jeżeli zakręt wykonuje się o kąt  $60^\circ$ , to:

$$LBO = R + 0,87 V \cdot t_1 \quad /53/$$

Wyrażając powyższy wzór przez czas zakrętu o  $360^\circ$ , otrzymamy:

$$LBO = V / 0,87 \Delta t + 0,062 t_{360^\circ} / \quad /54/$$

Wzory dla określenia czasu  $/t_1/$ , drogi manewru  $/S_{man}/$  i boczego odchylenia  $/LBO/$  wykorzystuje się dla wykonania obliczeń przed lotem. Biorąc jako dane wyjściowe:  $V$ ,  $\Delta t$  i  $R$  można porównać wartość  $t_1$ ,  $S_{man}$  i  $LBO$  dla różnych  $k_{zacr}$ , jak to jest przedstawione w poniższej tabeli:

$k_{zacr}$	$t_1$	$S_{man}$	LBO
$60^\circ$	$\Delta t - 0,11 t_{360^\circ}$	$V/\Delta t + 0,45 t_{360^\circ}$	$V/0,87\Delta t + 0,062 t_{360^\circ}$
$45^\circ$	$1,7\Delta t - 0,085 t_{360^\circ}$	$V/2,4\Delta t - 0,33 t_{360^\circ}$	$V/1,21\Delta t + 0,031 t_{360^\circ}$

W czasie porównania wzorów z powyższej tabeli widać, że dla tych samych  $\Delta t$  przy kącie zakrętu  $60^\circ$  wartość czasu  $/t_1/$ , a zatem i wartość drogi manewru  $/S_{man}/$  oraz boczne odchylenie  $/LBO/$ , będą mniejsze aniżeli przy kącie zakrętu  $45^\circ$ .

W celu bardzo dokładnej analizy wytracenia nadwyżki czasu tym sposobem określamy minimalną nadwyżkę czasu jaką możemy wytracić stosując manewr o kąt  $45^\circ$  i  $60^\circ$ . Minimalny czas będzie wówczas, kiedy nie będzie odolatka lotu po prostej czyli  $t_1 = 0$ . W tym przypadku przyrównując licznik wzoru  $/46/$  do zera otrzymamy:

$$\Delta t_{min} = \frac{4R}{V} / k_{zacr} - \sin k_{zacr} / \quad /55/$$

Mnożąc licznik i mianownik tego równania  $/prawej strony/$  przez  $\sqrt{1}$  otrzymamy:

$$\Delta t_{min} = 0,637 t_{360^\circ} / k_{zacr} - \sin k_{zacr} / \quad /56/$$

Natomiast przy kącie zakrętu  $60^\circ$  otrzymamy:

$$\Delta t_{min} = 0,11 t_{360^\circ} \quad /57/$$

a przy kącie zakrętu  $45^\circ$  otrzymamy:

$$\Delta t_{min} = 0,085 t_{360^\circ} \quad /58/$$

Ze wzorów 57 i 58 wynika, że przy kącie zakrętu o  $60^\circ$  można wytracić prawie dwukrotnie większy czas, niż przy kącie zakrętu o  $45^\circ$ .

Z powyższych rozważań wynika wniosek, że nieduże nadwyżki czasu wygodniej jest wytracić przez zastosowanie manewru prędkością lotu, a nie zmianą kierunku lotu o kąt  $45^\circ$  lub  $60^\circ$ . Ponadto dokładność wykonania manewru prędkością lotu jest większa.

**Przykład:**

Określić:  $t_1$ ,  $S_{\text{man}}$ , LBO jeżeli:  $\Delta t = 1 \text{ min } 30 \text{ s}$ ,  $t_{360^\circ} = 4 \text{ min}$ ,  
 $v_r = 800 \text{ km/h}$ ,  $k_{\text{zagr}} = 60^\circ$

**Rozwiązanie:**

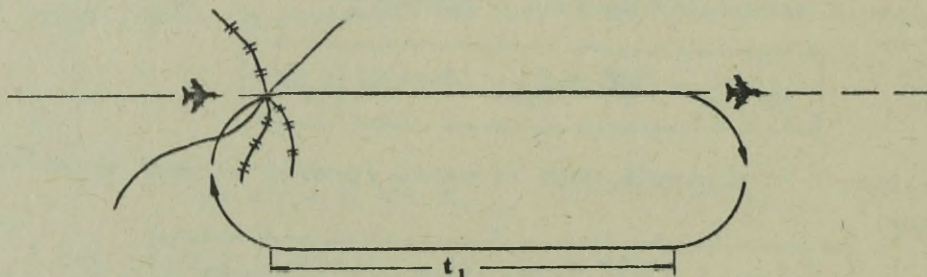
Wykorzystując wykres rys.12,  $t_1 = 1 \text{ min. } 10 \text{ s}$ .

$$S_{\text{man}} = v_r / \Delta t + 0,45 t_{360^\circ} / = 13,3 \text{ km/min} / 1,5 \text{ min} + 0,45 \cdot 4 \text{ min} / \approx 44 \text{ km}$$

$$\text{LBO} = v_r / c,87 \Delta t + 0,062 t_{360^\circ} / = 13,3 \text{ km/min} / 0,87 \cdot 1,5 \text{ min} + 0,062 \cdot 4 \text{ min} / \approx 22,6 \text{ km}$$

**2.2.3. Wytracenie nadwyżki czasu w locie na pętli**

Manewr kierunkiem lotu przez wykonanie pętli dla wytracenia nadwyżki czasu, wykonujemy wówczas, kiedy nadwyżka czasu jest większa od czasu zakrętu pełnego  $/ \Delta t > t_{360^\circ} /$ . Manewr ten polega na wykonaniu zakrętu o  $180^\circ$  i wykonaniu lotu w przeciwnym kierunku przez obliczony czas  $t_1$ , a następnie wykonanie zakrętu o  $180^\circ$  dla ponownego wejścia na nakazaną linię drogi.



Rys.13. Wytracenie nadwyżki czasu na pętli

W celu wykonania manewru na pętli, należy obliczyć  $t_1$ . Czas ten bez uwzględnienia wiatru obliczamy ze wzoru:

$$\Delta t_1 = \frac{t - t_{360^\circ}}{2} \quad /59/$$

natomiast z uwzględnieniem wiatru ze wzoru:

$$\Delta t_1 = \frac{W_2 / t - t_{360^\circ}}{W_1 + W_2} \quad /60/$$

gdzie:

$W_1$  - prędkość podróżna w drodze do celu;

$W_2$  - prędkość podróżna podczas lotu w przeciwnym kierunku.

Przykład:

Obliczyć czas lotu po wykonaniu zakrętu o  $180^\circ$  / $t_1$ /, jeżeli:  $\Delta t = 5'$

$t_{360^\circ} = 2 \text{ min } 8 \text{ s}$ ,  $R = 4 \text{ km}$ ,  $\beta = 45^\circ$ ,

a/ bez uwzględnienia wiatru, gdy  $V_r = 720 \text{ km/h}$

b/ z uwzględnieniem wiatru, gdy  $V_r = W_1 = 720 \text{ km/h}$ ,  $W_2 = 680 \text{ km/h}$ .

Rozwiązanie:

$$a/ \quad t_1 = \frac{\Delta t - t_{360^\circ}}{2} = \frac{5 \text{ min} - 2 \text{ min } 8 \text{ s}}{2} = 66 \text{ s}$$

$$b/ \quad t_1 = \frac{W_2 / \Delta t - t_{360^\circ}}{W_1 + W_2} = \frac{200 \text{ m/s} / 300 \text{ s} - 128 \text{ s}}{200 \text{ m/s} + 190 \text{ m/s}} = 88 \text{ s}$$

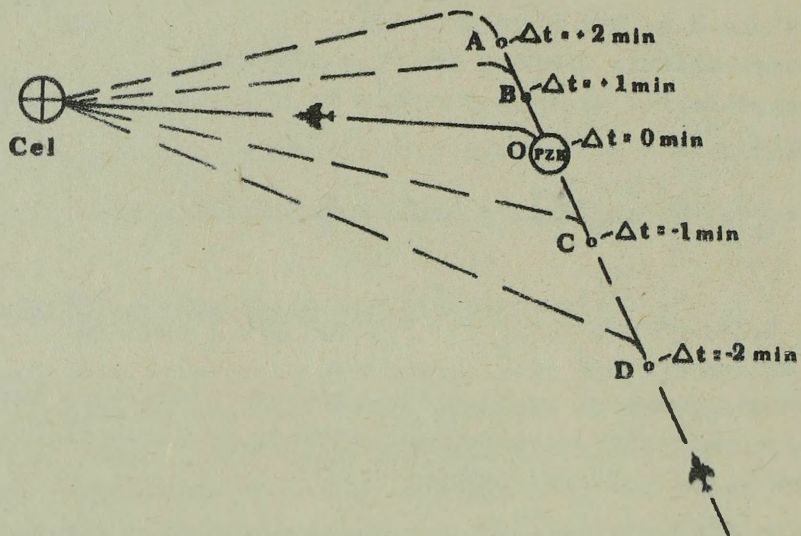
Wytracenie czasu na pętli wykorzystujemy w praktyce bardzo często podczas rozpuszczenia ugrupowania bojowego do lądowania dla wykonania bezpiecznych odstępów czasowych.

2.2.4. Wytracenie nadwyżki czasu lub nadrobienie opóźnienia przez zmianę długości trasy

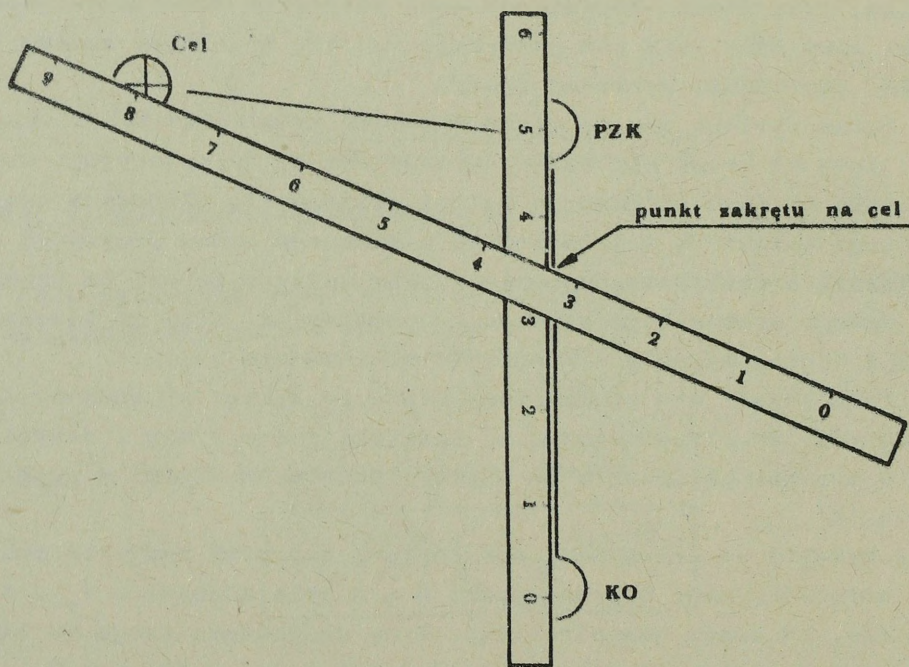
Do wykonania tego manewru należy przygotować się przed lotem gdy przewidujemy nadrobienie opóźnienia lub wytracenie czasu na trasie lotu, która posiada załamania, a sytuacja taktyczno-nawigacyjna pozwala na zmianę trasy lotu. Zadanie wówczas polega na określaniu punktu zakrętu na nowy kurs lotu nie pokrywającego się z punktem zmiany kierunku /PZK/ poprzednio wybranej trasy.

Przed lotem wybiera się na mapie względem ostatniego PZK w odległości 5-10 min lotu od niego charakterystyczny obiekt orientacyjny, określa się czas lotu od tego obiektu do celu i oblicza się planowany czas przelotu tego obiektu w zależności od nakazanego czasu przybycia nad cel. Następnie określa się na mapie punkty zakrętu na cel na wypadek przelotu danego konkretnego obiektu z opóźnieniem albo za wcześnie o 1, 2, 3 i więcej minut w stosunku do obliczonego czasu. W czasie lotu jeżeli nie stwierdzimy błędu to zakręt wykonujemy dokładnie nad PZK. Po stwierdzeniu np. nadwyżki czasu 1 min, zakręt wykonujemy w punkcie obliczonym B, a przy opóźnieniu 2 min w punkcie D /patrz rys. 14/.

Punkty zakrętu na cel należy dobrać tak, aby przy nadwyżce czasu droga do celu od punktu O przez punkt B i A była dłuższa o  $V_r \cdot 1 \text{ min}$ , i  $V_r \cdot 2 \text{ min}$ , od drogi bezpośredniej. Przy opóźnieniu droga do celu od punktu C i D powinna być krótsza od drogi przez punkt O o  $V_r \cdot 1 \text{ min}$  i  $V_r \cdot 2 \text{ min}$ .



Rys.14. Manewr przybycia nad cel w nakazanym czasie przez zmianę długości trasy lotu.



Rys.15. Określenie punktu zakreću na cel za pomocą linijek.

Punkty zakrętu na cel można wyznaczyć również przy pomocy linijek, wyskalowanych według podziałki danej mapy w minutach lotu samolotu. Jedną taką linijkę należy przyłożyć zerom skali na wybrany kontrolny obiekt i ustawić zgodnie z kierunkiem lotu po nakazanej trasie. Drugą zaś należy przyłożyć do celu wartością skali równą czasowi lotu pozostałemu do celu od obiektu orientacyjnego /patrz rys.15/.

Następnie obracając linijką wokół osi, którą jest podziałka przyłożona do celu, ustawić ją tak, aby w miejscu przecięcia linijek odczytać na dwóch linijkach jednakowy czas. Ten punkt przecięcia linijek będzie punktem zakrętu na cel. W powietrzu, w chwili przelotu KO załoga określa czas pozostały do nakazanego czasu wyjścia na cel na podstawie którego określa punkt zakrętu /czynność tą zamiast załogi może wykonać nawigator naprowadzania/.

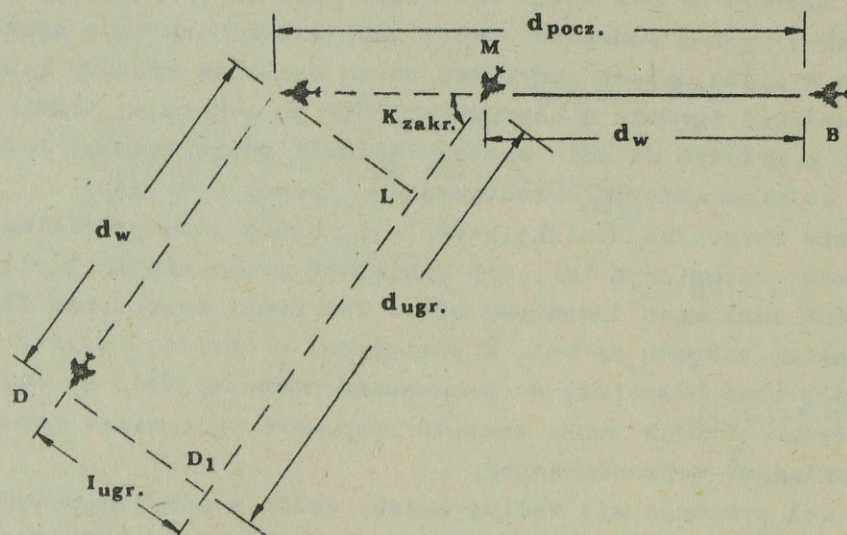
Zakręt na cel wykonuje się według czasu. Jeśli w pobliżu punktu zakrętu na cel znajdują się charakterystyczne obiekty orientacyjne, to moment zakrętu można kontrolować według orientacji wzrokowej.

### 2.3. Manewrowanie kierunkiem lotu w stosunku do obiektu ruchomego

Manewrowanie kierunkiem lotu w stosunku do obiektu ruchomego wykonuje się między innymi dla zabezpieczenia zwierania lub rozluźniania ugrupowania bojowego, względnie zmianę miejsc w ugrupowaniu bojowym pojedynczych samolotów lub grup w powietrzu.

Wykonanie kolejnych zakrętów manewrującego samolotu może zaczynać się względem obiektu ruchomego /samolotu/ lecącego w przodzie lub też lecącego z tyłu. Załóżmy, że w punktach A i B /rys.16/ znajdują się dwa samoloty przy czym odległość między nimi wynosi  $d_{pocz}$ . Należy przy tym zakładać, że samoloty utrzymują jednakową prędkość lotu. Samolot znajdujący się w przodzie /w punkcie A/ rozpoczął zakręt o nakazany kąt, a następnie wykonuje lot po linii CD. Drugi samolot znajdujący się w punkcie B i po wykonaniu zakrętu przez pierwszy samolot kontynuuje lot po linii AB przelatując odległość  $d_w$ , a następnie w punkcie M wykonuje zakręt o ten sam kąt, co poprzedni samolot. W momencie kiedy drugi samolot znajduje się w punkcie N, pierwszy przebędzie w linii prostej odległość  $d_w$ . W rezultacie wykonania kolejnych zakrętów przez ww. samoloty powstanie między nimi odległość  $D_1N = d_{ugr}$  i odstęp  $DD_1 = J_{ugr}$ .

Przy wyprowadzeniu wzorów dla określenia  $d_{ugr}$  i  $J_{ugr}$  zakrętów samolotów można nie rozpatrywać, ponieważ są one jednakowe dla obydwóch samolotów.



Rys.16. Manewr kierunkiem lotu względem obiektu ruchomego.

Zakładamy ponadto, że zakręty wykonywane są szybko. Natomiast z rys.16 wynika, że:

$$d_{ogr} = D_1 M = D_1 L + LM = d_w + \sqrt{d_{pocz}^2 - d_w^2} \cos k_{zakr} \quad /61/$$

albo

$$d_{ogr} = d_{pocz} \cos k_{zakr} + \sqrt{1 - \cos^2 k_{zakr}} d_w \quad /62/$$

Wartość odstępów między samolotami można obliczyć z trójkąta ALM, w którym  $AL = J_{ogr}$

$$J_{ogr} = \sqrt{d_{pocz}^2 - d_w^2} \sin k_{zakr} \quad /63/$$

Z powyższych wzorów wynika, że dla tych samych wartości  $d_{pocz}$  i  $d_w$  wartość końcowej odległości  $d_{ogr}$  i odstępów  $J_{ogr}$ , zależy od wartości kąta zakrętu. W związku z tym przykładem:

$$\text{Kąt zakrętu} = 60^\circ$$

$$d_{ogr} = 0,5 \sqrt{d_{pocz}^2 + d_w^2}$$

$$J_{ogr} = 0,87 \sqrt{d_{pocz}^2 - d_w^2}$$

$$\text{Kąt zakrętu} = 90^\circ$$

$$d_{ogr} = d_w$$

$$J_{ogr} = d_{pocz} - d_w$$

Kąt zakrętu =  $150^\circ$

$$d_{\text{ugr}} = 0,87 / d_{\text{pocz}} - 0,13 d_w /$$

$$J_{\text{ugr}} = 0,5 / d_{\text{pocz}} - d_w /$$

Kąt zakrętu  $180^\circ$

$$d_{\text{ugr}} = 2 d_w - d_{\text{pocz}}$$

$$J_{\text{ugr}} = 0$$

Końcowe odległości ugrupowania bojowego zależą od  $d_w$  przy stałych wartościach  $d_{\text{pocz}}$  i  $k_{\text{zagr}}$ .

Przy praktycznym wykorzystaniu metody kolejnych zakrętów, zazwyczaj kąt zakrętu przyjmuje się  $180^\circ$ , ponieważ tylko przy tym kącie odstęp pomiędzy samolotami nie ulega zmianie.

Dla kąta zakrętu równym  $180^\circ$  odległość ugrupowania jest zależna

$$d_{\text{ugr}} = 2 d_w - d_{\text{pocz}}$$

/64/

#### 2.4. Formowanie ugrupowań bojowych samolotów za pomocą manewru kierunkiem lotu

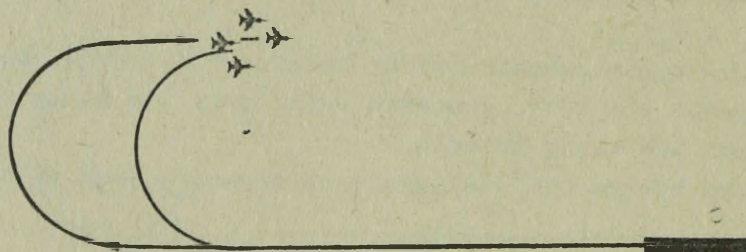
Manewr kierunkiem lotu jest powszechnie wykorzystywany między innymi do formowania ugrupowań bojowych za pomocą zbiorok samolotów<sup>x/</sup>, które wykonywane są na zasadzie zakrętu o bliżej określony kąt. Najbardziej uniwersalnym sposobem zbiórki samolotów przez wykorzystanie manewru kierunkiem lotu jest zbiórka na pętli czyli z zakrętem o  $180^\circ$ . W zależności od sytuacji taktyczno-nawigacyjnej, warunków atmosferycznych i wymaganej dokładności formowania ugrupowania bojowego, a także bezpieczeństwa lotu, kierunek pętli w czasie zbiórki samolotów może być różny. W zasadzie oś pętli jest zgodna z kierunkiem startu lub trasy lotu samolotów. Ten sposób zbiórki ma zastosowanie we wszystkich rodzajach lotnictwa dla sformowania ugrupowań bojowych zwartych bądź luźnych.

##### 2.4.1. Zbiórka samolotów na kręgu nad lotniskiem

Zbiórkę na kręgu nad lotniskiem stosuje się w celu uformowania ugrupowania kilku samolotów /para, klucz/. Ten sposób zbiórki polega na kombinacji wykonania manewru kierunkiem i prędkością lotu przez zbieżenie kręgu i dopędzenie poprzednika /prowadzącego/. Zbiórka tym

x/ Zbiórką nazywamy manewr samolotów lub grup celem sformowania ugrupowania bojowego do wykonania postawionego zadania.

sposobem zapewnia szybkie uformowanie ugrupowania bojowego samolotów, niemniej wymaga dobrej widzialności zapewniającej prowadzonym ciągią obserwację prowadzącego. Do zalet można zaliczyć, że zbiórka ta nie wymaga skomplikowanych obliczeń, dokładnego przestrzegania przerw czasowych podczas startu i warunków lotu. Wymaga jednak od pilotów dobrego opanowania techniki pilotowania oraz techniki dołączania do grupy.



Rys.17. Zbiórka na kręgu nad lotniskiem

#### 2.4.2. Zbiórka samolotów w rejonie obiektu orientacyjnego lub nad radiolaternią

Zbiórkę w rejonie obiektu orientacyjnego lub nad radiolaternią wykonuje się w celu:

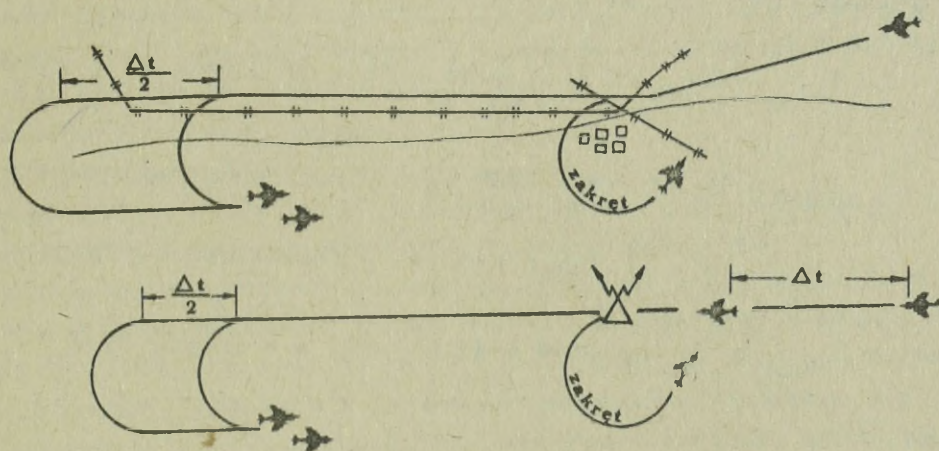
- zebrania samolotów grup, które rozeszły się w rejonie celu do wykonania zadania;
- spotkania grupy uderzeniowej z samolotem "Liderem";
- zebrania załóg, które utraciły ze sobą łączność wzrokową np. podczas walki;
- sprowadzenia załóg do lądowania znad chmur przy odmowie pracy przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych.

Zbiórka ta różni się od typowej zbiórki na pętli tym, że przerwy czasowe  $\Delta t$  wyjścia poszczególnych samolotów /grup/ na obiekt orientacyjny /WPP/ wyjściowy punkt pętli będą różne. W celu sprawnego przeprowadzenia zbiórki i uniknięcia zbędnych rozmów radiowych, podczas przygotowania do lotów należy ustalić:

- obiekt orientacyjny /RL/ jako wyjściowy punkt pętli;
- kierunek pętli oraz kierunek wykonania zakrętu;
- wysokość, prędkość oraz kąt przechylenia  $\beta$ .

Istota zbiórki tym sposobem polega na tym, że przed dolotem do pętli podaje się sygnał przygotowawczy, a w momencie przelotu obiektu orientacyjnego lub radiolaterni /RL/, podaje się komendę "PRZELOT". Załogi prowadzone na tę komendę włączają sekundomierze, a w momencie przelotu WPP wyłączają i odczytują wielkości odstępu czasowego  $\Delta t$

w stosunku do prowadzącego. Załogi prowadzone informują prowadzącego o przelocie WPP. Po przelocie ostatniego prowadzonego /ostatniego samolotu/ nad wyjściowym punktem pętli prowadzący wykonuje zakręt o  $180^\circ$ . W momencie rozpoczęcia zakrętu podaje sygnał przez radio, na który według komendy prowadzeni włączają sekundomierze, a następnie kolejno wykonują zakręty po upływie połowy czasu  $\Delta t$  po wykonaniu zakrętu o  $180^\circ$  w nakazanym kierunku dołączają do szyku.



Rys.18. Zbiórka w rejonie obiektu orientacyjnego lub radiolatałarni

Elementy zbiórki:

$$t_{wn} = \frac{\Delta t_n}{2} \quad /65/$$

$$t_{pr} \geq \Delta t_n \quad /66/$$

$$t_{zb} = 2t_{pr} + t_{180^\circ} \quad /67/$$

$$D_{zb} = t_{pr} \cdot V_{pr} + R \quad /68/$$

gdzie:

$t_{wn}$  - czas wytrzymania zakrętu n-tego prowadzonego w stosunku do prowadzącego.

$t_{pr}$  - czas lotu prowadzącego na pętli do rozpoczęcia zakrętu;

$\Delta t_n$  - odstęp czasowy pomiędzy prowadzącym, a n-tym prowadzonym;

$t_{zb}$  - czas zbiórki;

$D_{zb}$  - odległość rejonu zbiórki;

$t_{180^\circ}$  - czas zakrętu o  $180^\circ$ ;

R - promień zakrętu.

Przykład:

Obliczyć dane do zbiórki kluoza samolotów na kręgu nad lotniskiem jezeli: ugrupowanie kluoza zwarte "Klin samolotów", start parami co 20 s,  $H_{zb} = 300$  m,  $V_{zb} = 600$  km/h,  $\beta = 45^\circ$  zakręt w lewo,  $t_{wzn} = 30$  s.

Rozwiązanie:

$$t_{zb} = t_{st_{kl}} + t_{wzn} + t_{180^\circ}$$

$$t_{st_{kl}} = \Delta t_{st} / n - 1/ = 20 \text{ s} / 2 - 1/ = 20 \text{ s}$$

$$t_{wzn} = 30 \text{ s}; \quad R = 2800 \text{ m} \quad \text{" /obliczone na SN-3/}$$

$$t_{180^\circ} = 53 \text{ s} \quad \text{/obliczone na SN-3/}$$

$$t_{zb_{kl}} = 20 \text{ s} + 30 \text{ s} + 53 \text{ s} = 103 \text{ s} = 1 \text{ min. } 43 \text{ s}$$

Przykład:

Obliczyć dane do zbiórki kluoza samolotów sposobem na pętli w rejonie obiektu orientacyjnego jezeli:  $H_{zb} = 300$  m;  $V_{zb} = 720$  km/h,  $\beta = 45^\circ$ ; zakręt w lewo, odstępy czasowo pomiędzy prowadzącym, a poszczególnymi prowadzonymi wynoszą:  $\Delta t_1 = 30$  s;  $\Delta t_2 = 50$  s;  $\Delta t_3 = 60$  s.

Rozwiązanie:

$$t_{pr} \geq \Delta t_3, \quad t_{pr} = 70 \text{ s}$$

$$t_{w1} = \frac{\Delta t_1}{2} = \frac{30 \text{ s}}{2} = 15 \text{ s}; \quad t_{w2} = \frac{\Delta t_2}{2} = \frac{50 \text{ s}}{2} = 25 \text{ s}$$

$$t_{w3} = \frac{\Delta t_3}{2} = \frac{60 \text{ s}}{2} = 30 \text{ s}$$

$$t_{180^\circ} = \frac{2\sqrt{1} R}{V} \cdot \frac{k_{zakr}}{360^\circ}; \quad R = \frac{v^2}{g \cdot \text{tg} \beta}$$

$$R = \frac{200^2 \text{ m}}{9,81 \cdot 1} = \frac{40000 \text{ m}}{9,81} \approx 4080 \text{ m}$$

$$t_{180^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4080 \text{ m}}{200 \text{ m/s}} \cdot \frac{180^\circ}{360^\circ} = 64 \text{ s}$$

$$t_{zb} = 2 t_{pr} + t_{180^\circ} = 2 \cdot 70 \text{ s} + 64 \text{ s} = 204 \text{ s} = 3 \text{ min } 24 \text{ s}$$

$$D_{zb} = t_{pr} \cdot V_{pr} + R = 70 \text{ s} \cdot 200 \text{ m/s} + 4080 \text{ m} = 18080.$$

### 2.4.3. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o $180^\circ$ /na pętli/ w rejonie lotniska

Zbiórka sposobem zakrętu o  $180^\circ$  /na pętli/ w rejonie lotniska jest powszechnie stosowana do formowania ugrupowania bojowego dużej ilości samolotów. Zbiórka ta charakteryzuje się:

- a/ minimalnym czasem zbiórki;
- b/ łatwym wykonaniem;
- c/ możliwością sformowania dowolnego ugrupowania bojowego;
- d/ możliwością wykonania zbiórki na małej wysokości;
- e/ możliwością wykonania zbiórki przy ograniczonej widzialności.

Istota zbiórki samolotów polega na tym, że samoloty startują kolejno /pojedynczo, parami, kluczami/ z zachowaniem ustalonych /bezpiecznych/ odstępów czasowych i lecą z kursem startu, wznosząc się do nakazanej wysokości. Prowadzący startuje jako pierwszy, wykonując lot przez czas obliczony, po upływie którego wykonuje zakręt o  $180^\circ$ . W momencie rozpoczęcia zakrętu podaje przez radio sygnał, na który prowadzeni włączają sekundomierze.

Po upływie czasu wytrzymania  $/t_w/$  równego połowie odstępu czasowego podczas startu /lub innego obliczonego/, w zależności od nakazanej odległości w ugrupowaniu bojowym rozpoczynają zakręt o  $180^\circ$ , a po jego wykonaniu zajmują miejsce w ugrupowaniu bojowym.

Zbiórkę sposobem zakrętu o  $180^\circ$  można wykonać z zachowaniem ciszy radiowej, wówczas zakręty o  $180^\circ$  wykonuje się według obliczonego czasu liczonego od startu prowadzącego grupę.

Obliczając zbiórkę sposobem zakrętu o  $180^\circ$  należy ustalić następujące dane:

- a/ liczbę i typ samolotów startujących w grupie  $/n/$ ;
- b/ sposób wykonania startu /pojedynczo, parami, kluczami/;
- c/ odstępy czasowe startu  $/\Delta t_{st}/$ ;
- d/ prędkość i wysokość zbiórki oraz kąt przechylenia  $/\beta /$ ;
- e/ ugrupowanie bojowe.

Obliczenie elementów zbiórki:

- a/ czas startu grupy:

$$t_{st_{gr}} = \Delta t_{st} / n - 1/$$

/69/

b/ czas wytrzymania n-tego prowadzonego w stosunku do prowadzącego

$$t_{wn} = \frac{\Delta t_{st} \cdot /n - 1/}{2} + \frac{\Delta t_{gr} /n_{gr} - 1/}{2} \quad /70/$$

gdzie:

$n_{gr}$  - liczba grup w ugrupowaniu bojowym;

$t_{gr}$  - odstęp czasowy między grupami w kolumnie, oblicza się według

wzoru:

$$\Delta t_{gr} = \frac{\Delta S}{V_{zb}} \quad /71/$$

c/ czas lotu prowadzącego grupy od startu do zakrętu o  $180^\circ$ , dla małych grup:

$$t_{pr} = t_{wzn} + \frac{\Delta t_{st} /n - 1/}{2} + \frac{t_{rez}}{2} \quad /72/$$

d/ czas lotu prowadzącego grupy od startu do zakrętu o  $180^\circ$ , dla dużych grup:

$$t_{pr} = t_{wzn} + t_{rez} + \frac{\Delta t_{st} /n - 1/}{2} - \frac{\Delta t_{gr} /n_{gr} - 1/}{2} \quad /73/$$

e/ czas zbiórki:

$$t_{zb} = t_{st_{gr}} + t_{wzn} + t_{180^\circ} + t_{rez} \quad /74/$$

gdzie:

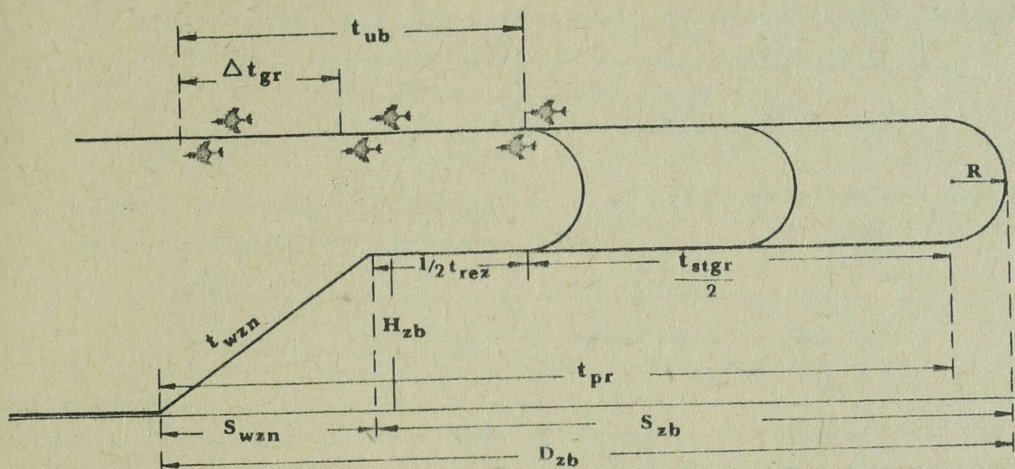
$t_{rez}$  - czas rezerwowy ok. 1 min podczas zbiórek dużych grup

f/ długość rejonu zbiórki /pętli/:

$$D_{zb} = S_{wzn} + V_{zb} \cdot \frac{\Delta t_{st} /n_{gr}}{2} + R + V_{zb} \cdot t_{rez} \quad /75/$$

g/ czas lotu n-tego samolotu od momentu startu prowadzącego do zakrętu o  $180^\circ$  podczas zbiórki z zachowaniem ciszy radiowej:

$$t_n = t_{pr} + \frac{\Delta t_{st} /n - 1/}{2} + \frac{\Delta t_{gr} /n_{gr} - 1/}{2} \quad /76/$$



Rys.19. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o  $180^\circ$  /na pętli/ w rejonie lotniska

#### 2.4.4. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o $180^\circ$ /na pętli/ nad dalszą radiolaternią lotniskową /DRL/

W wypadku konieczności wykonania sformowania ugrupowania bojowego nad chmurami zaleca się wykorzystanie dalszej radiolaterni lotniskowej /lub inne środki radiotechniczne np. systemy kątowno odległościowe, stacje radiolokacyjne itp./. W tym przypadku kierunek osi pętli może być dowolny i ugrupowanie bojowe formuje się tak, aby kurs lotu samolotu prowadzącego na drugiej prostej był zgodny z kursem lotu po trasie.

Istota zbiórki sposobem zakrętu o  $180^\circ$  nad DRL polega na tym, że po starcie i nabraniu wysokości oraz wykonaniu zakrętu o  $180^\circ$  /po przebieciu chmur/, każdy samolot leci na DRL. Prowadzący w chwili przelotu nad DRL podaje komendę, na podstawie której pozostali prowadzeni włączają sekundomierze, a w chwili przelotu nad DRL wyłączają sekundomierze i określają rzeczywiste czasowe odstępy. Zajmowanie miejsca w ugrupowaniu bojowym jest realizowane na pętli, której punktem początkowym jest DRL.

##### Obliczenie elementów zbiórki

###### 1. Czas zbiórki:

$$t_{zb} = t_{stgr} + t_{wzn} + t_{360^\circ} + t_{DRL} + t_{rez} \quad /77/$$

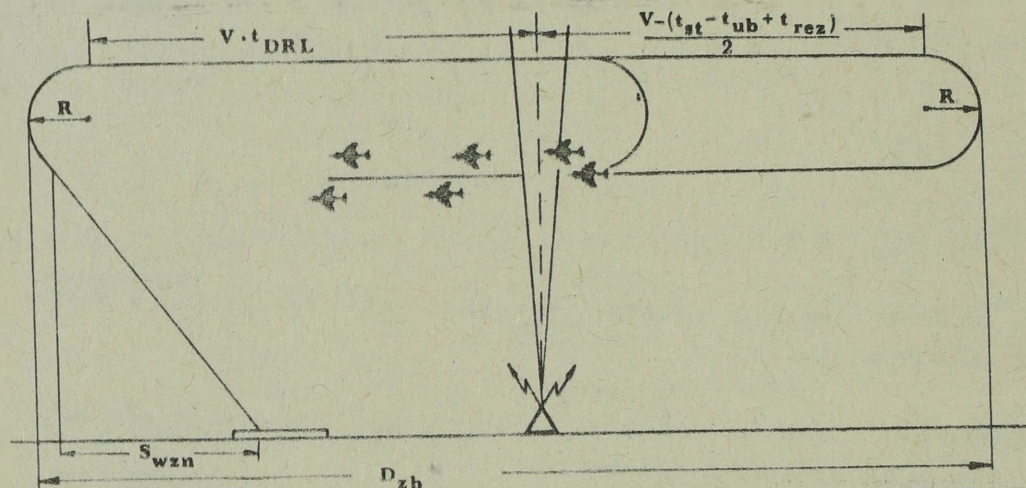
gdzie:

$$t_{DRL} = \frac{S_{wzn} + D_{DRL}}{V} \quad /78/$$

2. Długość rejonu zbiórki:

$$D_{zb} = S_{wzn} + D_{DRL} + v \cdot t_{pr} + 2R$$

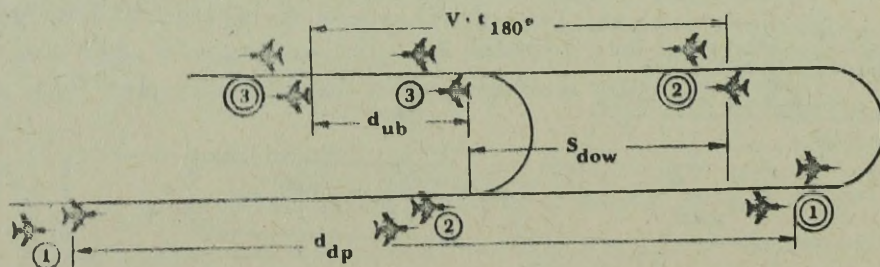
/79/



Rys.20. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o 180° /na pętli, nad DRL/

2.4.5. Zbiórka samolotów sposobem zakrętu o 180° /na pętli/ w warunkach dowodzenia z ziemi przy wykorzystaniu stacji radiolokacyjnej

W lotnictwie myśliwskim i myśliwsko-bombowym dość często formowanie ugrupowania bojowego odbywa się na podstawie komend z ziemi. W tym przypadku wykorzystuje się dane o wzajemnym położeniu samolotów ze wskaźnika stacji radiolokacyjnej. Navigator naprowadzania /operator/ dokonuje bezpośrednio ze wskaźnika pomiar odległości między samolotami i określa moment zakrętu o 180° w celu zajęcia miejsca w ugrupowaniu bojowym.



Rys.21. Formowanie ugrupowania bojowego sposobem zakrętu o 180° w warunkach dowodzenia z ziemi z wykorzystaniem RLS

Dla sformowania zwartego ugrupowania bojowego, kiedy przyjmuje się że odległość pomiędzy samolotami /grupami/ wynosi zero  $d_{ub} = 0$  to:

$$S_{dow} = \sqrt{R} = v \cdot t_{180} \quad /80/$$

natomiast gdy między samolotami ma być ustalona nakazana odległość w ugrupowaniu bojowym  $d_{ub}$ , to:

$$S_{dow} = \sqrt{R - d_{ub}} = v / t_{180} - \Delta t_{ub} / \quad /81/$$

Przykład:

Obliczyć elementy zbiórki eskadry na pętli w rejonie lotniska jeżeli:  $n = 12$  samolotów, start parami,  $\Delta t_{st} = 20$  s; czas wznoszenia,  $t_{wzn} = 50$  s, odległość wznoszenia,  $S_{wzn} = 6$  km; wysokość zbiórki 300 m, prędkość 500 km/h, kąt przechylenia,  $\beta = 45^\circ$ , ugrupowanie eskadry w kolumnie kluczy; odległość między kluczami  $\Delta d = 800$  m, co po przeliczeniu daje  $\Delta t_{gr} = 6$  s,  $t_{180} = 44$  s,  $R = 1970$  m.

Rozwiązanie:

1. Obliczamy czas startu eskadry:

$$t_{st_{esk}} = \Delta t_{st} / n - 1/ = 20 \text{ s} / 6 - 1/ = 100 \text{ s}$$

2. Obliczamy czas wytrzymania prowadzącej pary:

$$t_{pr} = t_{wzn} + \frac{t_{st_{esk}}}{2} - \frac{\Delta t_{gr} / N_{gr} - 1/}{2} = 50 \text{ s} + \frac{100 \text{ s}}{2} - \frac{6/3 - 1/}{2} = 156 \text{ s}$$

3. Obliczamy czas wytrzymania drugiej pary w stosunku do prowadzącego klucz

$$t_{w2} = \frac{\Delta t_{st}}{2} = \frac{20 \text{ s}}{2} = 10 \text{ s}$$

4. Obliczamy czas wytrzymania trzeciej pary /jako prowadzącej drugi klucz/ w stosunku do prowadzącego eskadrę:

$$t_{w3} = \frac{\Delta t_{st} / n_{pary} - 1/}{2} + \frac{\Delta t_{gr} / N_{gr} - 1/}{2} = \frac{20 \text{ s} / 3 - 1/}{2} + \frac{6 \text{ s} / 2 - 1/}{2} = 46 \text{ s}$$

5. Obliczamy czas wytrzymania czwartej pary /jako prowadzącej w drugim kluczu/ w stosunku do prowadzącego klucz:

$$t_{w4} = \frac{\Delta t_{st}}{2} = \frac{20 \text{ s}}{2} = 10 \text{ s}$$

6. Obliczamy czas wytrzymania piątej pary /jako prowadzącej trzeci klucz/ w stosunku do prowadzącego eskadrę:

$$t_{w5} = \frac{\Delta t_{st}/n_{pary}^{-1/}}{2} + \frac{\Delta t_{gr}/N_{gr}^{-1/}}{2} = \frac{20 \text{ s}/5^{-1/}}{2} + \frac{6 \text{ s}/3^{-1/}}{2} = 86 \text{ s}$$

7. Obliczamy czas wytrzymania szóstej pary /jako prowadzonej w trzecim kluczu/ w stosunku do prowadzącego trzeci klucz:

$$t_{w6} = \frac{\Delta t_{st}}{2} = \frac{20 \text{ s}}{2} = 10 \text{ s}$$

8. Obliczamy czas zbiórki eskadry:

$$t_{zb_{esk}} = t_{wzn} + t_{st_{esk}} + t_{180^\circ} = 50 \text{ s} + 100 \text{ s} + 44 \text{ s} = 195 \text{ s} = 3 \text{ min. } 14 \text{ s}$$

9. Obliczamy długość rejonu zbiórki:

$$D_{zb_{esk}} = S_{wzn} + V \cdot \frac{t_{st_{gr}}}{2} + R = 6000 \text{ m} + 138 \text{ m/s} \cdot \frac{100 \text{ s}}{2} + 1970 \text{ m} = 14870 \text{ m}$$

#### 2.4.6. Zbiórka samolotów na trójkącie

Istota tego sposobu formowania ugrupowania bojowego polega na zmianie odległości między samolotami /grupami/ poprzez wykonywanie jednoczesnych lub kolejnych zakrętów przez samoloty /grupy/ o kącie obliczonym. Z punktu widzenia teoretycznego sposób ten ma wiele wspólnego z wykonaniem zbiórki samolotów sposobem zakrętu o  $180^\circ$  /na pętli/.

Formowanie ugrupowania bojowego /sposobem zbiórki samolotów/ na trójkącie może mieć zastosowanie we wszystkich rodzajach lotnictwa - zarówno w czasie lotu poziomego, jak i podczas lotu wznoszącego. W praktyce sposób ten bardzo często nazywany jest jako zbiórka samolotów zakrętem "wszyscy razem" o kąt  $90^\circ$  albo  $120^\circ$ . Zbiórkę samolotów tymi sposobami wykonuje się wówczas gdy pierwszy odcinek trasy lotu przebiega prostopadle lub pod pewnym kątem do kierunku startu, ponadto można je wykonać zakrętem w prawo lub lewo w zależności od kierunku lotu na wykonanie zadania.

Zbiórkę zakrętem "wszyscy razem" o kąt  $90^\circ$  wykonuje się w ten sposób, że prowadzący samolot /grup/ startuje jako środkowy. Samolot /para/

startujący, jako pierwszy po osiągnięciu nakazanej wysokości lotu, leci z kursem startu. Pozostałe samoloty /grupy/ utrzymują kierunek według samolotu lecącego w przodzie lub według kursu. Początek zakrętu prowadzącego określa się z takim wyłożeniem, aby ostatni samolot /grupa/ osiągnął nakazaną wysokość.

Prowadzący grupę po upływie obliczonego czasu / $t_{pr}$ / podaje sygnał przygotowawczy, a po 5-6 s komendę na wykonanie zakrętu "wszyscy razem" o nakazany kąt, a następnie lecą z ustalonym kursem zbliżając się do prowadzącego na kursach zbliżnych.

Obliczenie zbiórki samolotów zakrętem "wszyscy razem" o kąt  $90^\circ$

- czas lotu prowadzącego grupy:

$$t_{pr} = t_{wzn} + \Delta t_{st} \cdot n_1 \quad /82/$$

gdzie:

$n_1$  - liczba samolotów /grup/ startujących za prowadzącym  
- kąt zakrętu n-tego samolotu:

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{D_{zb}}{n \cdot V_{zb} \cdot \Delta t_{st}} \quad /83/$$

gdzie:

$D_{zb}$  - odległość pomiędzy punktami rozpoczęcia zakrętu, a punktem spotkania. Określa się przez narysowanie łuku o promieniu zakrętu i stycznej do niego prostej do punktu spotkania  
- prędkości prowadzonych / $V_1, V_2, \dots, V_n$ /:

$$V_n = \frac{V_{zb}}{\sin \alpha_n} \quad /84/$$

gdzie:

$\sin \alpha_n$  - kąt zakrętu n-tego samolotu  
- czas zbiórki:

$$t_{zb} = t_{wzn} + \Delta t_{st} / n - 1 / + t_{90^\circ} + \frac{D_{zb}}{V_{zb}} \quad /85/$$

Przykład:

Obliczyć zbiórkę klucza w składzie 4 samolotów, jeżeli: start pojedynczo  $\Delta t_{st} = 20$  s;  $H_{zb} = 600$  m;  $t_{wzn} = 1$  min 30 s;  $V_{zb} = 600$  km/h;  $t_{90^\circ} = 26$  s;  $D_{pr} = 20$  km;  $S_{wzn} = 8$  km. Prowadzący startuje w drugiej kolejności więc liczba samolotów startujących za nim  $n_1 = 2$ .

Rozwiązanie:

1. Obliczamy czas lotu prowadzącego:

$$t_{pr} = 90 \text{ s} + 20 \text{ s} \cdot 2 = 130 \text{ s} = 2 \text{ min } 10 \text{ s}$$

2. Obliczamy odległości między samolotami:

$$L = v_{zb} \cdot \Delta t_{st} = 167 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s} = 3340 \text{ m}$$

3. Obliczamy czas zbiórki:

$$t_{zb} = 90 \text{ s} + 20 \text{ s} / 4 - 1/ + 26 \text{ s} + 120 \text{ s} = 296 \text{ s} \approx 5 \text{ min}$$

gdzie:

$$120 \text{ s} = \frac{D_{zb}}{v_{zb}} = \frac{20000 \text{ m}}{167 \text{ m/s}}$$

4. Obliczamy kąty zakreću prowadzonych:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 80,5^\circ = 99,5^\circ;$$

$$\alpha_{pr} = 90^\circ$$

$$\text{tg } \alpha_3 = \frac{20000 \text{ m}}{1 \cdot 167 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s}} = 6; \quad \alpha_3 = 80,5^\circ$$

$$\text{tg } \alpha_4 = \frac{20000 \text{ m}}{2 \cdot 167 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s}} = 3; \quad \alpha_4 = 71,5^\circ$$

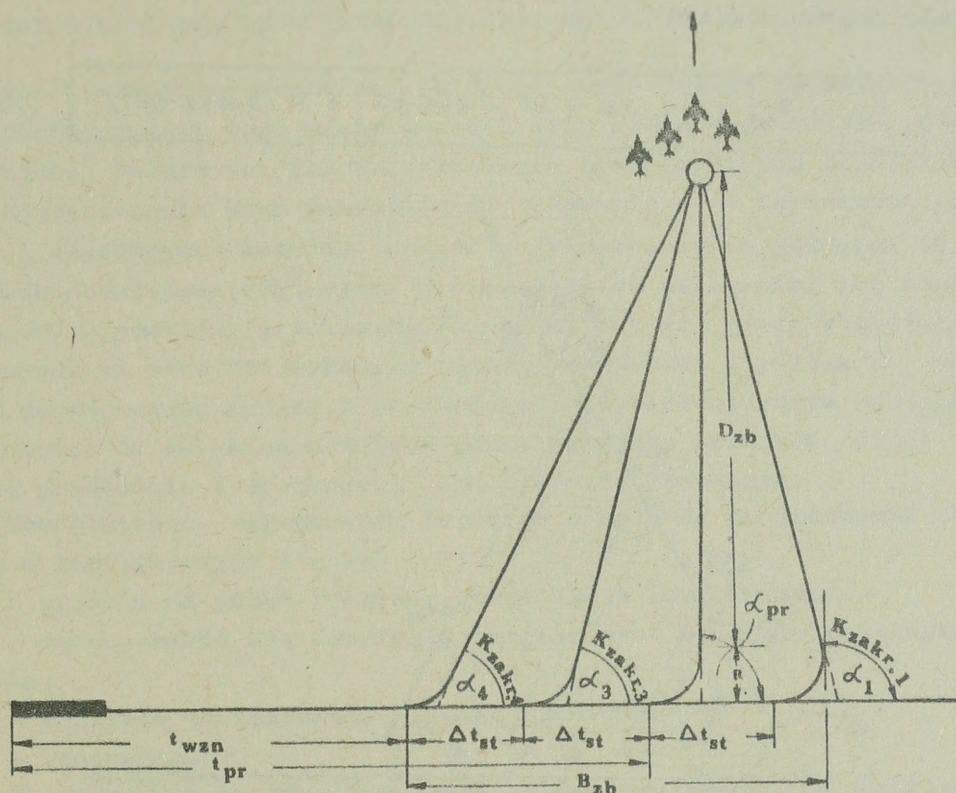
5. Obliczamy prędkości dla poszczególnych samolotów:

$$v_1 = v_3 = \frac{600 \text{ km/h}}{\sin 80,5^\circ} = \frac{600 \text{ km/h}}{0,96} = 625 \text{ km/h}$$

$$v_{pr} = 600 \text{ km/h}$$

$$v_4 = \frac{600 \text{ km/h}}{\sin 71,5^\circ} = \frac{600 \text{ km/h}}{0,94} = 635 \text{ km/h}$$

Jak widać z powyższego przykładu zbiórka tym sposobem wymaga dokładnego rozpracowania; dobrego przygotowania załóg, sprawnej organizacji przeprowadzenia i dokładnego wytrzymania nakazanych warunków lotu. Ze względu na oszczędność czasu ten sposób zbiórki zaleca się wykonać podczas lotu na pełny zasięg oraz w przypadku deficytu czasu, np. lot na przechwycenie, na wezwanie itp.



Rys.22. Zbiórka zakretem "wszyscy razem" o kąt  $90^\circ$

Obliczenie zbiórki samolotów zakretem "wszyscy razem" o kąt  $120^\circ$ :  
/tzw. zbiórka na trójkącie/

- czas lotu prowadzącego:

$$t_{pr} = \Delta t_{st} / n - 1/ + t_{wzn}$$

/86/

- czas zbiórki:

$$t_{zb} = t_{pr} + t_{120^\circ} + \Delta t_{st} / n - 1/$$

/87/

- długość rejonu zbiórki:

$$D_{zb} = v_{zb} \cdot t_{pr} + R$$

/88/

lub

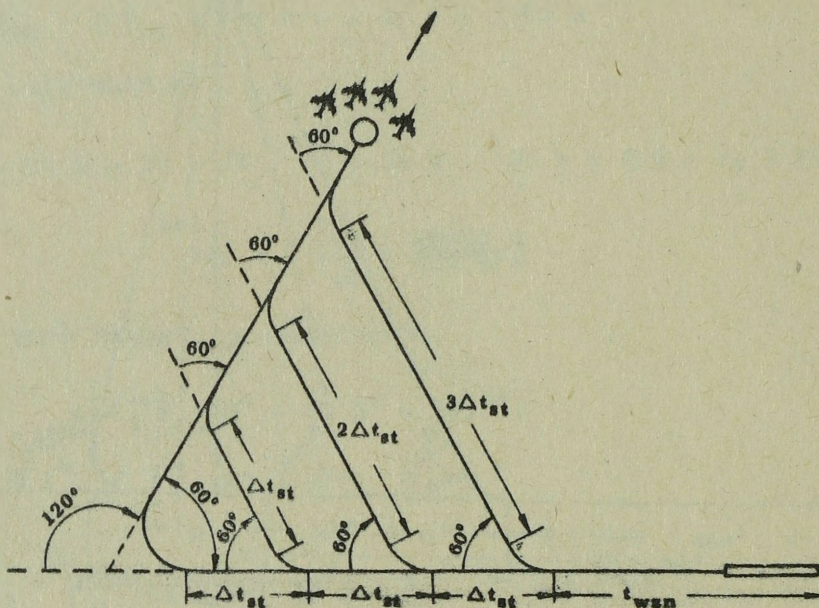
$$D_{zb} = v_{pr} \cdot \Delta t_{st} / n - 1/ + t_{wzn}$$

/89/

- szerokość rejonu zbiórki:

$$B_{zb} = v_{zb} \cdot \Delta t_{st} / n - 1/ \cdot \sin 60^\circ + R / 1 + \sin 30^\circ /$$

/90/



Rys. 23. Zbiórka zakretem "wszysty razem" o kąt  $120^\circ$  /tzw. zbiórka trójkącie/

Przykład:

Obliczyć elementy zbiórki samolotów sposobem zakretem "wszysty razem" o kąt  $120^\circ$ , jeżeli: start klucza odbywa się pojedynczo co 20 s,  $n = 4$ ,  $v_{zb} = 600$  km/h,  $\beta = 45^\circ$ ,  $t_{wzn} = 75$  s,  $R = 2800$  m,  $t_{120^\circ} = 35$  s

Rozwiązanie:

a/  $t_{pr} = 20 \text{ s} / 4 - 1/ + 75 \text{ s} = 135 \text{ s} = 2 \text{ min } 15 \text{ s}$

b/  $t_{zb} = 135 \text{ s} + 35 \text{ s} + 20 \text{ s} / 4 - 1/ = 230 \text{ s} = 3 \text{ min } 50 \text{ s}$

c/  $D_{zb} = 167 \text{ m/s} \cdot 135 \text{ s} + 2800 \text{ m} \approx 25300 \text{ m}$

d/  $B_{zb} = 167 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s} / 4 - 1/ \cdot 0,86 + 2800 \text{ m} \cdot 1,58 \approx 13050 \text{ m}$

### 3. ROZFORMOWANIE UGRUPOWANIA BOJOWEGO SAMOLOTÓW DO LĄDOWANIA

Rozformowanie ugrupowania bojowego samolotów do lądowania polega na rozpuszczeniu tego ugrupowania w celu zachowania bezpieczeństwa i ustalonej kolejności podczas lądowania poszczególnych samolotów /par/.

Rozpuszczenie grup samolotów do lądowania - to zamierzone rozluźnienie i usytuowanie kolejno samolotów /kluczy, par/ w jednakowych odległościach /odstępach czasowych/ niezależnie od odległości lub odstępów czasowych pomiędzy samolotami /kluczami, parami/ przed rozpuszczeniem. Czynność ta może być wykonana różnymi sposobami i polega na odpowiednim manewrowaniu kursem i prędkością lotu, zapewniającym kolejne wyjście samolotów na zawczasu ustalony punkt początku zniżania /PPZn/ z ustaloną prędkością i wysokością lotu i kursem lądowania.

Rozformowanie ugrupowania bojowego samolotów do lądowania składa się z następujących etapów, jak:

- wyjście na punkt /rubież/ rozpoczęcia rozformowania;
- manewrowanie dla ustalenia bezpiecznych odstępów czasowych lądowania;
- zniżanie do lądowania /przebijanie chmur/;
- lądowanie.

W zależności od typu samolotów i ich wyposażenia w techniczne środki nawigacji oraz systemów lądowania i środków ubezpieczenia lotów, manewr samolotów w celu rozformowania ugrupowania i wykonania lądowania można podzielić na grupy:

1. Manewr do lądowania ze wstępnym wyjściem nad DRL /dalszą radiołatarnię lotniskową/ lub punkt rozpuszczenia.
2. Manewr do lądowania z rubieży rozpoczęcia zniżania /bezpośrednio z trasy/.

Pierwsza grupa sposobów przewiduje wykonanie rozpuszczenia i manewr do lądowania od DRL lub nakazanego punktu w rejonie lotniska /np. trzeci zakręt, trawers lotniska itp./, przy czym punkt początku zniżania /przebijania chmur/ położony jest na osi drogi startowej i na kierunku lądowania w odległości drogi zniżania.

Druga grupa sposobów przewiduje wykonanie rozpuszczenia i manewr do lądowania na podstawie komend z ziemi lub wykorzystania pokładowych naziemnych środków nawigacji np. RSBN, RSL, SP-50 itd.

W pierwszej i drugiej grupie sposobów rozpuszczenia grup samolotów i manewru do lądowania, odległość punktu początku zniżania nie zależy od sposobu wyjścia na ten punkt lecz od wysokości początku zniżania /przebijania chmur/ oraz warunków zniżania. Wyjście na PPZn zawsze

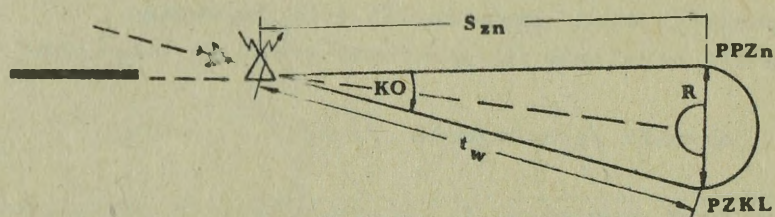
powinno być zgodne z kierunkiem lądowania, a manewr wyjścia dokonany może być następującymi sposobami:

- odchylenie o kąt obliczony;
- odchylenie o kąt nakazany;
- zakręt o  $180^\circ$ ;
- zakręt w stronę najmniejszego kąta.

Wyjście na punkt początku zniżania przez odchylenie o kąt obliczony

Odchylenie o kąt obliczony stosowane jest podczas wyjścia nad DRL z kursem przeciwnym do kierunku lądowania lub zbliżonym do niego  $+ 30^\circ + 45^\circ$ .

Po wyjściu nad DRL samolot zmienia kurs lotu na zawczasu obliczony kąt /KO/ z takim wyliczeniem, aby wyjść na punkt początku zakrętu na kurs lądowania /PZKL/ w odległości około  $2 R$  od PPZn.



Rys.24. Sposób wyjścia na punkt początku zniżania przez odchylenie o kąt obliczony

Wielkość kąta odchylenia oblicza nawigator /pilot/ lub podana jest przez kierownika lotów. Z rysunku wynika, że

$$\boxed{\operatorname{tg} \frac{KO}{2} = \frac{R}{S_{zn}}} \quad /91/$$

W związku z tym praktycznie można korzystać ze wzoru

$$\boxed{\operatorname{tg} KO = \frac{2 R}{S_{zn}}} \quad /92/$$

Czas lotu na kursie odchylonym liczy się od chwili wyjścia nad DRL do momentu rozpoczęcia zakrętu w celu wyjścia na PPZn. Ten czas lotu określa się jako czas wytrzymania  $/t_w/$  i oblicza w następujący sposób:

$$t_w \approx \frac{S_{zn}}{V_{lp}}$$

/93/

gdzie:

$V_{lp}$  - prędkość lotu poziomego na wysokości wyjścia nad DRL i w locie do PZKL.

Jeśli uwzględnimy, że  $S_{zn} = V_{zn.śr} \cdot t_{zn}$  do otrzymamy:

$$t_w = t_{zn} \frac{V_{zn.śr}}{V_{lp}}$$

/94/

A za tym czas lądowania pojedynczego samolotu w takiej sytuacji będzie wynosił:

$$t_{ląd} = t_w + t_{180^\circ} + t_{zn} + t_{DRL} + t_{rez}$$

/95/

Wielkość  $t_w$  oblicza się wcześniej i sporządza tabelkę, gdzie podane są wartości  $t_w$  w zależności od wysokości początku zniżania dla ustalonych warunków lotu.

Po upływie  $t_w$  wykonuje się zakręt na kurs lądowania z ustalonym kątem przechylenia, kontrolując prawidłowość wykonania zakrętu według wskazań radiokompasu i żyrobussoli. Po wyjściu w PPZn samolot przechodzi do zniżania na kursie lądowania z takim wyliczeniem aby przelot nad DRL odbył się na wysokości nie niższej 200 m, a nad BRL około 100 m.

Wyjście na punkt początku zniżania przez odchylenie o kąt ustalony

Wyjście na punkt początku zniżania przez odchylenie o kąt ustalony stosuje się wówczas, kiedy przylot nad DRL jest z kursem przeciwnym do kierunku lądowania. Po przylocie nad DRL samolot zmienia kurs o ustalony kąt, który jest jednakowy dla wszystkich warunków wyjścia nad DRL, a z reguły różni się on o  $15^\circ - 20^\circ$  w stosunku do przeciwnego kursu lądowania. Na kursie z odchyleniem o kąt ustalony wykonuje się lot w czasie  $t_w$ , a następnie zmienia kurs na odwrotny do lądowania i wykonuje lot do PZKL przez  $t_{w2}$  po czym następuje zakręt o  $180^\circ$  na kurs lądowania z wyjściem w PPZn.

Czas lotu z kursem różnym o kąt ustalony /kurs nakazany/ oblicza się za pomocą wzoru:

$$t_{w1} = \frac{2 R}{V \cdot \sin KN}$$

/96/

natomiast  $t_{w_2}$ , oblicza się według wzoru:

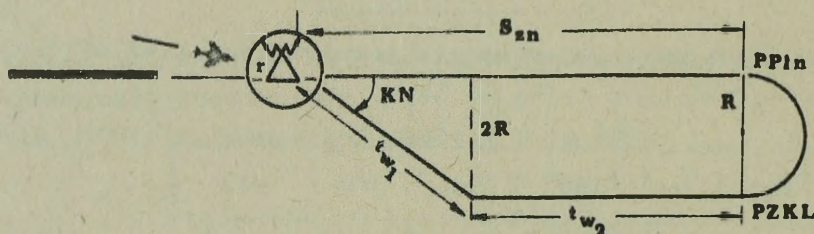
$$t_{w_2} = \frac{S_{zn} - r}{V} - \frac{2R}{V} \operatorname{ctg} KN$$

/97/

A za tym, czas lądowania pojedynczego samolotu /pary/ wynosi:

$$t_{\text{ład}} = t_{w_1} + t_{w_2} + t_{180^\circ} + t_{zn} + t_{\text{DRL}} + t_{\text{rez}}$$

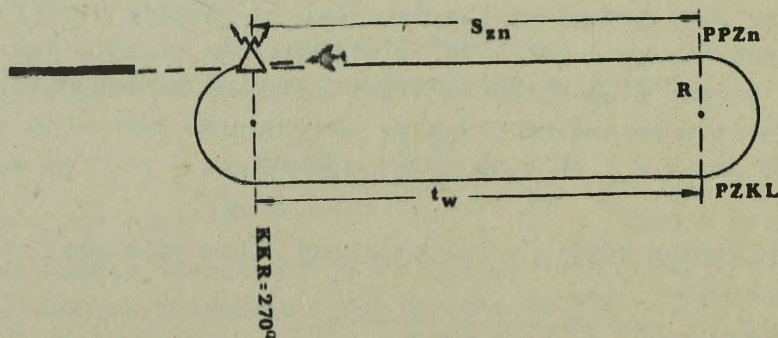
/98/



Rys.25. Manewr wyjścia na punkt początku zniżania przez odchylenie o kąt ustalony /nakazany/

Wyjście na punkt początku zniżania przez wykonanie zakrętu o  $180^\circ$

Jeżeli samolot wychodzi nad DRL z kursem zbliżonym do kursu lądowania, to wówczas obliczony kąt jest równy  $180^\circ$ , a więc manewr polega na wykonaniu z nad DRL zakrętu o  $180^\circ$  i w chwili gdy samolot jest na trasie DRL włącza się sekundomierz dla odczytania czasu wytrzymania  $/t_w/$ , po upływie którego samolot wykonuje lot do PZKL, a następnie zakręt o  $180^\circ$  na kurs lądowania do PPZn.



Rys.26. Manewr wyjścia na punkt początku zniżania poprzez zakręt o  $180^\circ$

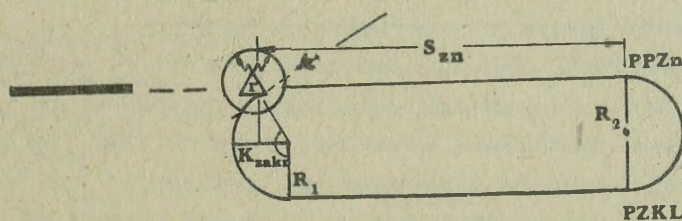
Przy tym manewrze wyjścia na PPZn czas lądowania pojedynczego samolotu /pary/ oblicza się według wzoru:

$$t_{\text{ład}} = t_{180^\circ} + t_w + t_{180^\circ} + t_{\text{zn}} + t_{\text{DRL}} + t_{\text{rez}}$$

/99/

Wyjście na punkt początku zniżania przez wykonanie zakrętu w stronę najmniejszego kąta

Manewr ten stosuje się w przypadku, gdy kierunek lotu wyjścia nad DRL znacznie różni się od kierunku lądowania. Po wyjściu nad DRL samolot wykonuje zakręt w kierunku najmniejszego kąta na kurs przeciwny do kursu lądowania. Promień pierwszego zakrętu  $R_1$  powinien różnić się od promienia zakrętu na kurs lądowania  $R_2$ .



Rys.27. Manewr wyjścia na punkt początku zniżania przez wykonanie zakrętu w stronę najmniejszego kąta

W takiej sytuacji promień zakrętu na kurs lądowania można obliczyć ze wzoru:

$$2R_2 = R_1 + R_1 \cdot \sin /k_{\text{zakr}} - 90^\circ/ + r \sin /180^\circ - k_{\text{zakr}}/$$

/100/

wobec tego:

$$R_1 = \frac{2R_2 - r \sin k_{\text{zakr}}}{1 - \cos k_{\text{zakr}}}$$

/101/

Jeżeli promień strefy niestabilnej pracy radiokompasu /ARK/ jest mały, względnie gdy nad DRL wychodzi się na małej wysokości lotu, to:

$$R_1 = \frac{2R_2}{1 - \cos k_{\text{zakr}}}$$

/102/

natomiast kąt przechylenia można określić według wzoru:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{tg} \beta_2 \frac{1 - \cos k_{\text{zakr}}}{2}$$

/103/

### Ocena dokładności manewru wyjścia na punkt początku zniżania

Dokładność wykonania manewru wyjścia na punkt początku zniżania jest podstawowym warunkiem zapewnienia bezpieczeństwa i przebijania chmur lądowania. Zasadniczo błędy powstają podczas wykonywania zakrętów oraz dokładności określenia momentu przelotu DRL / $\sigma_{S_r}$ / i dokładności obliczenia położenia punktu początku zniżania / $\sigma_{S_{zn}}$ / i lotu do PZKL / $\sigma_{S_{PZKL}}$ /. A więc średni błąd kwadratowy wyjścia na punkt początku zniżania / $\sigma_{S_{PPZ_n}}$ / można przedstawić za pomocą wzoru:

$$\sigma_{S_{PPZ_n}} = \sqrt{\sigma_{S_r}^2 + \sigma_{S_{PZKL}}^2 + \sigma_{S_{zn}}^2}$$

/104/

Średni błąd określenia momentu przelotu DRL / $\sigma_{S_r}$ / jest zależny od wielu czynników i może on osiągnąć wielkość około 2 km / $\sigma_{S_r} \approx 2$  km/. Poza tym niedokładne określenie prędkości lotu do PZKL ma również istotny wpływ na ogólny błąd i może on być dość duży. np. przy określeniu prędkości lotu z błędem 3% i drodze zniżania równej 50 - 250 km, błąd ten może osiągnąć wielkość 1,5 + 7,5 km, a przy określeniu prędkości lotu z dokładnością do 1%, błąd ten będzie miał wielkość około 0,25 + 2,5 km, wobec tego średni kwadratowy błąd wyjścia na PZKL można określić według wzoru:

$$\sigma_{S_{PZKL}} = \sqrt{\left| \frac{\sigma_W}{W} S_{zn} \right|^2 + \left| \frac{\sigma_V}{V} S_{zn} \right|^2 + \frac{1}{2} K \sqrt{S_{zn} \frac{S_{zn}}{V}}}$$

/105/

gdzie:

$\frac{\sigma_W}{W}$  - błąd niedokładnego określenia prędkości podróźnej

$\frac{\sigma_V}{V}$  - błąd dokładności utrzymania nakazanej prędkości lotu

K - współczynnik zależny od wysokości lotu, pory roku uwzględniający zmienność wiatru

Przy zastosowaniu urządzeń pomiaru prędkości podróźnej np. urządzeń Dopplera, błąd w wyjściu na PZKL zmniejszy się w sposób istotny, względnie zostanie wyeliminowany. Nie uwzględniając możliwości powstania

błędów podczas przebijania chmur, to błąd sumaryczny wyjścia na punkt początku zniżania /PPZ<sub>II</sub>/ z wysokości większych niż 10 000 m może wynosić około 8 - 10 km co znacznie utrudni manewr do lądowania w trudnych warunkach atmosferycznych. Dokładność wykonania manewru przebijania chmur i lądowania znacznie się zwiększa dzięki stosowaniu systemów typu RSBN i urządzeń dopplerowskich.

### 3.1. Sposoby rozformowania ugrupowania bojowego samolotów do lądowania w zwykłych warunkach atmosferycznych

Rozformowanie ugrupowania bojowego i wykonanie lądowania przez grupę samolotów należy do ważnego etapu lotu bojowego. Wybrany sposób rozformowania i wykonanie lądowania przez grupę samolotów powinien zapewnić maksymalne bezpieczeństwo, krótki czas manewrowania oraz skrytość jego wykonania.

Sposób rozformowania /rozpuszczenia/ do lądowania głównie zależy będzie od: wielkości grupy i rodzaju ugrupowania bojowego samolotów przed rozpuszczeniem, wyszkolenia personelu latającego oraz stanu i wyposażenia lotniska.

Wielkość grupy samolotów najczęściej jest zależna od wykonywanego zadania bojowego i może być różna od klucza do pułku, a nawet większa. Małe grupy samolotów w składzie klucza z reguły rozformowywane są na jednej pętli, natomiast większe grupy /kilka kluczy, eskadra/ na pętli rozpuszczenia i na pętli wyczekiwania, przy czym pętla rozpuszczenia i wyczekiwania jest na różnych wysokościach dla zachowania bezpieczeństwa lotu oraz wypracowania nakazanych odstępów czasowych lądowania.

W lotnictwie myśliwskim, myśliwsko-bombowym najczęściej stosowane są następujące sposoby rozpuszczenia grup samolotów do lądowania w zwykłych warunkach atmosferycznych:

1. Nad lotniskiem na kursie lądowania.
2. Od trawersu lotniska /trzeciego zakrętu/ z kursem przeciwnym do kierunku lądowania.
3. Nad lotniskiem z kursem przeciwnym do kierunku lądowania.
4. Na podwójnej pętli na kursie lądowania.
5. Na podwójnej pętli od trawersu lotniska.
6. Na trzech pętlach.

#### Rozpuszczenie grupy nad lotniskiem na kursie lądowania

Rozpuszczenie grupy samolotów nad lotniskiem na kursie lądowania polega na tym, że wykonują one krąg, a po wytrzymaniu określonego czasu rozpuszczenia, począwszy /liczony/ od komendy prowadzącego lub po-

ozątku zakrętu poprzednika, wykonują kolejno zakręt na kursie lądowania. Czas wytrzymania równa się połowie odstępu czasowego pomiędzy lądującymi samolotami. Obliczenie lądowania wykonuje się następująco:

$$t_{\text{rozp}} = \Delta t_{\text{rozp}} / n - 1/$$

$$t_{\text{ląd}} = \Delta t_{\text{ląd}} / n - 1/ + t_{\text{kr}}$$

$$D_{\text{rozp}} = t_{\text{rozp}} \cdot v_{\text{rozp}} + R + D_{\text{RL}}$$

gdzie:

$t_{\text{rozp}}$  - czas rozpuszczenia

$t_{\text{ląd}}$  - czas lądowania

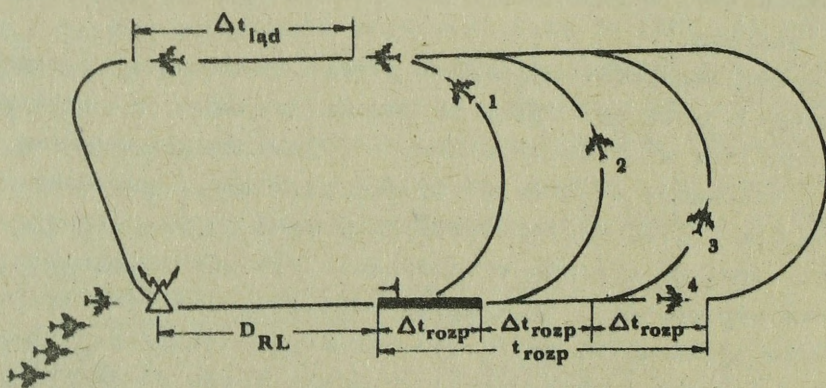
$\Delta t_{\text{ląd}}$  - odstęp czasowy lądowania pomiędzy samolotami

$\Delta t_{\text{rozp}}$  - odstęp czasowy rozpuszczania  $\Delta t_{\text{rozp}} = \frac{\Delta t_{\text{ląd}}}{2}$

$t_{\text{kr}}$  - czas lotu po kręgu nad lotniskiem

$D_{\text{RL}}$  - odległość radiolatarni od początku drogi startowej

$D_{\text{rozp}}$  - długość rejonu rozpuszczenia



Rys.28. Rozpuszczenie kluoza nad lotniskiem na kursie lądowania

Przykład:

Obliczyć czas lądowania kluoza i długość rejonu rozpuszczenia jeżeli:

$$\Delta t_{\text{rozp}} = 15 \text{ s}, v_{\text{rozp}} = 600 \text{ km/h}, \beta = 30^\circ, R = 4900 \text{ m}, t_{\text{kr}} = 4 \text{ min},$$

$$D_{\text{RL}} = 4 \text{ km}$$

Rozwiązanie:

$$t_{\text{rozp}} = 15 \text{ s} / 4 - 1/ = 45 \text{ s}.$$

$$t_{\text{ląd}} = 30 \text{ s} / 4 - 1/ + 240 \text{ s} = 5 \text{ min } 30 \text{ s}$$

$$D_{\text{rozp}} = 45 \text{ s} \cdot 167 \text{ m/s} + 4900 \text{ m} + 4000 \text{ m} = 16415 \text{ m}$$

### Rozpuszczenie grupy od trawersu lotniska /trzeciego zakrętu/

Rozpuszczenie od trawersu lotniska /trzeciego/ zakrętu wykonuje się wówczas gdy grupa przylatuje w rejon lotniska z kursem przeciwnym do kierunku lądowania. Rozpuszczenie tym sposobem wymaga dokładnego wprowadzenia grupy w rejon trzeciego zakrętu na kurs przeciwny do kierunku lądowania. Podchodząc do trzeciego zakrętu prowadzący podaje komendę na rozpuszczenie. Po tej komendzie pierwszy samolot rozpoczyna zakręt, a pozostałe samoloty włączają sekundomierze i odchodzą od grupy po upływie ustalonych  $\Delta t_{\text{rozp}}$  liczonego według odejścia poprzednika. Ten sposób rozpuszczenia zapewnia lądowanie grupy w krótkim czasie i w równych odstępach czasowych. Czas lądowania oblicza się według wzoru:

$$t_{\text{ląd}} = \Delta t_{\text{ląd}} / n - 1/ + t_{3\text{zakr}} + t_{4\text{zakr}} + t_{\text{DRL}}$$

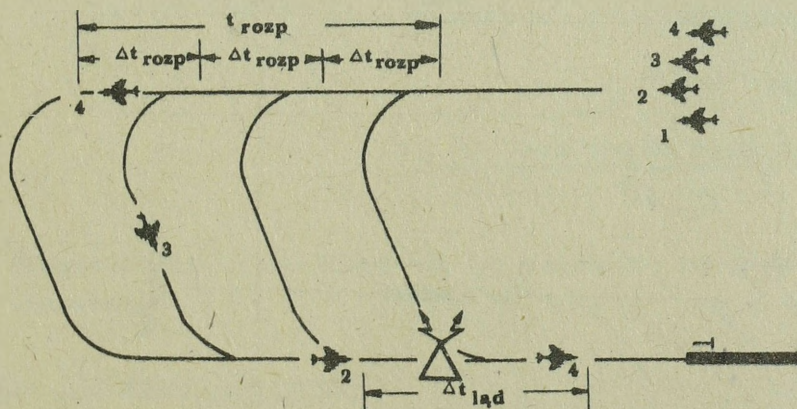
/106/

gdzie:

$t_{3\text{zakr}}$  - czas trzeciego zakrętu;

$t_{4\text{zakr}}$  - czas czwartego zakrętu;

$t_{\text{DRL}}$  - czas przelotu odległości od DRL do początku drogi startowej.



Rys.29. Rozpuszczenie klucza od trawersu lotniska /trzeciego zakrętu/

#### Przykład:

Oblńczyć czas lądowania klucza przy lądowaniu parami co 30 s jeżeli:

$\Delta t_{\text{rozp}} = 15 \text{ s}$ ,  $v_{\text{rozp}} = 500 \text{ km/h}$ ,  $\beta = 45^\circ$ ,  $R = 2000 \text{ m}$ ,  $\Delta t_{\text{ląd}} = 30 \text{ s}$ ,

$t_{3\text{zakr}} + t_{4\text{zakr}} = 75 \text{ s}$ ,  $t_{\text{DRL}} = 40 \text{ s}$

#### Rozwiązanie:

$$t_{\text{ląd}} = 30 \text{ s} / 2 - 1/ + 75 \text{ s} + 40 \text{ s} = 145 \text{ s} = 2 \text{ min } 25 \text{ s}$$

### Rozpuszczenie grupy nad lotniskiem z kursem przeciwnym do kierunku lądowania

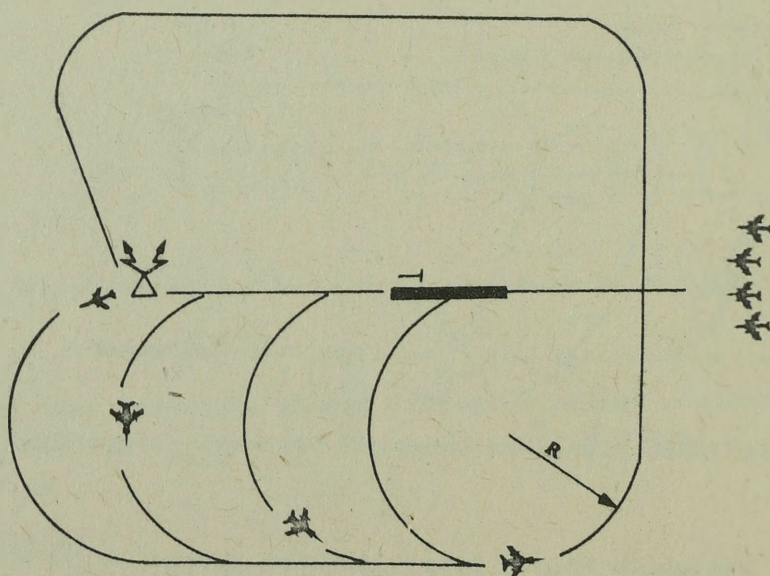
Sposób ten stosuje się w utrudnionych warunkach atmosferycznych /słaba widzialność/, kiedy nie można dokładnie wyjść w rejon trzeciego zakrętu. Po wyjściu z kursu przeciwnym nad początek drogi startowej, prowadzący podaje komendę na odejście pierwszego samolotu /pary/. Kolejne samoloty /pary/ odchodzą w określonych odstępach czasowych rozpuszczenia.

Pierwszy samolot wykonuje zakręt o  $270^\circ$ , a następnie odchodzi w rejon drugiego zakrętu, wykonuje krąg i ląduje. Kolejne samoloty /pary/ wykonują zakręt o  $180^\circ$ , a następnie po upływie czasu  $\Delta t_{\text{rozp}}$  zakręt o  $90^\circ$ . Dalszy lot wykonują jak pierwszy samolot. Sposób ten jest mało dokładny ze względu na wykonywanie dużej ilości zakrętów, co powoduje duże prawdopodobieństwo nieutrzymania nakazanych przerw lądowania pomiędzy samolotami /parami/. Czas lądowania znacznie się wydłuża:

$$t_{\text{ląd}} = \Delta t_{\text{ląd}} / n - 1/ + t_{270^\circ} + t_{\text{kr}}$$

$$D_{\text{rozp}} = t_{\text{rozp}} \cdot V_{\text{rozp}} + 2R$$

/107/



Rys. 30. Rozpuszczenie klucza nad lotniskiem z kursem przeciwnym do kierunku lądowania

### Przykład:

Obliczyć czas lądowania kłucza samolotów, jeżeli:  $\Delta t_{\text{ląd}} = 30 \text{ s}$ , lądowanie pojedynco,  $v_{\text{rozp}} = 550 \text{ km/h}$ ,  $\beta = 30^\circ$ ,  $t_{\text{kr}} = 4 \text{ min}$ ,  $t_{270^\circ} = 2 \text{ min. } 8 \text{ s}$ ,  $R \approx 4100 \text{ m}$ , wyjście nad drogę startową z kursem przeciwnym.

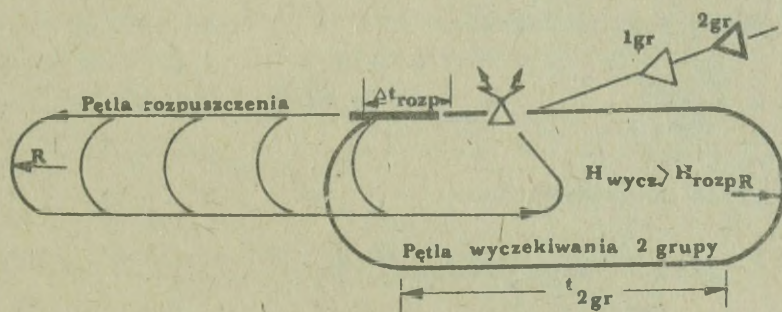
Rozwiązanie:

$$t_{\text{ląd}} = \frac{\Delta t_{\text{ląd}}}{n - 1} + t_{270^\circ} + t_{\text{kr}} = \frac{30 \text{ s}}{4 - 1} + 128 \text{ s} + 240 \text{ s} = 7 \text{ min. } 38 \text{ s}$$

$$D_{\text{rozp}} = \frac{\Delta t_{\text{ląd}}}{2} \cdot v_{\text{rozp}} + 2R = \frac{30 \text{ s}}{2} \cdot 152 \text{ m/s} + 2 \cdot 4100 \text{ m} = 10480 \text{ m}$$

### Rozpuszczenie grup samolotów na podwójnej pętli na kursie lądowania

Ten sposób rozpuszczenia stosuje się podczas lądowania większych grup samolotów /np. dwóch grup/. Istota polega na tym, że po wyjściu nad lotnisko jedna grupa wykonuje rozpuszczenie i zajście do lądowania, druga zaś wykonuje zakręt o  $180^\circ$  z jednoczesnym nabieraniem wysokości i leci na kursie przeciwnym do pętli wyczekiwania przez obliczony czas, zapewniający lądowanie pierwszej grupie.



Rys. 31. Rozpuszczenie grup samolotów na podwójnej pętli na kursie lądowania.

### Obliczenie elementów lądowania:

$$\Delta t_{\text{gr}} = \Delta t_{\text{ląd}} \cdot n + \Delta t_{\text{bezp}}$$

/108/

gdzie:

$\Delta t_{\text{gr}}$  - odstęp czasowy lądowania pomiędzy grupami /kłuczami, eskadrami/;

$n$  - liczba samolotów /par/ lądujących przed daną grupą;

$\Delta t_{\text{bezp}}$  - bezpieczny odstęp czasowy.

Przykład:

Obliczyć czas rozpuszczenia i lądowania dwóch eskadr po 12 samolotów przy lądowaniu parami co 30 s, jeżeli:  $V_{\text{rozp}} = 500 \text{ km/h}$ ,  $V_{\text{wycz}} = 600 \text{ km/h}$ , wysokość rozpuszczenia 500 m; wyczekiwania 800 m,  $\beta = 30^\circ$ ,  $\Delta t_{\text{bezp}} = 60 \text{ s}$ ,  $t_{\text{kr}} = 4 \text{ min}$ , wyjście nad lotnisko z kursem zgodnym do kursu lądowania.

Rozwiązanie:

a/ Odstęp czasowy pomiędzy eskadrami:

$$\Delta t_{2\text{esk}} = \Delta t_{\text{ląd}} \cdot n_{\text{par}} + t_{\text{bezp}} = 30 \text{ s} \cdot 6 \text{ par} + 60 \text{ s} = 240 \text{ s}$$

b/ Czas lotu drugiej eskadry na pętli wyczekiwania:

$$t_{360^\circ} = 182 \text{ s}$$
$$t_{2\text{esk}} = \frac{\Delta t_{2\text{esk}} - t_{360^\circ}}{2} = \frac{240 \text{ s} - 182 \text{ s}}{2} = 28 \text{ s}$$

c/ Czas lądowania dwóch eskadr:

$$t_{\text{ląd}} = \Delta t_{\text{ląd}} / n_{\text{par}} - 1/ + \Delta t_{\text{bezp}} / n_{\text{gr}} - 1/ + t_{\text{kr}} =$$
$$= 30 \text{ s} / 12 - 1/ + 60 \text{ s} / 2 - 1/ + 240 \text{ s} = 630 \text{ s} = 10 \text{ min } 30 \text{ s}$$

d/ Długość pętli rozpuszczenia:

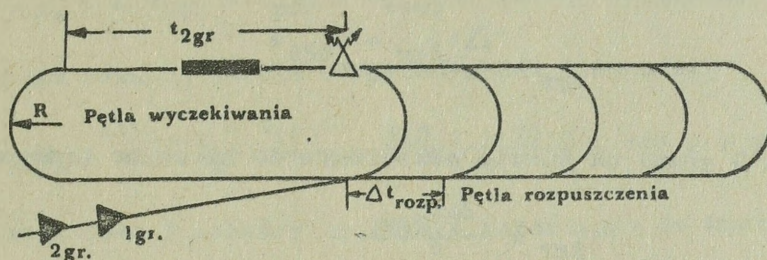
$$D_{\text{rozp}} = \frac{\Delta t_{\text{ląd}}}{2} \cdot V_{\text{rozp}} / n_{\text{par}} - 1/ = \frac{30 \text{ s}}{2} \cdot 139 \text{ m/s} / 6 - 1/ = 10425 \text{ m}$$

e/ Długość pętli wyczekiwania:

$$D_{\text{wycz}} = t_{2\text{esk}} \cdot V_{\text{wycz}} + 2R = 28 \text{ s} \cdot 167 \text{ m/s} + 2 \cdot 4800 \text{ m} = 14280 \text{ m}$$

Rozpuszczenie grup samolotów na podwójnej pętli od trawersu lotniska

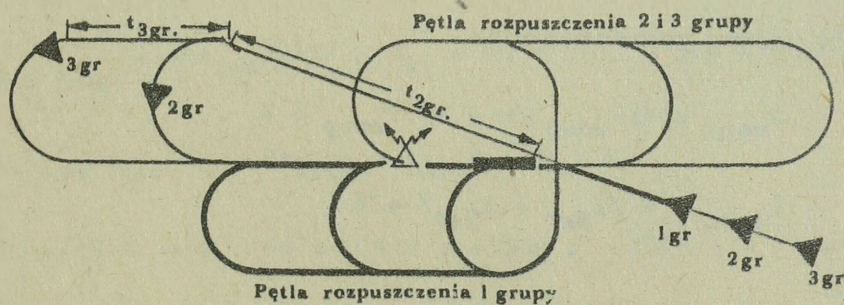
Sposób ten stosuje się wówczas, kiedy kierunek przylotu grup jest przeciwny do kursu lądowania w warunkach dobrej widzialności i wyjście na trzeci zakręt nie jest utrudnione. W takiej sytuacji pierwsza grupa może rozpocząć rozpuszczenie bezpośrednio od trzeciego zakrętu. W tym czasie druga grupa wykonuje zakręt o  $180^\circ$  i wychodzi na pętlę wyczekiwania, zajmując większą wysokość od wysokości rozpuszczenia pierwszej grupy.



Rys.32. Rozpuszczenie grup samolotów na podwójnej pętli od trawersu lotniska

Rozpuszczenie grup samolotów na trzech pętlach z kursem przeciwnym i zgodnym do kierunku lądowania

Sposób ten stosuje się podczas rozpuszczania większej ilości grup samolotów /np: trzech kluczy, eskadr/. Ugrupowanie bojowe jako całość wychodzi na lotnisko, gdzie następuje rozpuszczenie pierwszej grupy z kursem przeciwnym do kierunku lądowania. Druga i trzecia grupa wykonują manewr, w celu wytracenia czasu oraz wyprowadzenia grup do rozpuszczania z kursem zgodnym do kierunku lądowania. Grupy rozpuszczone do lądowania powinny być urzutowane według wysokości.



Rys.33. Rozpuszczenie grup samolotów na trzech pętlach

Obliczenie elementów rozpuszczenia i lądowania:

a/ odstęp czasowy pomiędzy pierwszą i drugą grupą:

$$\Delta t_{2gr} = \Delta t_{ład} \cdot n_1 + t_{270^\circ} + \Delta t_{bezp}$$

$$\Delta t_{3gr} = \Delta t_{ład} \cdot n_2 + \Delta t_{bezp}$$

b/ czas lotu na kursie odchylnym 2 grupy:

$$t_{2gr} = \frac{\Delta t_{2gr} - t_{180^\circ}}{2}$$

o/ czas lotu 3 grupy na kursie przeciwnym do kierunku lądowania:

$$t_{3gr} = \frac{\Delta t_{3gr}}{2}$$

d/ kąt odchylenia 2 i 3 grupy:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2R}{v \cdot t_{2gr}}$$

e/ czasy lądowania:

$$t_{ląd, 1gr} = \Delta t_{ląd} / n - 1/ + t_{270^\circ} + t_{kr}$$

$$t_{ląd, 2gr \text{ i } 3gr} = \Delta t_{ląd} / n - 1/ + t_{kr}$$

$$t_{ląd} = \Delta t_{ląd} / n - 1/ + 2\Delta t_{bezp} + 270^\circ + t_{kr}$$

f/ długość rejonu rozpuszczenia:

$$D_{rozp} = \Delta t_{rozp} / n - 1/ v_{rozp} + R$$

$$D_{wycz} = v / t_{2gr} + t_{3gr} / + R$$

Przykład:

Obliczyć czas rozpuszczenia i lądowania 3 eskadr i jeżeli;  $v_{rozp}$  i  $v_{wycz}$  wynosi 500 km/h,  $\beta = 30^\circ$ , bezpieczny odstęp czasowy pomiędzy eskadrami 60 s, lądowanie parami co 30 s, czas lotu po kręgu 5 min,  $R = 3400$  m,  $t_{270^\circ} = 116$  s,  $t_{180^\circ} = 76$  s

Rozwiązanie:

Obliczamy odstępy czasowe pomiędzy eskadrami:

$$\begin{aligned} \Delta t_{2esk} &= \Delta t_{ląd} \cdot n_{par} + t_{270^\circ} + \Delta t_{bezp} = \\ &= 30 \text{ s} \times 6 \text{ par} + 116 \text{ s} + 60 \text{ s} = 356 \text{ s} = 5 \text{ min } 56 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\Delta t_{3esk} = \Delta t_{lad} \times n_{par} + t_{bezp} = 30 \text{ s} \cdot 12 + 60 \text{ s} = 390 \text{ s}$$

Obliczamy czas lotu na kursie odchylonym 2 i 3 eskadry:

$$t_{2esk} = \frac{\Delta t_{2esk} - t_{180^\circ}}{2} = \frac{356 \text{ s} - 76 \text{ s}}{2} = 140 \text{ s} = 2 \text{ min } 20 \text{ s}$$

Obliczamy czas lotu 3 eskadry na kursie przeciwnym do kierunku lądowania:

$$t_{3esk} = \frac{\Delta t_{3esk}}{2} = \frac{390 \text{ s}}{2} = 195 \text{ s} \approx 3 \text{ min } 15 \text{ s}$$

Obliczamy kąt odchylenia 2 i 3 eskadry:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2R}{v \cdot t_{2esk}} = \frac{2 \cdot 3400 \text{ m}}{139 \text{ m/s} \cdot 140 \text{ s}} = \frac{6800 \text{ m}}{19460 \text{ m}} = 0,35$$

$$\alpha = 19,5^\circ$$

Obliczamy czasy lądowania:

$$t_{lad_{1esk}} = \Delta t_{lad}/n-1/ + t_{270^\circ} + t_{kr} = 30 \text{ s}/6-1/ + 116 \text{ s} + 300 \text{ s} = 566 \text{ s} = 9 \text{ min } 26 \text{ s}$$

$$t_{lad_{2esk \text{ i } 3esk}} = \Delta t_{lad}/n-1/ + t_{kr} = 30 \text{ s}/6-1/ + 300 \text{ s} = 450 \text{ s} = 7 \text{ min } 30 \text{ s}$$

$$t_{lad} = \Delta t_{lad}/n_{par}-1/ + 2t_{bezp} + t_{270^\circ} + t_{kr} = 30 \text{ s}/18-1/ + 2 \cdot 60 \text{ s} + 116 \text{ s} + 300 \text{ s} = 1046 \text{ s} = 17 \text{ min } 26 \text{ s}$$

Obliczamy długość rejonu rozpuszczenia:

$$D_{rozp} = \frac{\Delta t_{lad}}{2} \cdot v_{rozp} + R = \frac{30 \text{ s}}{2} \cdot 139 \text{ m/s} + 3400 \text{ m} = 13,8 \text{ km}$$

$$D_{wycz} = v_{wycz} / t_{2esk} + t_{3esk} / + R = 139 \text{ m/s} / 140 \text{ s} + 195 \text{ s} / + 3400 \text{ m} \approx 46 \text{ km}$$

### 3.2. Sposoby rozformowania ugrupowania bojowego samolotów do lądowania w trudnych warunkach atmosferycznych /TWA/

Rozformowanie /rozpuszczenie/ ugrupowania bojowego samolotów do lądowania w TWA stanowi jeden z trudniejszych etapów w wykonaniu lotu grupowego. Manewr ten z zasady odbywa się nad chmurami przy wykorzystaniu naziemnego elektronicznego zabezpieczenia lotów /NEZL/ z zachowaniem procedury podejścia do lądowania według przyrządów. Polega on na dobieraniu i utrzymaniu takiego kursu i prędkości lotu, który ma zapewnić wyjście do lądowania w ustalonej kolejności poszczególnych samolotów.

Ustalenie sposobu rozformowania grupy samolotów w celu wykonania manewru do lądowania, a zwłaszcza w TWA jest ważnym elementem zabezpieczenia nawigatorskiego i ma znaczący wpływ na całokształt wykonania zadania bojowego.

W zależności od składu grupy, kierunku podejścia do lotniska, grubości chmur, wykorzystania środków radiotechnicznych rozformowanie /rozpuszczenie/ do lądowania grupy samolotów może odbywać się następującymi sposobami:

a/ rozpuszczenie w locie od DRL na kursie przeciwnym i zgodnym z kierunkiem lądowania;

b/ rozpuszczenie przy wyjściu nad DRL z zgodnym kierunkiem do lądowania;

c/ rozpuszczenie na trzech pętlach przy wyjściu nad DRL z kursem zgodnym z kierunkiem lądowania;

d/ rozpuszczenie na dwóch pętlach przy wyjściu nad DRL z kursem zgodnym z kierunkiem lądowania;

e/ rozpuszczenie na dwóch pętlach przy wyjściu nad DRL z kursem przeciwnym do kierunku lądowania.

#### Rozpuszczenie grupy samolotów do lądowania w locie od DRL na kursie przeciwnym i zgodnym z kierunkiem lądowania

Ten sposób rozpuszczenia grupy samolotów może mieć zastosowanie przy ograniczonej widzialności lub w trudnych warunkach atmosferycznych przed przebicciem chmur w dół, czyli nad chmurami.

Po wyjściu grupy nad DRL prowadzący włącza sekundomierz i wychodzi na kurs przeciwny do kursu lądowania z uwzględnieniem kąta odchylenia odpowiadającego danej wysokości lotu. Po upływie czasu obliczonego /potrzebnego na przebiccie chmur w dół/ dowódca klucza podaje komendę na rozpuszczenie. Pozostałe załogi włączają sekundomierze oraz dokonu-

ją dowrót na kurs przeciwny do lądowania i po upływie połowy bezpiecznego odstępu czasowego przebijania chmur w dół kolejno odchodzą od grupy wykonując zakręt o  $180^\circ$ .

Po zakręcie w dalszym ciągu wykonują lot poziomy nad chmurami przez czas równy czasowi lotu na kursie przeciwnym po czym rozpoczynają zniżanie przebijając chmury w dół. Czas lotu poziomego dla poszczególnych samolotów wynosi:

$$t_{wn} = \frac{\Delta t_{bezp} \cdot /n - 1/}{2} \quad /109/$$

gdzie:

$\Delta t_{bezp}$  - bezpieczny odstęp czasowy pomiędzy samolotami podczas przebijania chmur w górę lub w dół

$$\Delta t_{bezp} = \frac{2 \cdot \Delta v \cdot t_{przeb}}{v_r} \quad /110/$$

gdzie:

$\Delta v$  - dopuszczalny błąd utrzymania prędkości podczas przebijania chmur;

$t_{przeb}$  - czas przebijania chmur;  $t_{przeb} = \frac{h}{v_z}$  ;

$h$  - grubość chmur;

$v_z$  - prędkość pionowa /m/s/.

Obliczenie czasu rozpuszczenia i lądowania grupy:

- czas lądowania grupy:

$$t_{ład} = 2t_1 + 3\Delta t_{bezp} + t_{180^\circ} + t_{rez} \quad /111/$$

- długość rejonu rozpuszczenia:

$$D_{rozp} = v_{rozp} /t_1 + 1,5\Delta t_{bezp}/ + R + D_{RL} \quad /112/$$

Przykład:

Obliczyć długość rejonu rozpuszczenia kluoza samolotów oraz czas lądowania z jednoczesnym przebijaniem chmur, jeżeli:  $H_{rozp} = 3000$  m,

$v_{rozp} = 550$  km/h,  $t_1 = 4$  min;  $t_{180^\circ} = 84$  s;  $\Delta t_{bezp} = 30$  s,  $R = 4,1$  km,

$t_{rez} = 1$  min,  $D_{RL} = 4$  km.

Rozwiązanie:

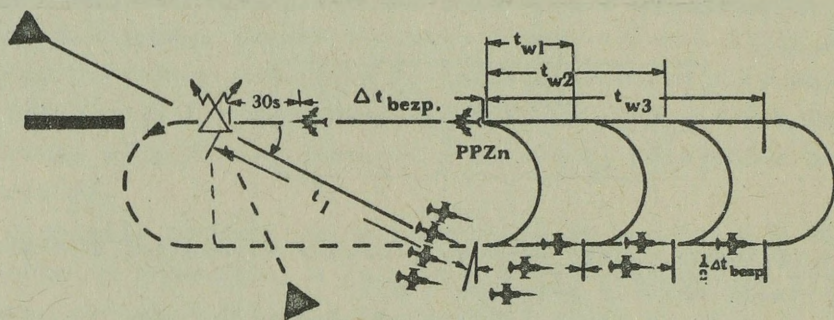
a/ czas lądowania kluoza:

$$t_{ład kl} = 2 \cdot t_1 + 3 \cdot \Delta t_{bezp} + t_{180^\circ} + t_{rez} = 2 \cdot 240s + 3 \cdot 30s + 84s + 60s = 11 \text{ min } 54 \text{ s}$$

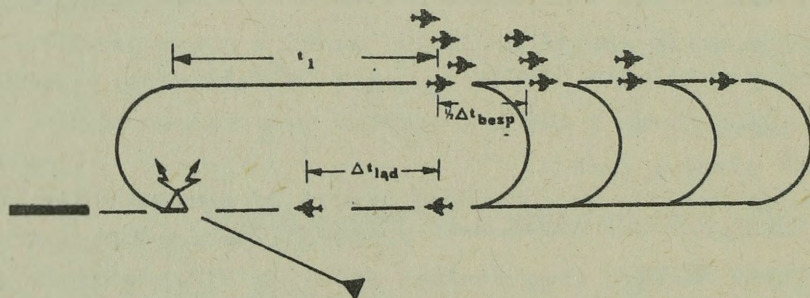
b/ długość rejonu rozpuszczenia:

$$D_{\text{rozp}} = v_{\text{rozp}} / t_1 + 1,5 \Delta t_{\text{bezp}} / + R + D_{\text{RL}} =$$

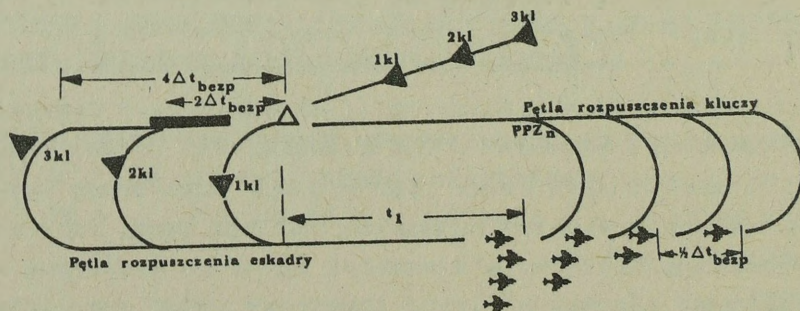
$$= 153 \text{ m/s} / 240 \text{ s} + 1,5 \cdot 30 \text{ s} / + 4100 \text{ m} + 4000 \text{ m} = 43.605 \text{ m}$$



Rys.34. Rozpuszczenie kluza samolotów do lądowania w locie od DRL na kursie przeciwnym do kierunku lądowania



Rys.35. Rozpuszczenie kluza samolotów do lądowania przy wyjściu nad DRL z kursem zgodnym do kierunku lądowania



Rys.36. Rozpuszczenie eskadry do lądowania przy wyjściu nad DRL z kursem zgodnym z kierunkiem lądowania

Przykład:

Obliczyć czas lądowania eskadry i długość rejonu rozpuszczenia, jeżeli:  
 $H_{rozp} = 3000 \text{ m}$ ,  $V_{rozp} = 600 \text{ km/h}$ ,  $t_1 = 4 \text{ min}$ ;  $t_{180^\circ} = 84 \text{ s}$ ,  $\Delta t_{bezp} = 30 \text{ s}$   
 $R = 4,5 \text{ km}$ ,  $D_{RL} = 4000 \text{ m}$ ;  $n = 12$ , lądowanie pojedynco.

Rozwiązanie:

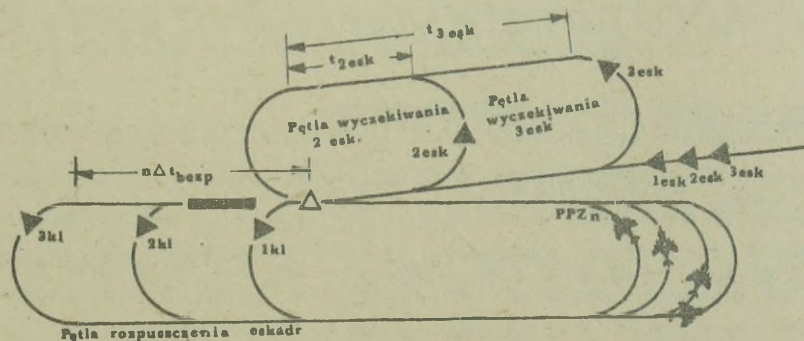
$$t_{\text{ład}} = 2 \cdot t_1 + \Delta t_{\text{bezp}} \cdot /n - 1/ + t_{360^\circ} + t_{\text{rez}} =$$
$$= 2 \cdot 240 \text{ s} + 30 \text{ s} /12 - 1/ + 168 \text{ s} + 60 \text{ s} = 17 \text{ min } 18 \text{ s}$$

$$D_{\text{rozp}} = V_{\text{rozp}} \cdot /t_1 + 1,5 \Delta t_{\text{bezp}}/ + R + D_{RL} =$$
$$= 167 \text{ m/s} /240 + 45 \text{ s}/ + 4,5 \text{ km} + 4 \text{ km} = 46,6 \text{ km}$$

Rozpuszczenie grup samolotów do lądowania na dwóch lub trzech pętli przy wyjściu nad DRL z kursem zgodnym albo przeciwnym do kierunku lądowania

Wykonanie rozpuszczenia, przebiecia obmur i lądowania tym sposobem wymaga dużego doświadczenia pilotów. W wypadku ugrupowania bojowego składającego się z kilku grup /np. pułk w ugrupowaniu kolumny eskadr/ rozpuszczenie i zajęcie do lądowania wykonuje się w następujący sposób, że po wyjściu ugrupowania nad DRL pierwsza eskadra wykonuje rozpuszczenie i lądowanie, natomiast 2 i 3 eskadra wyczekuje na pętli równoległej do trasy przylotu ugrupowania.

Eskadry wyczekujące zajmują wysokość o 300 m większą od rozpuszczanej do lądowania. W celu uniknięcia zbliżenia samolotów poszczególnych eskadr odstępy czasowe pomiędzy eskadrami powinny wynosić  $2 \Delta t_{\text{bezp}}$ .



Rys. 37. Rozpuszczenie pułku do lądowania na trzech pętli przy wyjściu nad DRL z kursem zgodnym z kierunkiem lądowania

Przykład:

Obliczyć czas lądowania pułku i długość rejonu rozpuszczenia, jeżeli rozpuszczenie odbywać się będzie na trzech pętliach przy wyjściu nad DRL z kursem zbliżonym do kierunku lądowania przy zachowaniu następujących danych:  $H_{\text{rozp}} = 1000 \text{ m}$ ,  $V_{\text{rozp}} = 540 \text{ km/h}$ ,  $\Delta t_{\text{bezp}} = \Delta t_{\text{ląd}} = 30 \text{ s}$ ,  $\beta = 30^\circ$ , lądowanie parami:  $t_{\text{rez}} = 60 \text{ s}$ .

Rozwiązanie:

a/ Obliczony:  $R$ ,  $t_{360^\circ}$ ,  $t_1$

$$R = \frac{v^2}{g \cdot \text{tg} \beta} = \frac{150 \text{ m/s}^2}{9,81 \cdot 0,57} = 4000 \text{ m}$$

$$t_{360^\circ} = \frac{2\pi R}{v} = \frac{6,28 \cdot 4000 \text{ m}}{150 \text{ m/s}} = 168 \text{ s}$$

$$t_1 = \frac{\Delta H_1}{v_{z_1}} + \frac{\Delta H_2}{v_{z_2}} = \frac{400 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} + \frac{400 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 120 \text{ s}$$

b/ Obliczony czas wytrzymania 2 i 3 eskadry:

$$t_{2\text{esk}} = \frac{\Delta t_{\text{bezp}} / n + 1/ - t_{360^\circ}}{2} = \frac{30 \text{ s} / 6 + 1/ - 168 \text{ s}}{2} = 21 \text{ s}$$

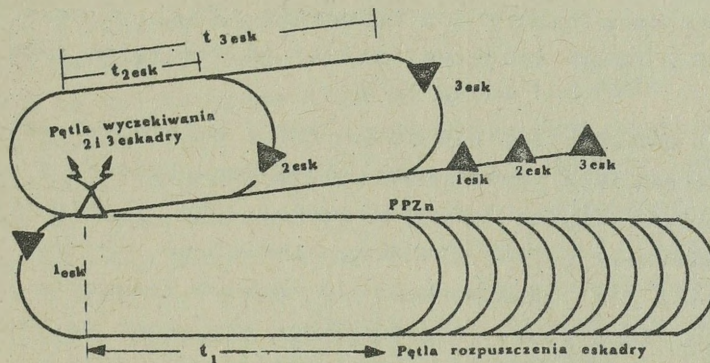
$$t_{3\text{esk}} = \frac{\Delta t_{\text{bezp}} / n + 1/ - t_{360^\circ}}{2} = \frac{30 \text{ s} / 3 + 1/ - 168 \text{ s}}{2} = 126 \text{ s} = 2 \text{ min } 6 \text{ s}$$

c/ Obliczamy czas lądowania:

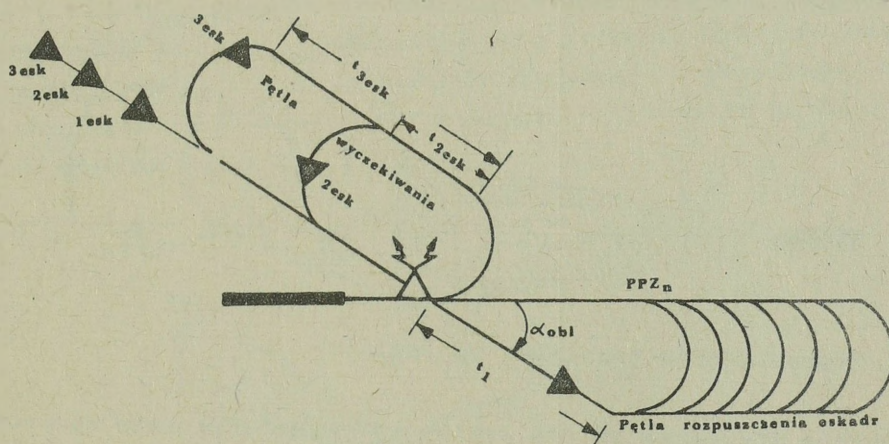
$$\begin{aligned} t_{\text{ląd}} &= 2t_1 + /n + 1/ \cdot \Delta t_{\text{bezp}} + t_{360^\circ} + t_{\text{rez}} = \\ &= 2 \cdot 120 \text{ s} + /18 + 1/ \cdot 30 \text{ s} + 168 \text{ s} + 60 \text{ s} = 1038 \text{ s} = 17 \text{ min } 18 \text{ s} \end{aligned}$$

d/ Obliczamy długość rejonu rozpuszczenia:

$$\begin{aligned} D_{\text{rozp}} &= V_{\text{rozp}} / t_1 + 1,5 \Delta t_{\text{ląd}} / + R + D_{\text{RL}} = \\ &= 150 \text{ m/s} / 120 \text{ s} + 1,5 \cdot 30 \text{ s} / + 4000 + 4000 \text{ m} = 32750 \text{ m} \end{aligned}$$



Rys.38. Rozpuszczenie pułku do lądowania na dwóch pętlaach przy wyjściu nad DRL z kursem zgodnym z kierunkiem lądowania



Rys.39. Rozpuszczenie pułku do lądowania na dwóch pętlaach nad DRL z kursem przeciwnym do kierunku lądowania

#### Rozpuszczenie grup samolotów do lądowania z wykorzystaniem systemu RSL

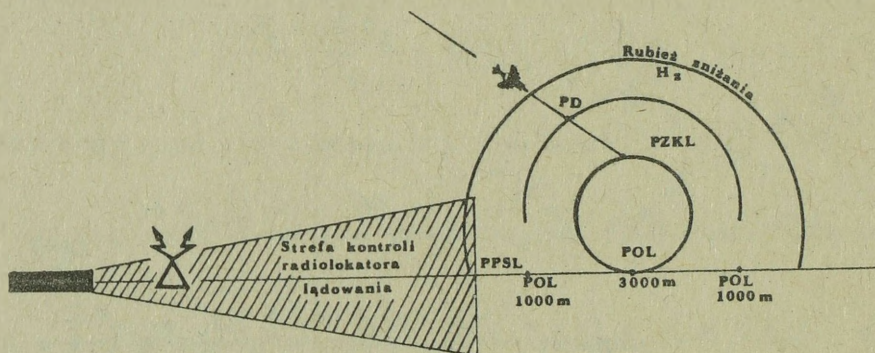
Radiolokacyjny system lądowania /RSL/ wykorzystywany jest w zasadzie do zabezpieczenia lądowania samolotów w trudnych warunkach atmosferycznych, a szczególnie kontroli wykonania przebijania chmur.

Rozpuszczenie grup samolotów do lądowania według RSL polega na radiolokacyjnym śledzeniu przez nawigatora operatora RSL i przekazywaniu pilotom komend odnośnie warunków lotu i sposobu manewrowania zapewniając bezpieczne wykonanie lądowania.

Dla ułatwienia sprowadzenia samolotów do lądowania w zależności od wysokości i kierunku osi lądowania, należy oznaczyć punkty początku zniżania /PPZn/ oraz punkty osi lądowania /POL/. Odległość tych punktów od początku drogi startowej zależy od wysokości lotu i warunków zniżania.

Stycznie do punktów osi lądowania /POL/ należy wykreślić okręgi zakrętów odpowiadające nakazanemu kątowi przechylenia i prędkości powietrznej rzeczywistej na danej wysokości lotu. W celu wykonania zajścia na ścieżkę lądowania należy kierować samolot po styżnej do okręgu. Punkt styżności jest punktem zakrętu na kurs lądowania /PZKL/. W odległości 1 min lotu przed PZKL wyznacza się punkt dolotu /PD/. W tym punkcie samoloty /grupy/ powinny ustalić warunki lotu wg. systemu.

Nawigator-operator /NO RSL/, wyprowadza samoloty w punkt dolotu /PD/, a następnie w PZKL wcześniej podając warunki lotu oraz informację o przygotowaniu się do zakrętu na kurs lądowania /PZKL/.



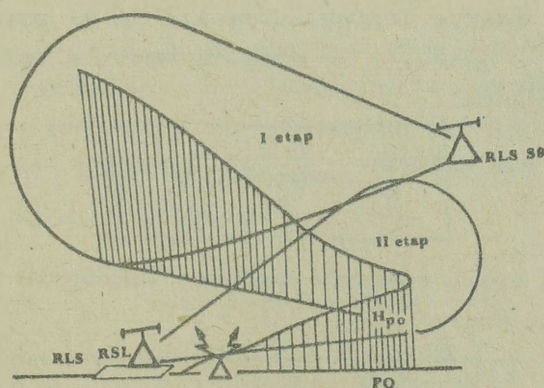
Rys.40. Wyprowadzenie samolotu na PZKL

Na kursie lądowania NO RSL kontroluje wykonanie lotu wprowadza poprawki do warunków lotu, a co 5 + 6 km informuje pilota o odległości do początku pasa lądowania.

W odległości 18 + 20 km od początku drogi startowej po ukazaniu się samolotu na wskaźniku radiolokatora lądowania, NO RSL przekazuje dowodzenie samolotem kierownikowi systemu lądowania /KSL/. Wykorzystując RSL doprowadzenie pojedynczych samolotów do lądowania nie przedstawia większych trudności. Natomiast podczas lotów grupowych należy najpierw rozpuścić grupę, a następnie sprowadzać do lądowania, co w trudnych warunkach atmosferycznych jest dość utrudnione i wymaga dobrego wyszkolenia personelu latającego i operatora RSL. Rozróżnia się następujące sposoby rozpuszczania grup do lądowania w TWA z wykorzystaniem systemu RSL:

1. Rozpuszczenie przez rozluźnienie.
2. Rozpuszczenie według KKR.
3. Rozpuszczenie z rubieży zniżania.
4. Rozpuszczenie na kursie lądowania.
5. Rozpuszczenie na kursie przeciwnym do kursu lądowania.

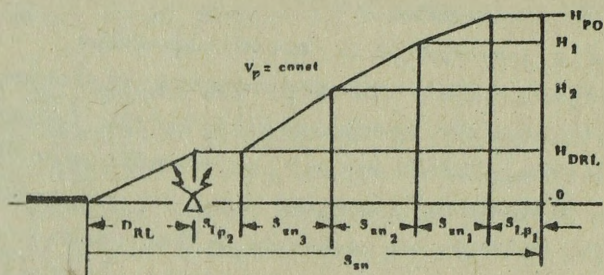
Rozpuszczenie z rubieży jest w LM i LMB podstawowym sposobem, który w lotach na wysokościach stratosferycznych często będzie jedynym ze sposobów, możliwym do zastosowania ze względu na ograniczoną ilość paliwa. Przy tym sposobie należy wyprowadzić samolot najkrótszą drogą w punkt osi lądowania /POL/, a zniżanie z dowolnego punktu wykonywać po prostej w kierunku zgodnym z kierunkiem stycznej do półokręgu zakrętu. Promień półokręgu powinien być równy promieniowi zakrętu samolotu na wysokości wyjścia POL. Okrąg ten nazywa się rubieżą początku zniżania. Sprowadzenie do lądowania samolotów za pomocą RSL, dzieli się na dwa etapy. Pierwszy etap obejmuje okres czasu od wyjścia samolotu na odległość 150-200 km od lotniska lądowania do wyjścia w strefę widzialności stacji radiolokacyjnej okrężnej obserwacji systemu lądowania. Drugi etap rozpoczyna się z chwilą wykrycia samolotu przez stację radiolokacyjną obserwacji okrężnej. W pierwszym etapie lądowaniem kieruje nawigator SD, w drugim - kierownik lotów i osoby funkcyjne systemu lądowania.



Rys.41. Etapy procesu lądowania przy pomocy RSL

Za pomocą odpowiednich obliczeń wstępnych określających schemat manewru do lądowania sporządza się planszетки i nomogramy, które określają parametry manewrowania w procesie lądowania. Głównie określa się wysokość punktu obliczonego  $H_{po}$ , która powinna od-

powiadać drodze przebijania ohmur i wyjścia pod dolną ich warstwę z kierunkiem lądowania na  $H = 200$  m nad DRL. Dla LM i LMB wysokość punktu obliczonego przyjmuje się 2000 m.



Rys.42. Schemat zniżania do lądowania wg RSL

$$S_{zn} = S_{1_{p1}} + S_{zn_1} + S_{zn_2} + S_{zn_3} + S_{1_{p2}} + D_{RL}$$

/113/

gdzie:

$S_{1_{p1}}$  - droga odcinka lotu poziomego na wysokości rubieży zniżania;

$S_{1_{p2}}$  - droga odcinka lotu poziomego przed DRL;

$D_{RL}$  - odległość DRL od początku drogi startowej;

$S_{zn_{1,2,3}}$  - droga zniżania na odcinkach.

Zakładając, że na każdym odcinku zniżania  $\Delta H$  prędkość zniżania pionowa jest stała  $V_p = \text{const.}$ , to długość odcinka zniżania może być obliczona za pomocą wzoru:

$$S_{zn} = \frac{\Delta H_1}{V_{z_1}} \cdot V_1$$

/114/

Wobec tego ogólną drogę zniżania podczas lądowania za pomocą RSL można obliczyć według wzoru:

$$S_{zn} = S_{1_{p1}} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_i}{V_{z_i}} \cdot V_i + S_{1_{p2}} + D_{RL}$$

/115/

Położenie rubieży początku zniżania określamy w sposób następujący. Cały przedział wysokości dla ułatwienia obliczeń dzieli się na rzuty /stopnie/  $\Delta H$ , dla których można z dostateczną dokładnością dla celów praktycznych zakładać, że prędkość rzeczywista lotu i jej składowa pozioma jest stała. Wobec tego:

$$t_{zn/H/} = \frac{\Delta H}{V_z}$$

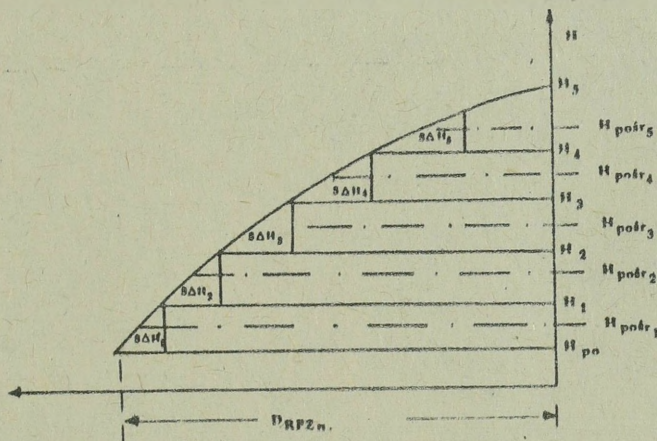
/116/

gdzie:

$t_{zn/H/}$  - czas zniżania dla danego rzutu wysokości;

$V_z$  - prędkość pionowego zniżania /opadania/;

$\Delta H$  - rzut wysokości /stopień/  $\Delta H = H_1 - H_2$ .



Rys.43. Odległość rubieży początku zniżania

Jeżeli się określa drogę poziomą, którą samolot przebywa w ciągu czasu  $t_{zn/H/}$ , to należy uwzględnić zmianę prędkości rzeczywistej lotu przy zmianie wysokości i kąta nachylenia toru zniżania. W tym celu dla każdej wysokości pośredniej  $H_{pośr_1}$  określa się prędkość rzeczywistą  $v_{\Delta H_1}$  i jej składową poziomą  $v_{\Delta H_1}$ :

$$H_{pośr_1} = H_1 - \frac{\Delta H}{2}$$

/117/

$$v_{\Delta H_1} = v_{\Delta H_1} \sqrt{1 - \left| \frac{v_z}{v_{\Delta H_1}} \right|^2}$$

/118/

Następnie określamy drogę poziomą, za czas zniżania za pomocą wzoru:

$$\Delta S_{zn_1} = v_{\Delta H_1} \cdot t_{zn/H/}$$

/119/

To położenie rubieży początku zniżania można obliczyć według wzoru:

$$D_{RPZn} = \sum_{i=1}^n v_{\Delta H_1} \cdot t_{zn/H/} \quad /120/$$

Ponieważ dla współczesnych samolotów w zasadzie  $\frac{v_z}{v_{\Delta H_1}} \ll 1$ ; dlatego też zamiast składowej poziomej można przyjmować prędkość rzeczywistą na wysokości pośredniej /to znaczy  $v_{\Delta H_1} \approx v_{\Delta H'}$ .

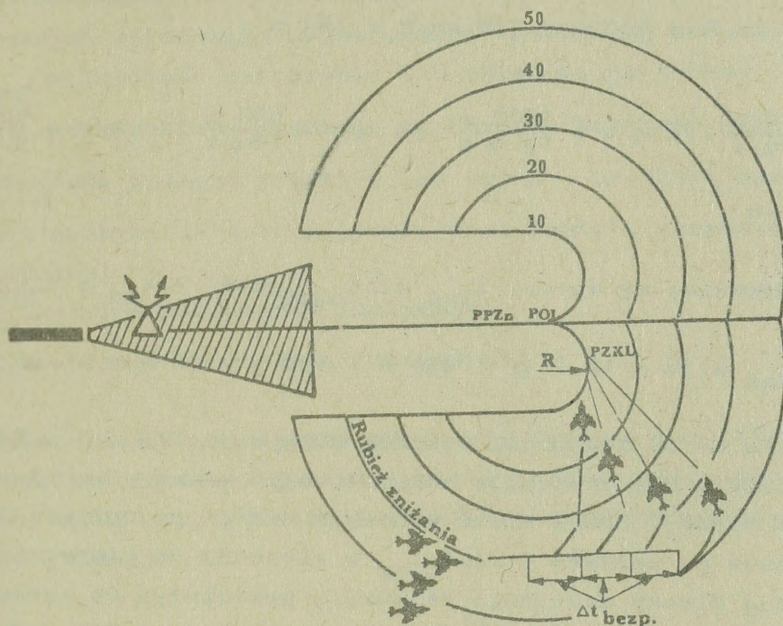
Manewr do lądowania z rubieży początku zniżania jest najbardziej skuteczny, gdy lądowaniem kieruje się z ziemi na podstawie obiektywnych danych o położeniu samolotu, przy ciągłej kontroli za pomocą naziemnych stacji radiolokacyjnych, co podczas lotu grupowego jest bardzo istotne.

Rozpuszczenie grupy samolotów z rubieży zniżania stosuje się głównie przy występowaniu grubej warstwy chmur. Przebijanie chmur odbywa się w dwóch kierunkach, tj. od rozpuszczenia do PZKL oraz po wykonaniu zakrętu na kursie lądowania. W celu wypracowania bezpiecznego odstępu czasowego początek rozpuszczenia grupy powinien nastąpić w miejscu, z którego kąt zakrętu pierwszego samolotu na PZKL będzie równy lub większy od  $90^\circ$ .

NO RSL po przyjęciu dowodzenia grupą ustala jej miejsce i wysokość lotu. Z wykresu odczytuje prędkość pionowego zniżania oraz wielkość bezpiecznego odstępu czasowego. Skierowuje grupę na kurs pomocniczy rozpuszczenia, przekazuje  $\Delta t_{bezp}$  oraz prędkość pionowego zniżania  $v_z$ . Przy dojściu grupy do trawersu PZKL NO RSL daje komendę na wypuszczenie grupy /w lewo, prawo/. Po odejściu prowadzącego, prowadzeni wykonują zakręty po czasie  $\Delta t_{bezp}$  i wykonują lot do PZKL.

NO RSL gdy samoloty znajdują się nad PZKL podaje komendę na wykonanie zakrętu POL, po czym załogi wykonują kolejno zakręt i lecą do PPZn skąd rozpoczynają zniżanie według wskazówek z ziemi.

W wypadku stosowania innych sposobów rozpuszczenia grup samolotów przy wykorzystaniu RSL wymienionych wcześniej, zasady wykonywania manewru rozpuszczenia są podobne jak na pętli na kursie lądowania lub przeciwnym do kursu lądowania z tą tylko różnicą, że wszystkie zakręty i warunki lotu utrzymuje i wykonuje się według komend podawanych przez NO RSL i kierownika lotów.



Rys.44. Rozpuszczenie klucza samolotów z rubieży zniżania

**Przykład:**

Obliczyć czas lądowania eskadry samolotów oraz długość rejonu rozpuszczenia, jeżeli:  $H = 4000 \text{ m}$ ,  $V_{\text{rozp}} = 550 \text{ km/h}$ ,  $V_{\text{zn}} = 460 \text{ km/h}$ ,  $R = 3800 \text{ m}$ ,  $t_{360^\circ} = 150 \text{ s}$ ,  $\Delta t_{\text{bezp}} = 30 \text{ s}$ , lądowanie pojedynczo.

Warunki zniżania:  $H > 2000 \text{ m}$ ;  $V_z = 30 \text{ m/s}$ ,  $V_{\text{zn}} = 550 \text{ km/h}$

$2000 \text{ m} > H > 1000 \text{ m}$ ;  $V_z = 15 \text{ m/s}$ ;  $V_{\text{zn}} = 500 \text{ km/h}$

$1000 \text{ m} > H > 600 \text{ m}$ ;  $V_z = 10 \text{ m/s}$ ;  $V_{\text{zn}} = 500 \text{ km/h}$

$600 \text{ m} > H > 200 \text{ m}$ ;  $V_z = 5 \text{ m/s}$ ;  $V_{\text{zn}} = 500 \text{ km/h}$

Rozpuszczenie eskadry odbędzie się przy pomocy RSL na kursie lądowania; czas rezerwowy 60 s.

**Rozwiązanie:**

1. Czas zniżania:

$$t_{\text{zn}} = \frac{2000 \text{ m}}{30 \text{ m/s}} + \frac{1000 \text{ m}}{15 \text{ m/s}} + \frac{400 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} + \frac{400 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 254 \text{ s} = 4 \text{ min } 14 \text{ s}$$

2. Odległość rubieży początku zniżania:

$$V_{r_{\text{śr}}} \text{ na } H = 3000 \text{ m} = 640 \text{ km/h} = 178 \text{ m/s}$$

$$V_{r_{\text{śr}}} \text{ na } H = 1500 \text{ m} = 540 \text{ km/h} = 150 \text{ m/s}$$

$$V_{r\acute{s}r} \text{ na } H = 800 \text{ m} = 520 \text{ km/h} = 144 \text{ m/s}$$

$$V_{r\acute{s}r} \text{ na } H = 400 \text{ m} = 510 \text{ km/h} = 142 \text{ m/s}$$

$$D_{PPZn} = \frac{2000 \text{ m}}{30 \text{ m/s}} \cdot 178 \text{ m/s} + \frac{1000 \text{ m}}{15 \text{ m/s}} \cdot 150 \text{ m/s} + \frac{400 \text{ m}}{10 \text{ m/s}} \cdot 144 \text{ m/s} + \frac{400 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} \cdot 142 \text{ m/s}$$

$$\approx 39 \text{ km}$$

3. Czas lądowania: wg wzoru:  $t_{\text{ląd}} = \Delta t_{\text{bezp}}/u+1/ + t_{\text{zn}} + t_{360^\circ} + t_{\text{rez}}$

$$t_{\text{ląd}} = 30 \text{ s}/12 + 1/ + 254 \text{ s} + 150 \text{ s} + 60 \text{ s} = 14 \text{ min } 14 \text{ s}$$

Po wyjściu na oś lądowania dowódca utrzymuje KKR = 0°. Po upływie 30 s od przelotu POL następuje rozpuszczenie eskadry na klucze sposobem zakrętu o 180°. Drugi klucz wykonuje zakręt po upływie 2,5 · Δt<sub>bezp</sub> a trzeci klucz po upływie 5 · Δt<sub>bezp</sub> w stosunku do pierwszego klucza. Rozpuszczenie kluczy następuje na kursie przeciwnym do kursu lądowania przez wykonanie zakrętu o 180° od przelotu trawersu POL. Odejście poszczególnych samolotów klucza odbywa się co 1/2 Δt<sub>bezp</sub>.

#### 4. MANEWROWANIE WYSOKOŚCIĄ LOTU SAMOLOTU

Manewrowanie wysokością lotu polega na zmianie wysokości przez zniżenie lub wznoszenie. Manewr ten wykonuje się w celu zachowania bezpieczeństwa lotu /szczególnie w nocy i trudnych warunkach atmosferycznych/ oraz do wykonywania innych zadań w poszczególnych etapach lotu. W lotnictwie myśliwskim i myśliwsko-bombowym manewrowanie wysokością lotu odgrywa zasadniczą rolę podczas wykonywania lotów z zastosowaniem bojowym /przechwytywanie/ oraz bombardowanie i szturmowanie celów naziemnych, nawodnych itp./.

Podczas manewru wysokością lotu należy uwzględniać możliwości manewrowe samolotu /grupy/, to jest ich zdolności zmiany wysokości, z uwzględnieniem przebytej drogi i osasu.

Prędkość pionowa przy wznoszeniu i zniżaniu pojedynczych samolotów będzie większa niż grupy. Dlatego też w lotach grupowych prowadzone samoloty powinny posiadać pewien zapas prędkości pionowej, w celu utrzymania swojego miejsca w danym ugrupowaniu bojowym /szyku/.

### Elementy manewrowania wysokością lotu:

Podstawowymi elementami manewrowania wysokością lotu są:

$V_{wzn/zn/}$  - prędkość wznoszenia lub zniżania po torze;

$V_z$  - składowa pionowa prędkość po torze - prędkość pionowa;

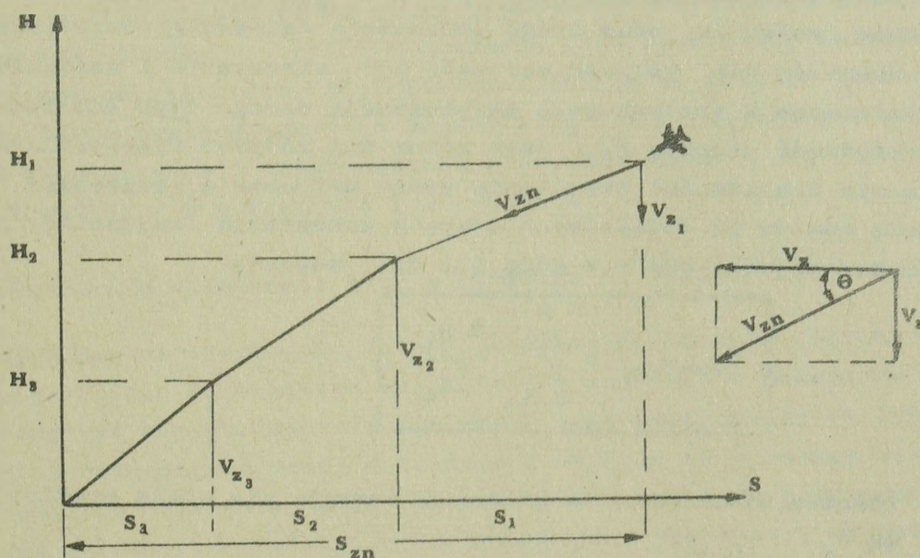
$V_x$  - składowa pozioma prędkość po torze - prędkość pozioma;

$\ominus$  - kąt nachylenia toru zniżania /wznoszenia/ w stosunku do płaszczyzny poziomej;

$t_{wzn/zn/}$  - czas wznoszenia /zniżania/;

$S_{wzn/zn/}$  - droga wznoszenia /zniżania/.

Z zależności wymienionych elementów manewru wysokością lotu wynika, że od prędkości pionowej wznoszenia lub zniżania zależy czas wznoszenia, który jest ważnym wskaźnikiem bojowym szczególnie dla samolotów myśliwskich.



Rys.45. Zależności elementów manewru wysokością lotu

### Obliczanie elementów manewrowania wysokością lotu:

$$V_z = V \cdot \sin \ominus$$

/121/

gdzie:

$V$  - prędkość zniżania /wznoszenia/ po torze;

$\ominus$  - kąt nachylenia toru zniżania /wznoszenia/.

Jeżeli samolot wznosi lub zniża się ze stałą prędkością pionową  $/V_z/$ , to czas wznoszenia /zniżania/ można określić stosując wzór:

$$t_{\text{wzn/zn/}} = \frac{H_2 - H_1}{V_z} \quad /122/$$

gdzie:

$H_2$  - wysokość zakończenia wznoszenia /zniżania/;

$H_1$  - wysokość rozpoczęcia wznoszenia /zniżania/.

Droga wznoszenia /zniżania/  $S_{\text{wzn/zn/}}$  może być obliczona za pomocą wzoru:

$$S_{\text{wzn/zn/}} = V_x \cdot t_{\text{wzn/zn/}} = \frac{V_z}{V_x} /H_2 - H_1/ \quad /123/$$

gdzie:

$$V_x = \sqrt{V^2 - V_z^2} \quad - \text{pozioma składowa prędkości po torze}$$

W praktyce często przyjmujemy, że  $V_x \approx V_{\text{wzn/zn/}}$ , względnie, czas wznoszenia /zniżania/ oraz drogę wznoszenia /zniżania/ określa się za pomocą wykresów dla różnych warunków lotu wznoszenia i zniżania, które są zamieszczone w instrukcjach eksploatacji danego typu samolotu. Jeżeli prędkość pionowa  $/V_z/$  jest różna dla różnych wysokości, to dla zwiększenia dokładności określenia czasu wznoszenia /zniżania/ liczymy jako sumę czasów na oddzielnych etapach wznoszenia /zniżania/, np.: podczas przebijania chmur w górę lub dół, wówczas:

$$t_{\text{wzn/zn/}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_i}{V_{z_i}} \quad /124/$$

gdzie:

$\Delta H_i$  - różnica wysokości, na której utrzymuje się stałą prędkość pionową  $V_{z_i}$

lub

$$t_{\text{wzn/zn/}} = \frac{H_0 - H_1}{V_{z_1}} + \frac{H_1 - H_2}{V_{z_2}} + \frac{H_2 - H_3}{V_{z_3}} \quad /125/$$

Jeżeli chodzi o drogę wznoszenia /zniżania/ to jest ona równa:

$$S_{\text{wzn/zn/}} = S_3 + S_2 + S_1 \quad /patrz rys.45/$$

gdzie:

$$S_3 = Vx_3 \cdot t_{wzn/zn/3}; \quad S_2 = Vx_2 \cdot t_{wzn/zn/2}; \quad S_1 = Vx_1 \cdot t_{wzn/zn/1}$$

lub drogę wznoszenia /znizania/ można określić za pomocą wzoru:

$$S_{wzn/zn/} = \sum_{i=1}^n Vx_i \cdot t_{wzn/zn/i} \quad /126/$$

Współczesne samoloty myśliwskie, myśliwsko-bombowe manewr wysokością lotu wykonują zachowując stałą prędkość przyrządową lub rzeczywistą lotu. W takiej sytuacji prędkość pionowa może być stała, albo zmienna. Tego rodzaju warunki wznoszenia lub zniżania uniemożliwiają bardzo dokładnego obliczenia  $t_{wzn/zn/}$  i  $S_{wzn/zn/}$ , a także dokonania kontroli podczas przebijania chmur w górę lub dół i wykonania manewru pionowego w trudnych warunkach atmosferycznych. W wypadku manewru pionowego ze stałą prędkością przyrządową i na stałych obrotach silnika, pionowa prędkość lotu będzie się zmieniać wraz z ze zmianą wysokości. Analogiczna sytuacja ma miejsce podczas zniżania się ze stałą prędkością rzeczywistą lotu. Dlatego też najczęściej czas manewru i drogę manewru pionowego określa się doświadczalnie i podaje w odpowiednich instrukcjach.

#### 4.1. Manewrowanie wysokością lotu w stosunku do obiektu nieruchomego

Stosując manewr wysokością lotu w stosunku do obiektu nieruchomego osiąga się wyjście na nakazaną wysokość lub zniżenie w nakazanym czasie, co odgrywa zasadniczą rolę dla zachowania bezpieczeństwa lotów.

Niemniej osiągnięcie dużej dokładności wyjścia na nakazaną wysokość jest utrudnione zwłaszcza jeżeli manewr wykonywany jest przy pomocy przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych takich jak: wariometr, wysokościomierz i prędkościomierz. Np. wariometr według którego kontrolujemy prędkość pionowego manewru nie informuje pilota o wartości błędu sumarycznego od początku manewru, a tylko wskazuje bieżącą prędkość pionową, co w rezultacie nie zabezpiecza dostatecznej dokładności wykonania manewru w nakazanym czasie.

Przy analizie dokładności wykonania manewru wysokością lotu wykorzystujemy wzór:

$$t_{wzn/zn/} = \frac{H}{V_z} \quad /127/$$

Z powyższego wzoru wynika, że czas manewru wysokością jest funkcją wysokości i prędkości pionowej

$$t_{\text{wzn/zn/}} = f / H, v_z /$$

w związku z czym:

$$\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}} = \sqrt{|\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}/H}|^2 + |\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}/v_z}|^2} \quad /128/$$

gdzie:

$\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}}$  - średni kwadratowy błąd czasu wznoszenia /zniżania/

$\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}/H}$  - średni kwadratowy błąd czasu wznoszenia /zniżania/ spowodowany błędami w określeniu wysokości

$\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}/v_z}$  - średni kwadratowy błąd czasu wznoszenia /zniżania/ spowodowany błędami w określeniu i utrzymaniu prędkości pionowej

Wartości powyższych błędów są następujące:

$$\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}/H} = \frac{\sigma_H}{v_z} \quad \text{i} \quad \sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}/v_z} = \frac{H \sigma_{v_z}}{v_z^2}$$

Po podstawieniu tych wartości do wzoru otrzymamy:

$$\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}} = \sqrt{\left| \frac{\sigma_H}{v_z} \right|^2 + \left| \frac{H \cdot \sigma_{v_z}}{v_z^2} \right|^2} \quad /129/$$

albo

$$\sigma_{t_{\text{wzn/zn/}}} = \frac{1}{v_z} \sqrt{|\sigma_H|^2 + \left| \frac{H \cdot \sigma_{v_z}}{v_z} \right|^2} \quad /130/$$

Ze wzoru wynika, że błąd wzniesienia /zniżania/ się na nakazaną wysokość w czasie nakazanym będzie tym mniejszy, im mniejszy będzie błąd w utrzymaniu prędkości pionowej przez pilota oraz mniejsze wysokość wznoszenia /zniżania/, a także większa prędkość pionowa manewru.

Kontrola dokładności wykonania manewru wysokością lotu polega na okresowym porównywaniu obliczonego czasu wznoszenia /zniżania/ z czasem rzeczywistym. Na podstawie porównania czasów poprawia się warunki lotu w ten sposób, aby wykluczyć dalsze błędy i zlikwidować skutki błędów, które zostały popełnione wcześniej.

Kontrola taka może być przeprowadzona za pomocą sekundomierza i wysokościomierza barometrycznego. W tym celu wcześniej przygotowuje się specjalną tabelę, która pozwoli orientować się o różnicy między czasem obliczonym i rzeczywistym podczas wykonywania manewru wysokością.

WSKAZANIA WYSOKOŚCIOMIE- RZA w m	1000	2000	3000	4000	5000	6000
WSKAZANIA SEKUNDOMIE- RZA /w min i s /	WŁĄCZENIE SEKUNDOMIE- RZA	0,40	1,05	1,40	2,15	2,45

Tabelę taką opracowuje się obliczając czas manewru wysokością za pomocą wzoru:

$$t_{\text{wzn/zn/}} = \frac{H_2 - H_1}{V_2} = \frac{\Delta H}{V_z} \quad /131/$$

Przy tym ustala się odpowiednie wysokości i przyjmuje prędkości pionowe, które podane są w instrukcji eksploatacji danego typu samolotu lub instrukcji obliczania zasięgu i długotrwałości lotu.

Na przykład, obliczony czas wznoszenia na wysokość 2000 m wynosi 40 s, a w rzeczywistości wysokość ta osiągnięta została w czasie 1 min. W związku z tym średnia prędkość pionowa wynosiła  $\frac{2000 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 33,3 \text{ m/s}$ , a powinna wynosić 50 m/s.

A za tym należy zwiększyć prędkość pionowego wznoszenia średnio o około 34 m/s co spowoduje że czas wznoszenia na wysokość 4000 m powinien być poprawiony i wynosić 1 min 40 s.

Czym częściej będziemy kontrolować i poprawiać parametry wznoszenia lub zniżania, tym dokładniej będzie wykonany manewr, dlatego też wraz ze wzrostem wysokości lotu kontrolę należy przeprowadzać co 500 m. Różnicę czasu wznoszenia /zniżania/ na nakazaną wysokość określamy za pomocą wzoru:

$$\pm \Delta t = t_{\text{rz}} - t_{\text{obl.}}$$

W celu wykonania manewru w ustalonym czasie należy wprowadzić poprawkę do prędkości pionowej, aby pozostały czas rzeczywisty był równy:

$$t_{\text{poz. rz}} = \frac{\Delta H}{V_z \pm \Delta V_z}$$

lub

$$t_{\text{poz. obl}} \pm \Delta t = \frac{\Delta H}{V_z \pm \Delta V_z}$$

Wobec tego:

$$\Delta V_z = \frac{\Delta H \cdot \Delta t}{t_{\text{poz. obl}} / t_{\text{poz. obl}} \pm \Delta t}$$

Znak "plus" w mianowniku odpowiada wcześniejszemu wyjściu na wysokość obliczeniową, a znak "minus" - późniejszemu.

Jeżeli zniżanie wykonywane jest ze zmienną prędkością pionową /przy  $V_p = \text{const.}$ /, to nie jest celowe wprowadzanie poprawki do prędkości przyrządowej, ponieważ zależność między  $V_p$  a  $V_z$  jest dość złożona. Dlatego też warunki zniżania należy korygować w sposób przybliżony. W tym celu po odczytaniu wartości prędkości pionowej na odcinku kontroli - należy wprowadzić poprawkę  $\Delta V_z$ , zakładając, że  $V_z = \text{const.}$  Wprowadzenie tej poprawki przy zmienionych obrotach silnika spowoduje potrzebną zmianę prędkości przyrządowej zniżania. Ponieważ rzeczywista prędkość pionowa nie jest stała, to należy powtórnie przeprowadzić kontrolę i na podstawie jej wyników poprawić prędkość pionową. Wartość poprawek  $\Delta V_z$  dla potrzebnego zakresu wysokości należy obliczyć zawczasu, a rezultaty obliczeń ująć w tabeli, zakładając, że manewr wysokością powinien być wykonywany z pewną rezerwą prędkości pionowej.

#### 4.2. Manewrowanie wysokością lotu w stosunku do obiektu ruchomego

Manewr ten ma najczęściej zastosowanie podczas przechwytywania przez myśliwce celów powietrznych oraz zachowania bezpieczeństwa lotów w chmurach i w nocy podczas wykonywania lotu przez grupę samolotów po jednej trasie według urzutowanych wysokości o różnicę  $\Delta H_{\text{bezp}}$  /wysokości bezpiecznej. W locie poziomym bezpieczną różnicę wysokości przyjmuje się równą 300 m. Podczas wznoszenia lub zniżania  $\Delta H_{\text{bezp}}$  określa się na podstawie zasady że lot wykonywany jest po różnych torach wznoszenia /zniżania/ przy zastosowaniu minimalnych różnic wysokości, które wykluczają ewentualną kolizję. Bezpieczną różnicę wysokości w locie poziomym określa się biorąc pod uwagę następujące względy. Założymy, że dwa samoloty lecące na różnych wysokościach utrzymują ustaloną wysokość według wysokościomierza barometrycznego. Znaczy to, że dokładność utrzymania tej wysokości będzie zależna od błędów pilotażowych /błędy utrzymania ustalonej wysokości  $\Delta H_u$ / i błędów pomiaru ustalonej wysokości  $\Delta H_{\text{pom}}$ . Drugi błąd jest, albo błędem wysokości-

mierza powstałym z powodu braku danych o temperaturze i ciśnieniu na poziomie terenu, nad którym się przelatuje, albo błędem radiowysokościomierza, który wykorzystywany jest do korygowania wskazań wysokościomierza barometrycznego. Zbliżenie samolotów pod względem wysokości nie może być mniejsze niż wielkość gwarancyjnej różnicy wysokości  $|\Delta H_{gr}|$ , która może wynosić od 50 - 150 m. A za tym bezpieczną różnicą wysokości pomiędzy dwoma samolotami będzie suma wszystkich wartości błędów jakie mogą być popełnione w locie. Dlatego dla lotu poziomego bezpieczna różnica wysokości może być określona za pomocą wzoru:

$$H_{bezp} = \Delta H_{pom\ 1} + \Delta H_{pom\ 2} + \Delta H_{u_1} + \Delta H_{u_2} + \Delta H_{gw} \quad /132/$$

gdzie:

- $\Delta H_{pom\ 1}$  - błędy pomiaru wysokości przez pierwszy samolot
- $\Delta H_{pom\ 2}$  - błędy pomiaru wysokości przez drugi samolot urzutowany według wysokości
- $\Delta H_{u_{1,2}}$  - błędy utrzymania wysokości nakazanej przez pierwszy i drugi samolot

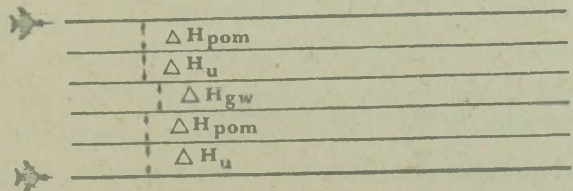
Jeśli założymy, że:

$$\Delta H_{pom\ 1} = \Delta H_{pom\ 2} = \Delta H_{pom}$$

$$\Delta H_{u_1} = \Delta H_{u_2} = \Delta H_u$$

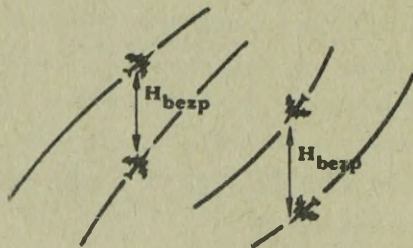
Wówczas:

$$H_{bezp} = 2/\Delta H_{pom} + \Delta H_u + \Delta H_{gw} \quad /133/$$



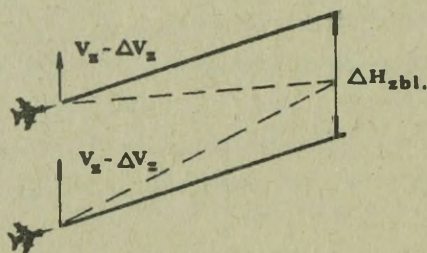
Rys.46. Wysokość bezpieczna

W czasie wznoszenia /znizania/ zapewnienie bezpieczeństwa lotu oparte jest na tym, że lot w tym przypadku wykonywany będzie po różnych torach, położonych w stosunku do siebie na minimalnych dopuszczalnych różnicach wysokości przy których nie zajdzie możliwość zbliżenia torów na odległość mniejszą niż  $\Delta H_{gw}$ .



Rys.47. Zapewnienie bezpieczeństwa lotu podczas wznoszenia i zniżania

Podczas lotu każdy samolot może popełnić błąd w utrzymaniu warunków lotu, a szczególnie w czasie wznoszenia lub zniżania przez nieutrzymanie prędkości pionowej  $/V_z/$ . Powstająca różnica w prędkości pionowej  $/\Delta V_z/$  może spowodować, że zaistnieje zbliżenie się samolotów pod względem wysokości. Oprócz tego, na bezpieczeństwo podczas wznoszenia i zniżania wpływają błędy pomiaru wysokości  $/\Delta H_{pow}/$ .



Rys.48. Prawdopodobieństwo niebezpiecznego zbliżenia się samolotów

Aby zapewnić bezpieczeństwo w powyższym przypadku należy określić  $\Delta H_{zbl}$ , którą oblicza się za pomocą wzoru:

$$\Delta H_{zbl} = 2 \Delta V_z \cdot t_{wzn/zni}$$

/134/

gdzie:

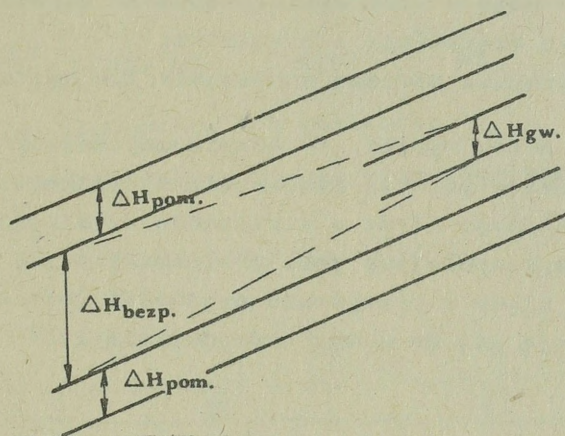
$\Delta V_z$  - błąd w utrzymaniu prędkości pionowej;

$t_{wzn/zni}$  - czas wznoszenia /zniżania/.

Ze wzoru wynika, że czym mniejszy jest czas wznoszenia /zniżania/ tym mniejsza będzie wartość  $\Delta H_{zbl}$ . i odwrotnie. Wobec powyższych rozważań, bezpieczna różnica wysokości może wynosić:

$$\Delta H_{bezp} = \Delta H_{zbl} + 2 \Delta H_{pom} + \Delta H_{gw}$$

/135/



Rys.49. Różnica wysokości bezpiecznej

Powyższą różnicę wysokości można obliczyć również według wzoru:

$$\Delta H_{\text{bezp}} = 2 \cdot \Delta v_z \cdot t_{\text{wzn/zn}} + \Delta H_{\text{pom}} + \Delta H_{\text{gw}}$$

/136/

#### 4.3. Manewrowanie wysokością lotu z zachowaniem bezpiecznych odstępów czasowych pomiędzy samolotami w grupie

Manewrowanie wysokością lotu z zachowaniem bezpiecznych odstępów czasowych najczęściej ma zastosowanie w lotach grupowych podczas przebijania chmur w górę i dół. Ponieważ start samolotów może się odbywać jednocześnie w składzie pary, klucza, natomiast lądowanie w zasadzie pojedynczo na przykład TWA, to dla zachowania bezpieczeństwa lotów pomiędzy manewrującymi wysokością samolotami określa się bezpieczny odstęp czasowy  $\Delta t_{\text{bezp}}$ . Wielkość bezpiecznego odstępu czasowego zależy od: typu samolotu, poziomu przygotowania załóg, warunków startu lub lądowania, warunków atmosferycznych, a także od pory doby, klasy lotniska, wysokości lotu, ugrupowania bojowego itp.

Dla współczesnych samolotów bezpieczny odstęp czasowy podczas startu lub lądowania może wynosić od 20 + 60 s i więcej, w zależności od poprzednio wymienionych warunków. Bezpieczny odstęp czasowy  $\Delta t_{\text{bezp}}$  można obliczyć za pomocą wzoru:

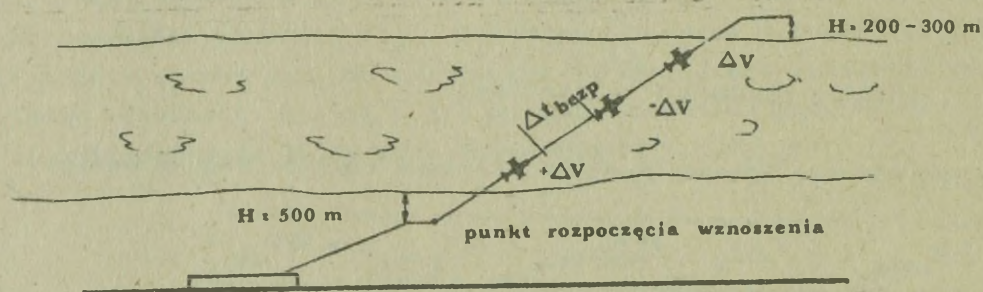
$$\Delta t_{\text{bezp}} = 2 \cdot \frac{\Delta v}{v_{\text{sr}}} \cdot t_{\text{wzn/zn}}$$

/137/

gdzie:

- $\Delta V$  - maksymalny błąd w utrzymaniu prędkości wznoszenia lub zniżania;
- $t_{wzn/zn/}$  - czas wznoszenia lub zniżania;
- $V_{\text{śr}}$  - prędkość średnia podczas wznoszenia lub zniżania.

Z powyższego wzoru wynika, że bezpieczny odstęp czasowy dla zachowania bezpieczeństwa podczas manewrowania wysokością w dużej mierze zależy od popełnionego błędu w utrzymaniu ustalonej prędkości lotu  $\Delta V$ . Najniebezpieczniejszy jest przypadek, kiedy dwa sąsiednie samoloty popełniają błędy w utrzymaniu prędkości lotu o różnych znakach, to znaczy zbliżają się do siebie z prędkością  $2\Delta V$ .



Rys. 50. Zachowanie  $\Delta t_{\text{bezp}}$  podczas wznoszenia się po jednym torze

Zmiana wysokości lotu z zachowaniem  $\Delta t_{\text{bezp}}$  jest celowa w przypadku gdy  $\Delta t_{\text{st/ląd}} < \Delta t_{\text{bezp}}$  odstęp czasowy startu lub lądowania ustalony dla danych warunków i typu samolotów jest mniejszy od bezpiecznego odstępu czasowego.

Zmiana wysokości czyli wznoszenie lub zniżanie w locie grupowym może być dla każdego samolotu po różnym torze w tym samym kierunku lotu. Wybór torów dokonuje się tak, ażeby różnica wysokości pomiędzy dowolnymi punktami na sąsiednich torach w pionie była nie mniejsza od bezpiecznej różnicy wysokości  $\Delta H_{\text{bezp}}$ .

W tej sytuacji tory manewrowania wysokością nie będą się przecinać nawet gdy dwa najbliższe samoloty popełnią błędy w utrzymaniu warunków lotu.

W locie grupowym, kiedy każdy samolot ma wykonać manewr wysokością na oddzielnym torze z zachowaniem  $\Delta H_{\text{bezp}}$  wykonuje się w ten sposób, że samoloty rozpoczynają manewr kolejno po odpowiednim wytrzymaniu czasu  $t_w$ , który oblicza się według wzoru:

$$t_w = \frac{\Delta H_{\text{bezp}}}{V_z}$$

/138/

gdzie:

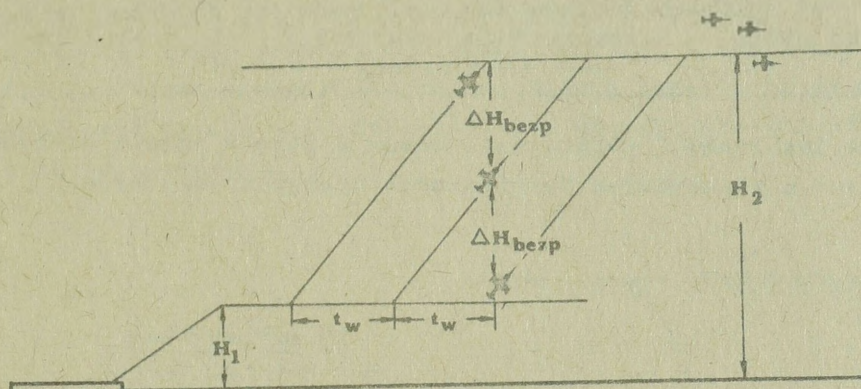
$\Delta H_{\text{bezp}}$  - wysokość bezpieczna

$$\Delta H_{\text{bezp}} = 2 / \Delta V \cdot t_{\text{wzn/zn}} + \Delta H_{\text{pom}} + \Delta H_{\text{gw}}$$

$V_z$  - prędkość pionowego wznoszenia lub zniżania;

$\Delta H_{\text{pom}}$  - błąd pomiaru wysokości za pomocą wysokościomierza barometrycznego;

$\Delta H_{\text{gw}}$  - gwarantowana różnica wysokości 50 + 150 m.



Rys. 51. Manewrowanie wysokością podczas przebijania chmur w górę na jednym kierunku z zachowaniem  $\Delta H_{\text{bezp}}$

W wypadku lotu w ugrupowaniu zwartym w składzie większym niż kluczo samolotów, czas wytrzymania dla poszczególnego samolotu  $t_{w_n}$  dla wykonania manewru wysokością z zachowaniem warunków bezpieczeństwa określa się za pomocą wzoru:

$$t_{w_n} = (N - 1) \cdot t_w$$

/139/

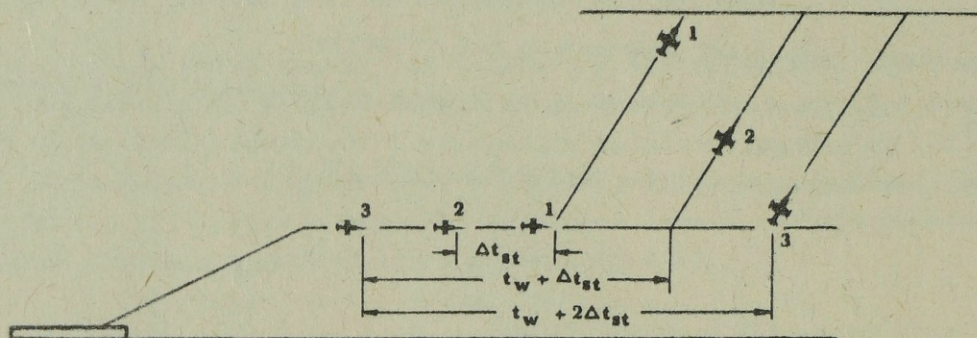
gdzie:

$N$  - kolejny samolot przechodzący do manewrowania wysokością lotu.

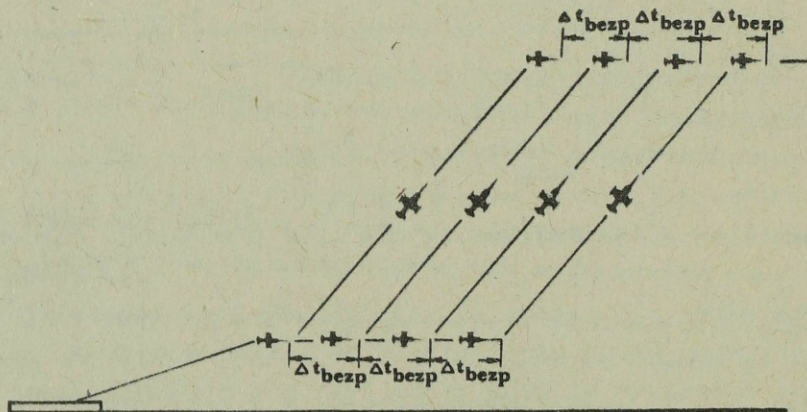
Podczas startu pojedynczymi samolotami, gdy odstępy czasowe startu  $\Delta t_{\text{st}}$  są mniejsze od czasu wytrzymania  $t_w$ , to ten czas wytrzymania dla zachowania bezpieczeństwa manewru oblicza się następująco:

$$t_w = t_w + \Delta t_{\text{st}}$$

Znak "plus" stosuje się w przypadku gdy do zmiany wysokości lotu przechodzi pierwszy prowadzący, a znak "minus" gdy samolot prowadzony.



Rys.52. Start samolotów i przebijanie chmur w górę w jednym kierunku kolejno z zachowaniem bezpiecznych odstępów czasowych

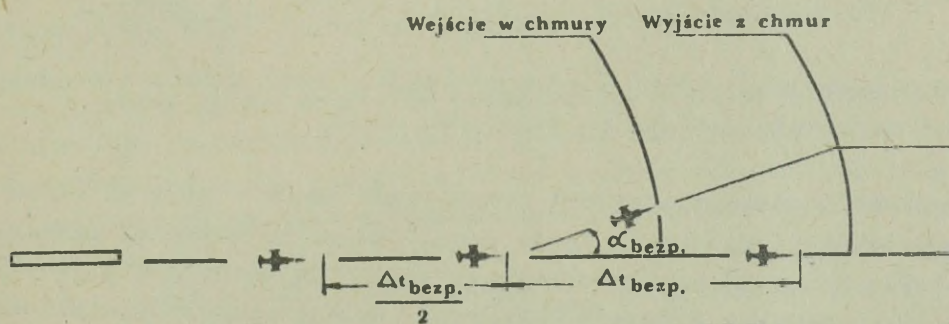


Rys.53. Start samolotów i przebijanie chmur w górę w jednym kierunku jednocześnie "wszyscy razem" z zachowaniem  $\Delta t_{bezp}$

W czasie przebijania chmur w górę w jednym kierunku sposobem "wszyscy razem" po wyjściu nad chmury na nakazaną wysokość, samoloty przy zachowaniu warunków lotu powinny znaleźć się w tych samych bezpiecznych odstępach czasowych co przed rozpoczęciem manewru. Manewrowanie wysokością lotu "wszyscy razem" zaleca się wykonywać nie większą grupą samolotów jak klucz, ze względu na wydłużenie trasy po starcie i przedłużenie czasu zbiórki.

Przebijanie chmur w górę z zachowaniem warunków bezpieczeństwa można wykonywać w dowolnym kierunku, ale w tym przypadku samoloty po starcie powinny wykonać zakręt w tym samym miejscu dla utrzymania jednakowych bezpiecznych odstępów czasowych.

W celu zmniejszenia długotrwałości lotu na małej wysokości przy większej ilości samolotów można łączyć wymieniony sposób z przebijaniem chmur z bezpiecznymi odstępami, czyli można wyznaczyć dwa, trzy torze zmiany wysokości lotu /przebijania chmur/, a na każdym torze rozróżkować samoloty na bezpieczne odległości lub odstępy czasowe. Wówczas na przykład pierwszy i trzeci samolot wykonuje lot po pierwszym wydzielonym torze przebijania chmur, a drugi i czwarty po drugim wydzielonym torze przebijania chmur. Między samolotami lecącymi po tym samym torze ustalą się odległości lub odstępy czasowe równe lub większe od bezpiecznych.



Rys. 54. Przebijanie chmur kolejno pojedynczo /pasami/ na dwóch kierunkach

Liczba kierunków przebijania chmur zależna jest od:

a/ wielkości bezpiecznych odstępów czasowych pomiędzy samolotami  $\Delta t_{\text{bezp}}$ . Przy grubej warstwie chmur i dużym  $\Delta t_{\text{bezp}}$  ilość kierunków przebijania chmur w górę można obliczyć według wzoru:

$$nk = \frac{\Delta t_{\text{bezp}}}{\Delta t_{\text{st}}}$$

/140/

gdzie:

$nk$  - ilość kierunków przebijania chmur w górę

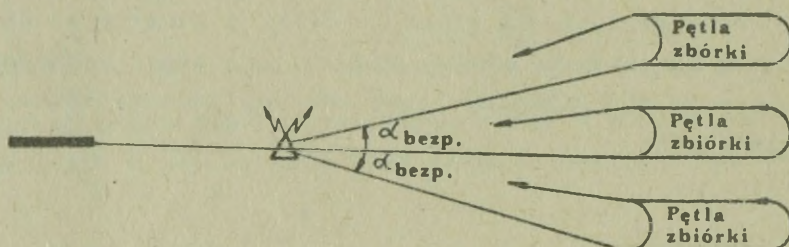
$\Delta t_{\text{bezp}}$  - bezpieczny odstęp w czasie przebijania chmur

$\Delta t_{\text{st}}$  - bezpieczny odstęp w czasie startu

b/ ugrupowania samolotów po zbiórce i sposobu przebijania chmur /pojedynczo - parami/. Dla zbiórki eskadry można przebijać chmury w górę na trzech kierunkach - każdy klucz na swoim kierunku;

c/ rodzaju lotnictwa, poziomu wyszkolenia załóg, grubości warstwy chmur.

Wielkość bezpiecznego kąta rozejścia  $\alpha_{\text{bezp}}$  zależna jest od maksymalnego błędu utrzymania kursu. Kąt rozejścia równa się podwojonemu maksymalnemu błędowi utrzymania kursu. Dla ujednoczenia przyjęto wielkość bezpiecznego kąta rozejścia  $15^\circ$ .



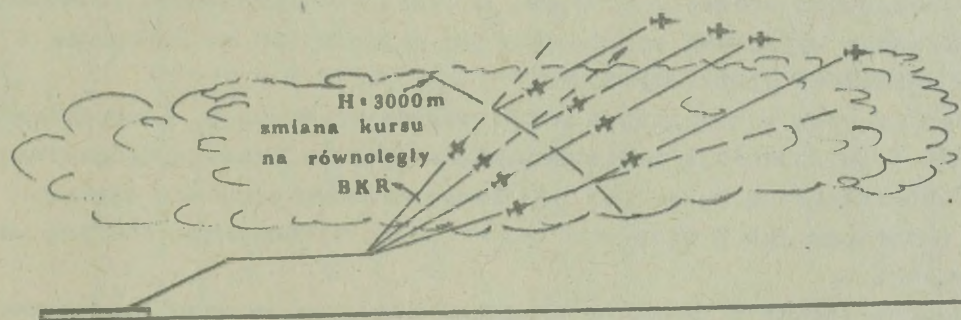
Rys.55. Przebijanie chmur w górę na bezpiecznych kątach rozejścia i wykonania zbiórki po przebieciu chmur

Wymienione sposoby startu i przebijania chmur w górę na kilku torach z zachowaniem bezpiecznych kątów rozejścia ma najczęściej zastosowanie w praktyce wówczas, kiedy możliwości startu są tylko dla pojedynczego samolotu, natomiast sytuacja taktyczna wymaga wystartowania większej ilości samolotów w jak najkrótszym czasie. Nabieranie wysokości z bezpiecznymi kątami rozejścia może być stosowane również przy starcie w składzie pary lub klucza. Przy przebijaniu chmur z bezpiecznymi kątami rozejścia para lub klucz leci na punkt nabierania wysokości i na rozkaz prowadzącego jednocześnie przechodzi do nabierania wysokości. Samolot prowadzący nabiera wysokości zachowując kierunek startu, a samoloty prowadzone zmieniają kurs o wartość kąta rozejścia. Wielkość kąta rozejścia zależna jest od możliwego błędu w utrzymaniu wyznaczonego kierunku w czasie nabierania wysokości. Jeżeli średni kwadratowy błąd utrzymania nakazanego kursu jest równy  $1,5 + 2^\circ$  i w pomiarze  $\Delta k$  wyniesie około  $8^\circ$ . Stąd też wielkość bezpiecznego kąta rozejścia  $/BKR/$  będzie równa:

$$BKR = 2 \Delta k = 15 + 20^\circ$$

Przy dużej grubości chmur po wyjściu nad chmury samoloty pary lub kluzy mogą znaleźć się w dużych odstępach od siebie, co utrudni im zbiórkę. Na przykład jeżeli droga wznoszenia  $/S_{wzn} = 60 \text{ km/}$ , to sąsiednie samoloty znajdują się nad chmurami w odstępnie około 20 km.

Dlatego samoloty prowadzone po nabraniu 3000-4000 m wysokości mogą przejść na równoległy kurs lotu, a następnie dalej nabierać wysokości.



Rys. 56. Przebijanie chmur w górę na bezpiecznych kątach rozbieżności

W sytuacji, kiedy grupa samolotów wraca na lotnisko po wykonaniu zadania nad chmurami, zachodzi konieczność po jej rozpuszczeniu wykonanie manewru wysokością lotu dla przebicia chmur w dół i wylądowania. Dla zachowania bezpieczeństwa lotu poszczególnych samolotów, określa się  $\Delta t_{\text{bezp}}$  dla przebijania chmur w dół. Czas ten oblicza się podobnie jak dla przebijania chmur w górę. Obliczony  $\Delta t_{\text{bezp}}$  uwzględnia się w czasie manewru, wówczas kiedy zaistnieje warunek, że  $\Delta t_{\text{ład}} < \Delta t_{\text{bezp}}$ . Jeżeli odstęp czasowy lądowania jest większy od bezpiecznego odstępu czasowego, to uwzględnia się jako odstęp kolejności wykonania manewru przebicia chmur w dół  $\Delta t_{\text{ład}}$ .

Sposoby rozpuszczenia grup samolotów do przebijania chmur w dół i lądowania omówione zostały w niniejszym opracowaniu wcześniej, w związku z tym nie są przedstawione w tym rozdziale, gdzie jest traktowane w zasadzie bezpieczeństwo wykonania manewrowania wysokością lotu. Na współczesnych samolotach w czasie manewrowania wysokością lotu wykorzystuje się odpowiednie systemy radiotechniczne pokładowe i naziemne. Systemy te w znacznym stopniu ułatwiają wykonanie takiego manewru, niemniej niezależnie od tego zachowanie bezpiecznych odstępów czasowych przy rozpuszczaniu grup nad chmurami w celu wykonania zajścia do lądowania, jest jednym z ważniejszych elementów zabezpieczenia nawigatorskiego działań lotnictwa.

## ZAKOŃCZENIE

Współczesne środki naziemnego elektronicznego zabezpieczenia lotów oraz pokładowe urządzenia radiotechniczne jak i systemy nawigacyjne, zapewniają określenie miejsca samolotu w przestrzeni powietrznej z dużą dokładnością niezależnie od warunków atmosferycznych i pory doby. Ma to istotny wpływ na realizację manewrowania samolotów dla wyjścia na cel w nakazanym czasie i miejscu, a także zabezpieczenie formowania i rozformowania ugrupowań samolotów oraz zejścia ich do lądowania w trudnych warunkach atmosferycznych.

Szczególą rolę w realizacji manewrowania prędkością, kierunkiem i wysokością lotu spełniają radiotechniczne systemy kątowno-odległościowe, które umożliwiają wykonanie dowolnego manewru samolotu względem obiektu ruchomego jak i nieruchomego w czasie wykonywania różnych zadań bojowych.

Wymienione środki w znacznym stopniu automatyzują proces nawigowania samolotu, niemniej w rozwiązywaniu zadań w powietrzu za pomocą zmiany warunków lotu, nieodzowna jest znajomość podstaw teorii manewrowania samolotów dla uniknięcia zasadniczych błędów pilotażowo-nawigacyjnych oraz zachowania bezpieczeństwa w lotach pojedynczych i grupowych.

## BIBLIOGRAFIA:

1. Manewrowanie samolotów. Wyd. ASG WP 1971 r.
2. Nawigacja lotnicza. Wyd. DWL 1979 r.
3. Regulamin lotów lotnictwa wojskowego. Wyd. DWL 1986 r.

## WZORY DO OBLICZANIA ZBIÓREK SAMOLOTÓW

SPÓSOB ZBIÓRKI KRYTERIUM OCENY	ZAKRĘT O 180°			TRÓJKĄT /K <sub>z akr</sub> = 120° /
	DOPEŁZANIE NA TRASIE LOTU	W REJONIE ZAKOŃCZENIA NABIERANIA WYSOKOŚCI LOTU	NAD DRL	
CZAS FORMOWANIA UGRUPOWANIA BOJOWEGO	$t_{zb} = t_{st} + t_{wzn} + t_{180°} + t_{rez}$	$t_{zb} = t_{st} + t_{wzn} + t_{180°} + t_{rez}$	$t_{zb} = t_{st} + t_{wzn} + t_{360°} + t_{DRL} + t_{rez}$	$t_{zb} = 2t_{st} - t_{ub} + t_{wzn} + t_{Kz akr1} - t_{rez}$
DŁUGOŚĆ ODCINKA FORMOWANIA UGRUPOWANIA BOJOWEGO	$D_{zb} = V t_{zb}$	$D_{zb} = V \cdot t_{pr} + R$	$D_{zb} = V \cdot t_{pr} + 2R$	$D_{zb} = V \cdot t_{pr} + R$
RUBIEŻ ZAKOŃCZENIA FORMOWANIA UGRUPOWANIA BOJOWEGO	NA TRASIE LOTU W ODLEGŁOŚCI $D_{zb}$	W REJONIE LOTNISKA	NAD DRL W REJONIE LOTNISKA	W REJONIE LOTNISKA
CZAS ZWIERNIANIA /DOPĘDZANIA/	$t_{zw} = \frac{V_1 / t_{st} - t_{ub}}{\Delta V} + \frac{t_{rp} + t_{hm}}{2}$	-	-	-
CZAS LOTU PROWADZĄCEGO DO ROZPOCZĘCIA ZAKRĘTU	-	$t_{pr} = t_{wzn} + \frac{t_{st} - t_{ub}}{2} + t_{rez}$	$t_{pr} = t_{wzn} + \frac{t_{st} - t_{ub}}{2} + t_{rez}$	$t_{pr} = t_{st} gr + t_{wzn} + t_{rez}$
DŁUGOŚĆ ODCINKA JEDNOCZESNEGO LOTU PO TRASIE	$D_{zb}$	$\pm S_{wzn}$	NIE MA	NIE MA

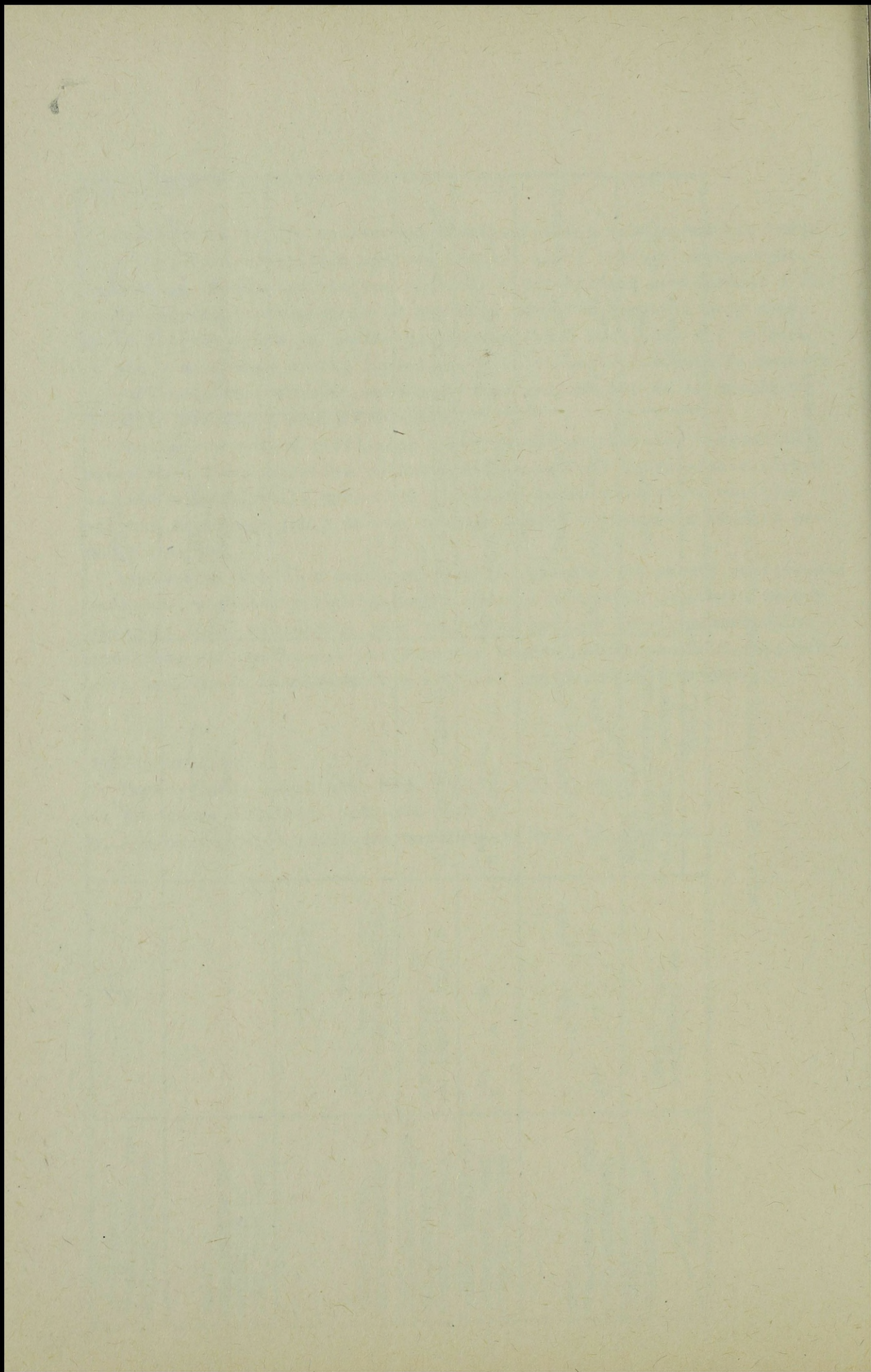


TABELA OBLICZONYCH ELEMENTÓW ZBIÓRKI SAMOLOTÓW SPOSOBEM DOPĘDZANIA NA TRASIE LOTU

SKŁAD GRUPY SAMOLOTÓW	Prędkość		UGRUPOWANIE: KOLUMNA PAR co 2000 m								UGRUPOWANIE: KOLUMNA KLUCZY co 3000 m							
	V <sub>pr.</sub>	ΔV	start pojedynczo co 20 s				Start parami co 20 s				Start pojedynczo co 20 s				Start parami co 20 s			
			t <sub>st.gr</sub>	t <sub>zw</sub>	t <sub>zb.gr</sub>	D <sub>zb.gr</sub>	t <sub>st.gr</sub>	t <sub>zw</sub>	t <sub>zb.gr</sub>	D <sub>zb.gr</sub>	t <sub>st.gr</sub>	t <sub>zw</sub>	t <sub>zb.gr</sub>	D <sub>zb.gr</sub>	t <sub>st.gr</sub>	t <sub>zw</sub>	t <sub>zb.gr</sub>	D <sub>zb.gr</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
KLUCZ	600 km/h	100 km/h	60s	288s	6min 48s	68km	20s	48s	2min 8s	21km	60s	360s	8min	80km	20s	120s	3min 20s	33km
DWA KLUCZE			140s	624s	13min 44s	137km	60s	144s	4min 24s	44km	140s	732s	15min 32s	155km	60s	252s	6min 12s	62km
ESKADRA			220s	960s	20min 40s	206km	100s	240s	6min 40s	66km	220s	18min 24s	22min 4s	221km	100s	384s	9min 4s	90,6km
KLUCZ		150 km/h	60s	192s	5min 12s	52km	20s	32s	1min 52s	18,5km	60s	240s	6min	60km	20s	80s	2min 40s	26km
DWA KLUCZE			140s	416s	10min 16s	102km	60s	96s	3min 36s	36km	140s	488s	11min 28s	115km	60s	168s	4min 48s	48km
ESKADRA			220s	640s	15min 20s	154km	100s	160s	5min 20s	51,5km	220s	736s	16min 52s	168km	100s	256s	6min 56s	69km
KLUCZ		200 km/h	60s	144s	4min 24s	44km	20s	24s	1min 44s	17km	60s	180s	5min	50km	20s	160s	2min 20s	23km
DWA KLUCZE			140s	312s	8min 32s	85km	60s	72s	3min 12s	32km	140s	366s	9min 26s	95km	60s	126s	4min 6s	41km
ESKADRA			220s	480s	12min 40s	126km	100s	192s	5min 52s	58km	220s	552s	13min 52s	138km	100s	192s	5min 52s	59km
KLUCZ		100 km/h	60s	350s	7min 50s	92km	20s	70s	2min 30s	29km	60s	420s	9min	105km	20s	140s	3min 40s	42,5km
DWA KLUCZE			140s	763s	16min 3s	175km	60s	203s	5min 23s	63km	140s	855s	17min 35s	207km	60s	315s	7min 15s	84km
ESKADRA			220s	1176s	24min 16s	281km	100s	343s	8min 23s	99km	220s	1330s	26min 50s	310km	100s	490s	10min 50s	126km
KLUCZ	700 km/h	150 km/h	60s	235s	5min 55s	69km	20s	47s	2min 7s	25km	60s	280s	6min 40s	78km	20s	93s	2min 53s	33,5km
DWA KLUCZE			140s	537s	12min 17s	144km	60s	141s	4min 21s	51km	140s	541s	12min 21s	144km	60s	209s	5min 29s	64km
ESKADRA			220s	799s	17min 59s	210km	100s	235s	6min 35s	77km	220s	883s	19min 23s	228km	100s	326s	8min 6s	93km
KLUCZ	200 km/h	60s	175s	4min 55s	58km	20s	35s	1min 55s	22,5km	60s	210s	5min 30s	64km	20s	70s	2min 30s	29km	
DWA KLUCZE		140s	385s	9min 45s	113km	60s	105s	3min 45s	44km	140s	437s	10min 37s	123km	60s	157s	4min 37s	54km	
ESKADRA		220s	595s	14min 35s	168km	100s	175s	5min 35s	65km	220s	665s	15min 45s	183km	100s	245s	6min 45s	79km	
KLUCZ	100 km/h	60s	408s	8min 48s	130km	20s	88s	2min 48s	37,5km	60s	480s	10min	133km	20s	160s	4min	53km	
DWA KLUCZE		140s	1004s	20min 4s	269km	60s	264s	6min 24s	85km	140s	630s	13min 50s	182km	60s	376s	8min 16s	109km	
ESKADRA		220s	1400s	28min	372km	100s	440s	10min	133km	220s	1552s	30min 32s	405km	100s	592s	12min 32s	167km	
KLUCZ	800 km/h	150 km/h	60s	278s	6min 38s	87km	20s	60s	2min 20s	31km	60s	321s	7min 21s	98km	20s	106s	3min 6s	41,5km
DWA KLUCZE			140s	616s	13min 36s	182km	60s	180s	5min	67km	140s	679s	14min 39s	194km	60s	249s	6min 9s	82km
ESKADRA			220s	955s	20min 35s	273km	100s	300s	7min 40s	103km	220s	1038s	21min 58s	292km	100s	381s	9min	120km
KLUCZ	200 km/h	60s	204s	5min 24s	73km	20s	44s	2min 4s	27km	60s	240s	6min	80km	20s	80s	2min 40s	35,5km	
DWA KLUCZE		140s	452s	10min 52s	145km	60s	132s	4min 12s	56km	140s	508s	11min 48s	155km	60s	188s	5min 8s	68km	
ESKADRA		220s	700s	16min 20s	218km	100s	220s	6min 20s	84km	220s	776s	17min 36s	233km	100s	292s	7min 32s	102km	

gdzie: V<sub>pr.</sub> - prędkość prowadzącego;  
t<sub>st</sub> - czas startu;  
t<sub>zw</sub> - czas zwierania;  
t<sub>zb.gr</sub> - czas zbiórki;  
D<sub>zb.gr</sub> - długość odcinka zbiórki.

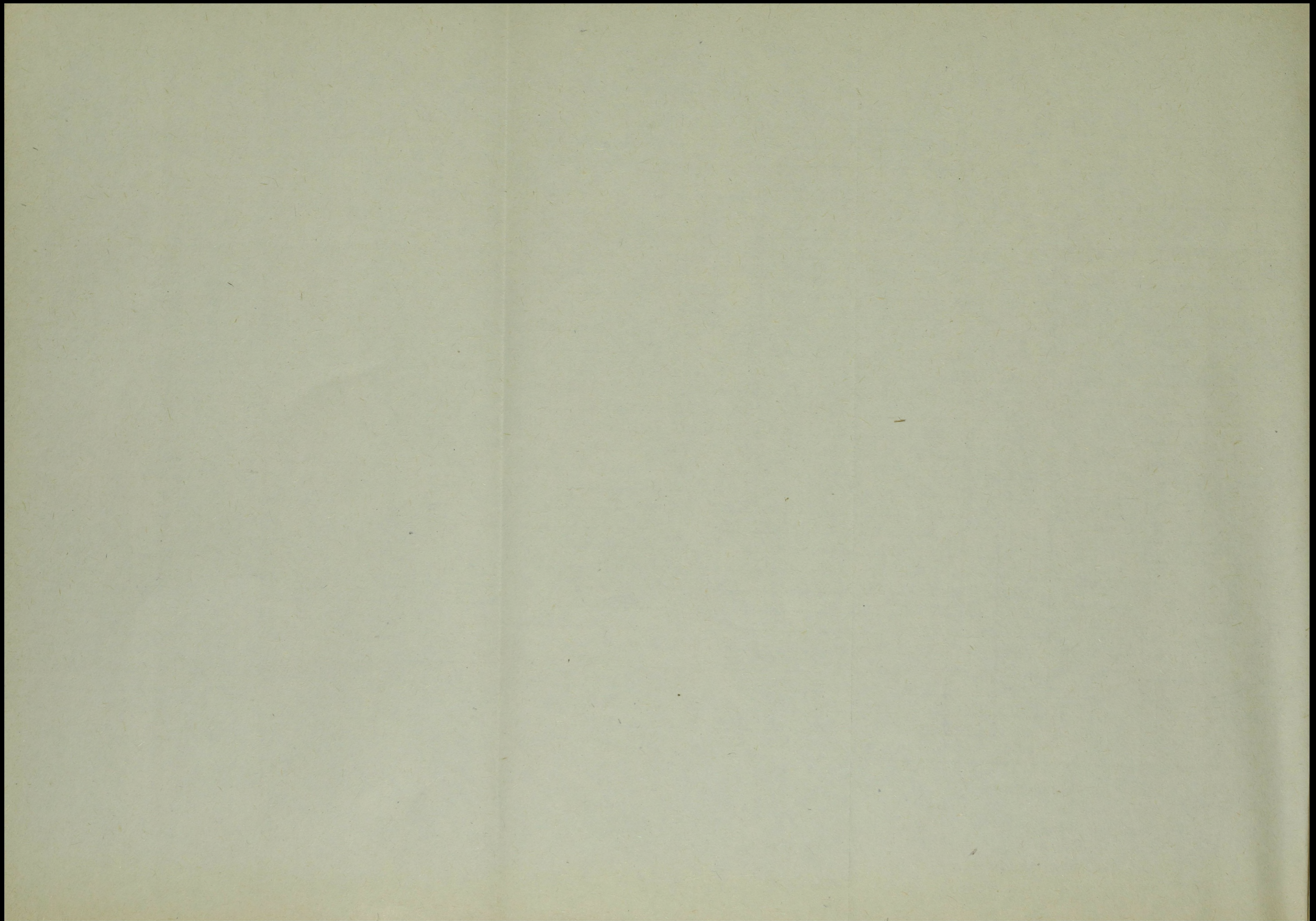


TABELA OBLICZONYCH ELEMENTÓW ZBIÓRKI SAMOLOTÓW SPOSOBEM ZAKRĘTU O  $180^\circ$  /NA PĘTLI/  
WYSOKOŚĆ ZBIÓRKI 300 m,  $\beta = 45^\circ$ 

WARIANTY ZBIÓRKI	SKŁAD GRUPY	START POJEDYNCZO CO 20 s						START PARAMI CO 20 s					
		t <sub>st.gr</sub>	t <sub>pr</sub>	t <sub>zb.gr</sub>	D <sub>zb.gr</sub>	t <sub>st.gr</sub>	t <sub>pr</sub>	t <sub>zb.gr</sub>	D <sub>zb.gr</sub>	t <sub>st.gr</sub>	t <sub>pr</sub>	t <sub>zb.gr</sub>	D <sub>zb.gr</sub>
500	KLUCZ	60s	1min 30s	2min 45s	14,5km	20s	1min 10s	2min 05s	11,7km	20s	1min 10s	2min 05s	11,7km
	DWA KLUCZE	140s	2min 10s	4min 5s	20km	60s	1min 30s	2min 45s	14,5km	60s	1min 30s	2min 45s	14,5km
	ESKADRA	220s	2min 50s	4min 26s	26km	100s	1min 50s	3min 25s	17,3km	100s	1min 50s	3min 25s	17,3km
600	KLUCZ	60s	1min 30s	2min 53s	17,8km	20s	1min 10s	2min 14s	14,5km	20s	1min 10s	2min 14s	14,5km
	DWA KLUCZE	140s	2min 10s	4min 13s	24,7km	60s	1min 30s	2min 54s	17,8km	60s	1min 30s	2min 54s	17,8km
	ESKADRA	220s	2min 50s	4min 33s	31,3km	100s	1min 50s	3min 34s	21,1km	100s	1min 50s	3min 34s	21,1km
700	KLUCZ	60s	1min 30s	3min 2s	21,3km	20s	1min 10s	2min 22s	17,4km	20s	1min 10s	2min 22s	17,4km
	DWA KLUCZE	140s	2min 10s	4min 23s	29km	60s	1min 30s	3min 2s	21,3km	60s	1min 30s	3min 2s	21,3km
	ESKADRA	220s	2min 50s	4min 43s	35,8km	100s	1min 50s	3min 42s	25,1km	100s	1min 50s	3min 42s	25,1km
800	KLUCZ	60s	1min 30s	3min 12s	25km	20s	1min 10s	2min 42s	20,5km	20s	1min 10s	2min 42s	20,5km
	DWA KLUCZE	140s	2min 10s	4min 32s	34km	60s	1min 30s	3min 22s	25km	60s	1min 30s	3min 22s	25km
	ESKADRA	220s	2min 50s	4min 52s	43km	100s	1min 50s	4min 2s	29,5km	100s	1min 50s	4min 2s	29,5km

gdzie: t<sub>st.gr</sub> - czas startu grupy samolotów;t<sub>pr</sub> - czas lotu prowadzącego samolotu do rozpoczęcia zakrętu;t<sub>zb.gr</sub> - czas zbiórki grupy samolotów;D<sub>zb.gr</sub> - długość rejonu /odcinka/ pętli.

