

Grey Scale #13



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



MINISTERSTWO OBRONY NARODOWEJ

Lot. 99/54/

Egz. nr 944

1955

PORADNIK NAWIGATORA

BIBLIOTEKA  
Wydziału Wychowawcza

WYDAWNICTWO MINISTERSTWA OBRONY NARODOWEJ

1955



Colour Chart #13



MINISTERSTWO OBRONY NARODOWEJ

Lot. 99/54/

~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~

Egz. nr

944

1955

# PORADNIK NAWIGATORA

BIBLIOTEKA  
Wydziału Wychowawczego

~~1955~~

WYDAWNICTWO MINISTERSTWA OBRONY NARODOWEJ

1955

MINISTERSTWO OBRONY NARODOWEJ

Lot. 99/54

~~Wydawnictwo Ministerstwa~~

Egz. nr

944

1955

# PORADNIK NAWIGATORA

BIBLIOTEKA  
Wydziału Wyszkożenia

~~4340~~

WYDAWNICTWO MINISTERSTWA OBRONY NARODOWEJ

1 9 5 5

Warszawa, dnia 10. 03. 1955 r.

~~STANOWISKO PRACOWNIKA~~

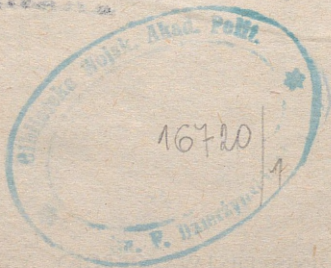
1222

Zalecam do użytku „Poradnik nawigatora“.

DOWÓDCA WOJSK LOTNICZYCH

Jan TURKIEL

generał broni



## ARKUSZ POPRAWEK

do wydawnictwa pt. „Poradnik nawigatora“.

Str.	W i e r s z		J e s t:	P o w i n n o   b y ć:
	od góry	od dołu		
39	4		mapy.	map.
40	13		STUP 21	SŁUP 21
88	5		różnych	równych
147	5		$= KM_1 \pm 30,$	$= KM_1 \pm 30^0,$
166	4		$= \frac{WT_p - \Delta_d}{H_{1W}};$	$= \frac{WT_p - \Delta_p}{H_{1W}};$
159			951	159

## TREŚĆ

	Str.
<b>Rozdział I. — Meteorologia</b>	9
Atmosfera	9
Czynniki meteorologiczne	10
Wpływ wysokości na załogę samolotu	14
Wpływ chmur na lot	15
Wpływ opadów na lot	16
Masy powietrzne	16
Fronty atmosferyczne	18
Systemy baryczne	21
Zjawiska atmosferyczne niebezpieczne dla lotnictwa	22
Loty w górach	26
Obowiązki załogi samolotu	27
Miejscowe oznaki pogody	28
Rozpoznanie pogody przez samoloty	30
<b>Rozdział II — Kartografia</b>	32
Krótkie wiadomości o ziemi	32
Magnetyzm ziemski	33
Topografia i mapy	34
Zasadnicze linie i kierunki na powierzchni ziemi	47
Odwzorowania kartograficzne	56
Odwzorowania walcowe	57
Odwzorowania perspektywiczne	59
Odwzorowania stożkowe	63
Odwzorowania wielostożkowe	65
Odwzorowania wielościenne	67
<b>Rozdział III — Astronomia lotnicza</b>	68
Zasadnicze punkty i koła sfery niebieskiej	69

	Str.
Współrzędne ciał niebieskich . . . . .	71
Widzialny dobowy ruch ciał niebieskich . . . . .	73
Obserwowany roczny ruch słońca . . . . .	73
Ruch i kwadry księżyca . . . . .	75
Pomiar czasu . . . . .	77
Określenie poprawki zegarów . . . . .	82
Kolejność pracy na astrobusoli AK-52 lub AK-53	84
Kolejność pracy na sekstansie lotniczym IAS-1 .	86
Określanie astronomicznej linii położenia (ALP) .	87
Istota i wielkość poprawek przy pomiarach astronomicznych . . . . .	94
Rozpoznawanie gwiazd nawigacyjnych . . . . .	97
Określanie kierunków stron świata według ciał niebieskich . . . . .	98
<b>R o z d z i a ł IV — Nawigowanie samolotu . . . . .</b>	<b>104</b>
Nawigacyjny trójkąt szybkości . . . . .	104
Błędy busoli . . . . .	109
Zasady kompensacji i określania dewiacji oraz do- puszczalne błędy busol magnetycznych . . . . .	110
Kompensacja dewiacji odległościowej busoli in- dukcyjnej . . . . .	113
Przegląd i sprawdzanie busoli przed lotem . . . . .	113
Przeliczanie kursów . . . . .	113
Praktyczne rady dla załogi, dotyczące posługiwa- nia się busolą magnetyczną w skrętach . . . . .	114
Określanie kąta znoszenia podczas lotu . . . . .	115
Określanie rzeczywistej szybkości powietrznej . . . . .	120
Określanie szybkości podróżnej . . . . .	122
Obliczenia na oko . . . . .	126
Obliczenia w pamięci . . . . .	129
Obliczanie elementów skrętu . . . . .	132
Liniowe wyprzedzenie skrętu . . . . .	134
Wyjście na cel w nakazanym czasie . . . . .	135
Zwieranie i rozluźnianie ugrupowania manewrem szybkości . . . . .	138

	Str.
Wzory do obliczeń zbliżenia samolotu . . . . .	140
Nawigowanie samolotu przy pomocy środków ra- diotechnicznych . . . . .	143
<b>Rozdział V — Bombardowanie . . . . .</b>	<b>154</b>
Zasadnicze symbole i terminy . . . . .	154
Balistyka bombardowania . . . . .	155
Bombardowanie z lotu poziomego z średnich i du- żych wysokości . . . . .	158
Bombardowanie z lotu nurkowego . . . . .	163
Schemat bombardowania z lotu nurkowego z wia- trem bocznym . . . . .	165
Bombardowanie w trudnych warunkach meteoro- logicznych . . . . .	169
Bombardowanie celów położonych nad poziomem morza . . . . .	173
Celowanie przy zrzucaniu ciał spadających powoli	175
Fotobombardowanie . . . . .	179
Fotokontrola wyników bombardowania . . . . .	188
Celowanie podczas bombardowania . . . . .	191
Rozrzut przy bombardowaniu . . . . .	195
Taktyczne obliczenia bombardierskie . . . . .	198
Ocena wyników indywidualnych i grupowych bombardowań szkolnych . . . . .	200
<b>Rozdział VI — Strzelanie powietrzne . . . . .</b>	<b>203</b>
Terminy i symbole elementów toru pocisku . . . . .	203
Elementy toru pocisku . . . . .	206
Wpływ wiatru na strzelanie . . . . .	211
Wpływ wysokości lotu . . . . .	212
Obliczanie kąta celowania . . . . .	213
Pionowe obniżenie toru pocisku . . . . .	215
<b>Rozdział VII — Fotografia lotnicza . . . . .</b>	<b>217</b>
Symbole i skróty stosowane w fotografii pionowej	217
Określenie zasadniczych elementów pionowego fotografowania . . . . .	219

	Str.
Fotografowanie skośne . . . . .	229
Fotografowanie w nocy . . . . .	240
Fotomeldunki . . . . .	244
<b>Rozdział VIII — Ważniejsze wiadomości z matematyki i fizyki . . . . .</b>	<b>245</b>
Matematyka , . . . . .	245
Fizyka i mechanika . . . . .	262
<b>Rozdział IX — Ważniejsze tabele i wykresy . . . . .</b>	<b>269</b>
1. Trygonometryczne funkcje kątów . . . . .	269
2. Zamiana minut łuku dużego koła na kilometry . . . . .	271
3. Przeliczanie godzin i minut czasu na stopnie i minuty łuku . . . . .	271
4. Tabela zamiany fal numerowanych na odpowiadające im częstotliwości i długości . . . . .	272
5. Zakresy fal radiowych . . . . .	273
6. Metryczny układ miar . . . . .	273
7. Tabela miar niemetrycznych . . . . .	274
8. Tabela widzialności punktów orientacyjnych z różnych wysokości lotu . . . . .	275
9. Zasady zamiany stopni Celsjusza i Réaumura na stopnie Fahrenheita . . . . .	277
10. Tabela dat pierwszej niedzieli miesiąca od 1951 r. do 1980 r. . . . .	278
11. Wykres czasów skreću o $360^\circ$ w zależności od $V$ i $R$ skreću . . . . .	278-279
12. Wykres kątów przechylu w zależności od $V$ i $R$ skreću . . . . .	279
13. Znaki telegraficzne . . . . .	280
14. Ciężar właściwy niektórych ciał . . . . .	281
15. Międzynarodowa atmosfera wzorcowa . . . . .	282
<b>Załączniki:</b>	
1. Kod meteorologiczny . . . . .	282-283
2. Skorowidz arkuszy Międzynarodowej Mapy Świata 1 : 1.000.000 . . . . .	282-283

	Str.
3. Schemat obliczania ortodromicznego kąta drogi i odległości . . . . .	283
4. Kolejność obliczania współrzędnych punktów pośrednich ortodromy . . . . .	284
5. Siatka gnomoniczna	
6. Nomogram określania kąta drogi na mapie odwzorowania gnomonicznego lub kąta drogi w terenie na podstawie szerokości geograficznej KPT	
7a. Wykres momentów świtu i zmroku na pierwsze półrocze	
7b. Wykres momentów świtu i zmroku na drugie półrocze	
8. Mapa stref czasowych kuli ziemskiej	

ROZDZIAŁ I  
METEOROLOGIA  
ATMOSFERA

Atmosfera jest mechaniczną mieszaniną gazów (azotu, tlenu i innych). W skład atmosfery wchodzi również para wodna i drobne cząsteczki ciał stałych. Fizyczny stan atmosfery charakteryzują takie czynniki meteorologiczne jak: ciśnienie, temperatura, wilgotność, zachmurzenie, opady, wiatr i temu podobne.

Atmosfera dzieli się na trzy zasadnicze warstwy: troposferę, stratosferę i jonosferę (rys 1).

**Troposfera** — przyziemna warstwa atmosfery, sięgająca na średnich szerokościach geograficznych 10—12 km, nad równikiem 16—18 km, nad biegunami 7—8 km. Masy powietrzne troposfery pozostają w ciągłym ruchu i mieszają się. W troposferze powstają i zanikają cyklony, formują się chmury, powstają opady, ze wzrostem wysokości obniża się temperatura, spada ciśnienie.

**Stratosfera** — warstwa nad troposferą, sięgająca do wysokości 80 km. W dolną część stratosfery dostaje się tyle ciepła, ile zostaje z niej wydzielone, dlatego też temperatura jej do wysokości 35 km pozostaje niezmienna w granicach 55—65° poniżej zera. Powietrze w stratosferze cyrkuluje słabiej niż w troposferze. Pomiędzy troposferą i stratosferą znajduje się przejściowa warstwa kilkusetmetrowej grubości zwana tropopauzą.

**Jonosfera** — warstwa o wysokiej zdolności przewodzenia elektryczności, zaczyna się od wysokości 80 km.

**Wzorcowa atmosfera** — przyjęty umownie średni stan atmosfery na wszystkich wysokościach od ziemi do wysokości 15 000 m, charakteryzujący się stałym składem powietrza, ciśnieniem na poziomie morza 760 mm Hg (1013,2 mb), względną wilgotnością 0%, temperaturą na powierzchni ziemi 15°C, spadkiem temperatury w troposferze 0,65°C na każde 100 m wzrostu wysokości.

Zasadnicze dane aerodynamiczne samolotów, podawane w opisach i formularzach, określane są dla warunków wzorcowej atmosfery.

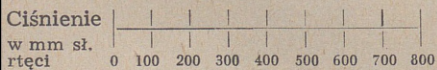
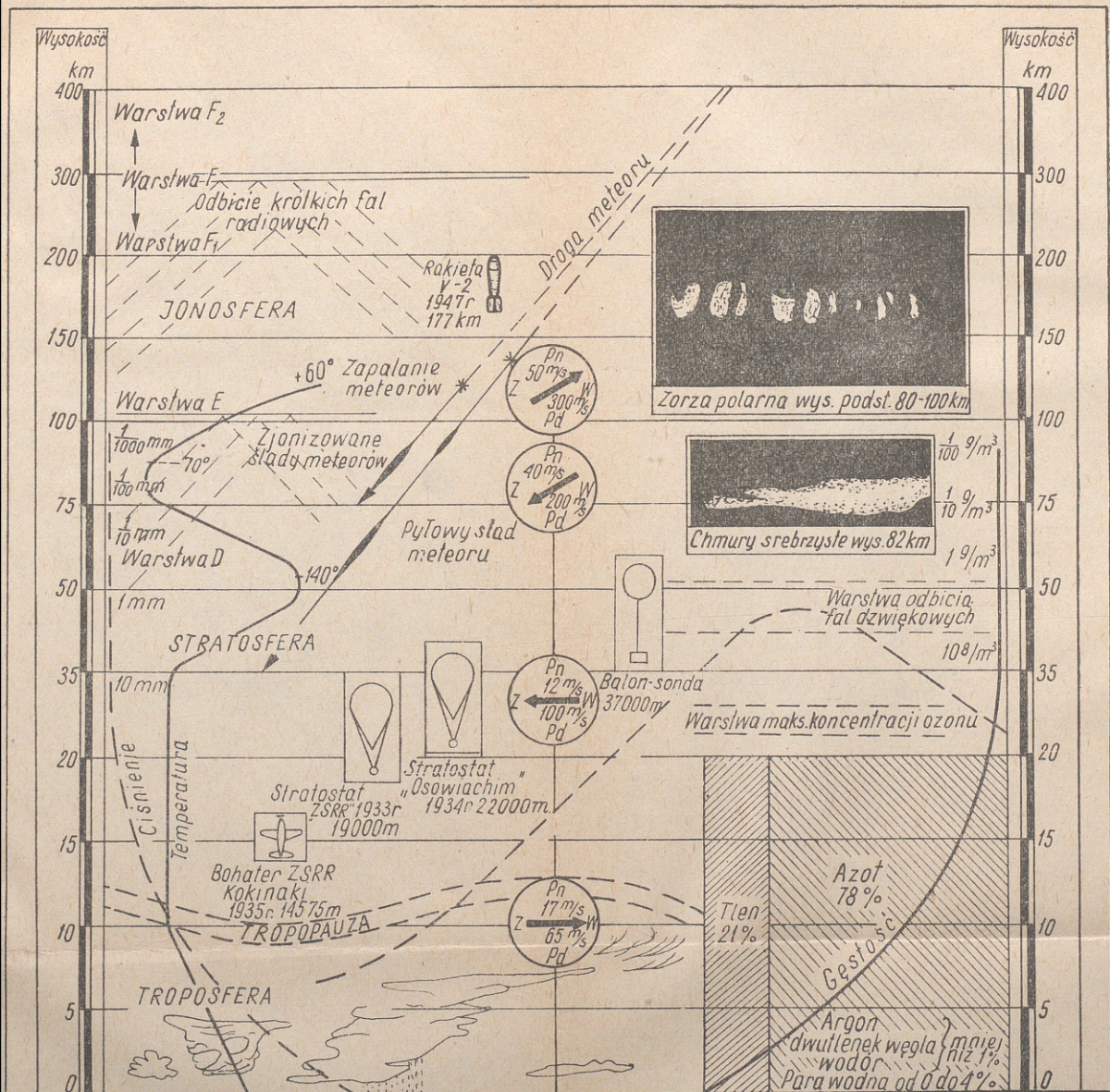
Odchylenia rzeczywistych warunków pogody od wzorcowych uwzględnia się przez wprowadzenie poprawek do wskazań przyrządów, służących do określenia warunków lotu: szybkościomierza, wysokościomierza itd. Do określenia poprawek służą suwaki nawigacyjne.

#### CZYNNIKI METEOROLOGICZNE

**Ciśnienie atmosferyczne** — siła, z jaką powietrze oddziałuje na wszystkie ciała znajdujące się w atmosferze lub na powierzchni ziemi; wyraża się ją w milimetrach słupka rtęci (mm Hg) lub w milibarach (mb).

**Chmury** — produkt kondensacji pary wodnej. Ilość chmur określa się stopniem pokrycia nieba w dziesiątych lub oktantach. Pełne zachmurzenie — 10 dziesiątych lub 8 oktantów; wysokość chmur określa się w metrach.

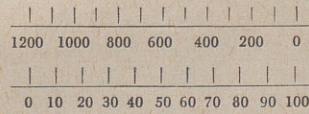
Według zewnętrznego wyglądu chmury dzielą się na typy: kłębiaste (oddzielne masy chmur), faliste (warstwy niejednorodne), warstwowe (jednorodne).



Ciepłota i temperatura wg przeciętnych danych dla umiarkowanych szerokości

Strzałkami wskazano kierunki wiatrów, liczby nad strzałkami ilustrują średnie pod strzałkami maksymalne prędkości wiatru.

Prądy powietrzne przeważające nad Europą w lecie



Gęstość w g/m<sup>3</sup>

Skład objętościowy w %

Gęstość i skład powietrza wg przeciętnych danych dla umiarkowanych szerokości

Rys. 1. Struktura atmosfery

Chmury typu kłębiastego (kłębiaste, silnie kłębiaste, kłębiasto-deszczowe) powstają w wyniku pionowych ruchów powietrza.

Chmury typu falistego (warstwowo-kłębiaste, kłębiasto-wysokie, pierzasto-kłębiaste) formują się głównie dzięki obecności inwersji\* i izotermii\*\* w atmosferze i pokrywają duże przestrzenie; pionowo mogą się rozwinąć od kilku dziesiątek do kilkuset metrów.

Chmury typu warstwowego (warstwowe, warstwowo-deszczowe, wysoko-warstwowe, pierzasto-warstwowe, pierzaste) powstają przy wstępującym ruchu cieplejszego powietrza na klin chłodniejszego; pokrywają one ciągłą warstwą setki tysięcy km<sup>2</sup>. Systemy warstwowo-deszczowe i wysoko-warstwowych chmur są bardzo mocno rozwinięte pionowo.

Pionowa rozbudowa podinwersyjnych chmur warstwowych dosięga kilkuset metrów (rzadko 1 000—1 400 m).

Według wysokości położenia chmury dzielą się na:

- wysokie (pierzaste, warstwowo-pierzaste, kłębiaste) o podstawie położonej na wysokości około 6 000 m lub wyżej;
- średnie (warstwowe wysokie i kłębiaste) położone na wysokościach od 2 500 do 6 000 m;
- niskie (warstwowe, warstwowo-kłębiaste, warstwowo-deszczowe) o wysokości podstawy poniżej 2 500 m; niekiedy sięgają do ziemi;
- pionowego rozwinięcia (kłębiaste rozwinięte, kłębiasto-deszczowe) o wysokości dolnej podstawy do 500 m i górnej do 7 000 m i więcej.

---

\* Inwersja — warstwa powietrza, w której ze wzrostem wysokości obserwuje się wzrost temperatury zamiast spadku.

\*\* Izotermia — warstwa powietrza, której temperatura nie ulega zmianie z wysokością.

Opady — produkt wydzielony z chmur. Ilość opadów mierzy się wysokością ich warstwy, wyrażoną w milimetrach. Opady mogą być:

- ulewne, zazwyczaj przelotne, krótkotrwałe, padają z kłębiasto-deszczowych chmur;
- ciągłe, charakteryzujące się długotrwałością, spadają z warstwowo-deszczowych i warstwowych chmur;
- mżawki, spadają z mgły lub bardzo niskich chmur warstwowych.

Wiatr — ruch powietrza względem powierzchni ziemi, wynikający z nierównomiernego rozłożenia ciśnienia atmosfery, które spowodowane jest nierównomiernym dopływem ciepła w atmosferze. Wiatr jest wielkością wektorową i mierzy się szybkością w m/sek i kierunkiem w stopniach. Meteorologiczny kierunek wiatru wskazuje skąd on wieje.

Szybkość i kierunek wiatru zmieniają się z wysokością. We wschodniej części cyklonu (niżu) lub zachodniej części antycyklonu (wyżu) szybkość wiatru wzrasta z wysokością, a kierunek zmienia się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, to znaczy w prawo; w zachodniej części cyklonu lub wschodniej części antycyklonu szybkość wiatru również wzrasta z wysokością, lecz kierunek zmienia się w stronę przeciwną do ruchu wskazówek zegara, to znaczy w lewo; w południowej części cyklonu lub północnej części antycyklonu szybkość wiatru wzrasta, kierunek pozostaje niezmienny; w północnej części cyklonu lub południowej części antycyklonu szybkość wiatru z wysokością spada do zera i powyżej punktu zerowego kierunek wiatru zmienia się o  $180^\circ$ . We wszystkich opisanych wypadkach niezmiennym warunkiem powinien być spadek temperatury z południa na północ. Średni kierunek wiatru w górnych warstwach troposfery i dolnych war-

stwach stratosfery nad Europą: w lecie jest bliski północno-zachodniej ćwiartki, zimą — zachodniej ćwiartki.





Szybkość wiatru w troposferze z wysokością wzrasta osiągając maksymalne wartości w warstwie przejściowej do stratosfery średnio 17—20 m/sek., w dolnych warstwach stratosfery maleje ze wzrostem wysokości, po czym znowu wzrasta.


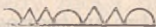







Przy ziemi (do wysokości 1 000 m) wskutek tarcia o powierzchnię ziemską wiatr odchyła się w prawo średnio o kąt  $30^\circ$  od kierunku izobary.

Poczynając od wysokości 1 000 m, gdzie zjawisko to zanika, ruch powietrza odbywa się równolegle do izobar. Poziomy równomierny ruch powietrza przy braku siły tarcia nazywa się wiatrem gradientowym. Kierunek i szybkość wiatru na różnych wysokościach (dla zabezpieczenia lotów) określa się drogą obserwacji balonów pilotażowych, a także z map synoptycznych.

Czynniki meteorologiczne ulegają ciągłym zmianom. Stan ich w jakimś momencie czasu nazywa się pogodą. Meteorologiczne elementy wykreśla się na mapach pogody znakami umówionymi (załącznik nr 1).

Mapy pogody opracowuje się w odpowiedni sposób i analizuje się. Podczas opracowania mapy używa się następujących (kolorowych) znaków:

ciepły front		(czerwonym kolorem)
zimny front		(niebieskim kolorem)
wtórny zimny front		(niebieskim kolorem)
wtórny ciepły front		(czerwonym kolorem)

okluzja ciepłego frontu		(fioletowym kolorem)
okluzja zimnego frontu		(fioletowym kolorem)
opady ciągle		(zielonym kolorem)
opady przelotne		(zielonym kolorem)
mżawki		(zielonym kolorem)
mgły		(żółtym kolorem)
zamglenia		(żółtym kolorem)
burze		(czerwonym lub zielonym kolorem)
zamiecie, zawieje		(czerwonym lub zielonym kolorem)

#### WPŁYW WYSOKOŚCI NA ZAŁOGĘ SAMOŁOTU

Organizm człowieka przystosowany jest do warunków przyziemnej warstwy troposfery.

Ze wzrostem wysokości warunki te ostro zmieniają się: spada ciśnienie powietrza, obniża się temperatura itp. Zmiany te wpływają na stan organizmu i samopoczucie człowieka.

Atmosfera pod względem wpływu na organizm człowieka dzieli się na trzy strefy:

**pierwsza strefa** — warstwa atmosfery, w której przebywanie człowieka możliwe jest bez dodatkowego dokarmiania organizmu tlenem; górna jej granica (pułap fizjologiczny) znajduje się przeciętnie na wysokości 4 500 m i zależy od indywidualnej od-

porności personelu latającego oraz jego wytrenowania w lotach na tych wysokościach;

**druga strefa** — warstwa atmosfery od fizjologicznego pułapu do 11 000—12 000 m, w której człowiek musi koniecznie dokarmiać się tlenem;

**trzecia strefa** — warstwa zaczynająca się od wysokości 11 000—12 000 m; człowiek może przebywać w niej tylko w hermetycznych odizolowanych kabinach lub specjalnym odzieniu.

Obniżenie się temperatury w miarę wzrostu wysokości powoduje konieczność ocieplania kabin lub stosowania specjalnego umundurowania.

#### WPLYW CHMUR NA LOT

Charakter lotu często zależy od zachmurzenia, jego wysokości, rodzaju oraz rozbudowy pionowej i poziomej. Zachmurzenie komplikuje technikę pilotowania i działania taktyczne. Lot w chmurach jest trudny i możliwość wykonania go zależy od wyposażenia samolotu w odpowiednie pilotażowo-nawigacyjne urządzenia i od wyćwiczenia personelu latającego w technice pilotowania według przyrzą-

Tabela 1

#### Widzialność w chmurach

Rodzaj chmur	Widzialność w m
Kłębiaste	20—40
Deszczowo-kłębiaste	10—20, wewnątrz „kawałek” nie ma widzialności
Warstwowe	10—50
Deszczowo-warstwowe	10—80

dów. W chmurach kłębiastych silnie rozwiniętych lot (szczególnie na ciężkich samolotach) jest utrudniony dużą turbulencją powietrza, a w deszczowo-kłębiastych, oprócz tego — obecnością burz.

W zimnym okresie roku, na dużych wysokościach i w letnim okresie, podczas lotu w chmurach istnieje niebezpieczeństwo oblodzenia.

### WPLYW OPADÓW NA LOT

Opady oddziałują na loty głównie wskutek zjawisk im towarzyszących. Słabe opady (szczególnie mżawki) obejmują często duże przestrzenie, towarzyszy im niskie zachmurzenie i słaba widzialność; jeśli krople deszczu są przechłodzone, to zachodzi w nich oblodzenie samolotu. Dlatego też lot w ciągłych opadach, szczególnie na małych wysokościach, jest utrudniony.

W ulewnych opadach o charakterze frontalnym lot utrudniony jest wskutek wyraźnego pogorszenia się widzialności i wzmożenia się wiatru.

### MASY POWIETRZNE

Masa powietrza — duży obszar powietrza w troposferze charakteryzujący się jednorodnością fizycznych właściwości (temperatury, wilgotności) i wspólnym przesuwaniem się w jednym z prądów cyrkulacji atmosfery. Poziomo masa powietrzna rozciąga się na przestrzeni tysięcy kilometrów, a pionowo dosięga często górnych granic troposfery. Powietrzna masa nosi nazwę: *chłodnej*, jeśli przesuwa się ona z rejonu zimniejszego do cieplejszego (i na cieplejsze podłoże) i *cieplej*, jeśli przesuwa się z rejonu cieplejszego do zimniejszego (i na bardziej oziębione podłoże). W zależności od warunków rozwoju ruchów pionowych w masach powietrznych

dziela się one na stałe i chwiejne. Nazwę stałej nosi ta masa powietrzna, której warunki rozwoju ruchów pionowych są nie sprzyjające; w masie chwiejnej warunki sprzyjają rozwojowi ruchów pionowych. Zimna masa powietrzna zazwyczaj jest chwiejna, ciepłe masy przeważnie stałe. Według geograficznego pochodzenia (w zależności od miejsca formowania) masy dzielą się na:

Kontynentalne arktyczne powietrze (KAP). W lecie chwiejne, suche, pogoda zazwyczaj jasna lub z niedużym kłębiastym zachmurzeniem; rzadko ulewne deszcze. W zimie stałe; charakteryzuje się niskimi temperaturami i mroźnym zamgleniem.

Morskie arktyczne powietrze (MAP). Na wiosnę i w jesieni chwiejne; formują się w nim kłębiaste wypiętrzone i deszczowo-kłębiaste chmury; padają krótkotrwałe ulewy; w nocy często obserwuje się jasną mroźną pogodę. W zimie zachowuje chwiejność; nad terytorium wschodniej Europy często towarzyszą mu krótkotrwałe śnieżne nawałnice.

Morskie umiarkowane powietrze (MUP), nazywane dawniej morskim polarnym powietrzem. Latem chwiejne, nierzadko charakteryzujące się kłębiastymi wypiętrzonymi i deszczowo-kłębiastymi chmurami, ulewami i burzami, podczas lotu w nim odczuwa się silne rzucanie. W zimie stałe i charakteryzuje się adwekcyjnymi mgłami i chmurami typu falistego.

Kontynentalne umiarkowane powietrze (KUP), nazywane dawniej kontynentalnym polarnym powietrzem (KPP). W lecie chwiejne, przy formowaniu się z MUP rozwijają się w nim kłębiaste i deszczowo-kłębiaste chmury z ulewami i burzami, podczas lotu obserwuje się rzucanie; przy formowaniu się z arktycznego powietrza charakte-

ryzuje się przeważnie pogodą o małym zachmurzeniu. W zimie stałe, przy formowaniu się z KAP charakteryzuje się jasną pogodą i silnymi mrozami (na Syberii), a w wypadku formowania się z MUP lub MAP — radiacyjnymi mgłami i niskim warstwowym zachmurzeniem.

Morskie zwrotnikowe powietrze (MZP). Latem chwiejne z rozwijającym się deszczowo-kłębiastym i kłębiasto-wypiętrzonym zachmurzeniem, ulewami i burzami; podczas lotu obserwuje się rzucanie. W zimie stałe, przynosi odwilż, wilgotną pogodę z mgłami, mżawkami, niskimi warstwowymi chmurami, silnymi wiatrami i zmniejszoną widzialnością.

Kontynentalne zwrotnikowe powietrze (KZP). Posiada znaczne zmętnienia i jest zapyłone do wysokości 4—5 km. W zimie mało różni się od MZP. Na wiosnę i w jesieni stałe, czasem obserwuje się w nim mgły, chmury warstwowe i mżawki. W lecie chwiejne, z wysokimi temperaturami, nierzadko spotyka się w nim chmury kłębiaste wypiętrzone i burze; w południowych połaciach ZSRR obserwuje się burze piaskowe.

#### FRONTY ATMOSFERYCZNE

Frontem atmosferycznym nazywa się rozdział (strefa przejściowa) pomiędzy dwoma masami powietrznymi odmiennego rodzaju. Fronty dzielą się na ciepłe, chłodne i fronty okluzji. Oprócz tego istnieją fronty wtórne.

Ciepły front — front przesuwany się w stronę chłodnego powietrza, za którym posuwa się cieplejsze powietrze. Zbliżanie się wyraźnie zarysowanego ciepłego frontu zwiastują chmury pierzaste, pojawiające się w odległości około 900 km przed linią frontu, przeciętnie na dobę przed przybyciem

frontu i 12—14 godz. przed rozpoczęciem opadów. Chmury pierzaste gęstnieją i przechodzą w pierzasto-warstwowe, za którymi pojawiają się wysoko-warstwowe i w końcu deszczowo-warstwowe. System frontalnych chmur jest dość mocny. Zasadniczą część systemu zachmurzenia ciepłego frontu (warstwowo-deszczowe i wysoko-warstwowe chmury) posiada grubość 3—5 km. Nierzadko w systemie frontalnych chmur obserwuje się miejscowe bezchmurne prześwity. Dolna podstawa chmur warstwowo-deszczowych rozpościera się na małej wysokości, a w pobliżu frontu często opuszcza się do ziemi, stwarzając frontalną mgłę.

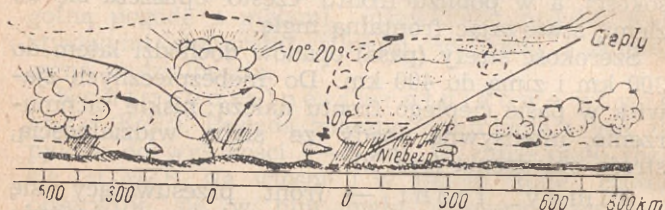
Szerokość strefy (pasa) opadów dochodzi latem do 300 km i zimą do 400 km. Do niebezpiecznych zjawisk w pasie ciepłego frontu należą: niskie zachmurzenie, intensywne opady ze słabą widzialnością, strefy oblodzenia (rys. 2).

Zimny front — front przesuwany się w stronę ciepłego powietrza, za którym postępuje bardziej zimne. Rozróżnia się zimne fronty 1 i 2 rodzaju.

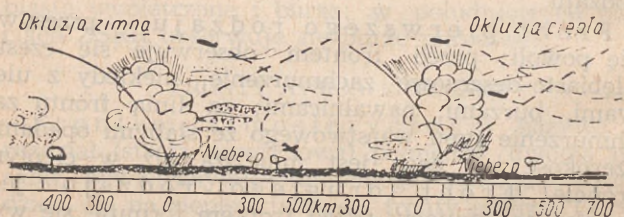
Front pierwszego rodzaju — przesuwa się powoli; przed frontem obserwuje się często kłębiasto-deszczowe zachmurzenie, niekiedy z ulewami, burzami, nawałnicami; za linią frontu zachmurzenie typu warstwowego ze słabymi opadami, szerokość ich pasa jest mniejsza niż w ciepłym froncie. Front drugiego rodzaju jest szybko postępujący; przed frontem formuje się wypiętrzone kłębiaste i deszczowo-kłębiaste zachmurzenie (z kowadłami); opady ulewne; w pasie kilkudziesięciu kilometrowej szerokości często obserwuje się nawałnice, w ciepłych okresach roku burze, niekiedy frontowi towarzyszy huragan. Za frontem drugiego rodzaju obserwuje się wyraźne wzmocnienie

się wiatru, wzrost ciśnienia, najczęściej roz pogodzenie. Wewnątrz masy powietrznej za frontem mogą rozwijać się chmury kłębiaste i padać ulewne deszcze. Przelot przez zimny front jest trudny i niebezpieczny. Takie fronty zaleca się przecinać górą lub prześwitami pomiędzy chmurami.

Front okluzji — kompleksowy front wynikający wskutek zwierania się ciepłego i zimnego frontu (w obszarze cyklonu). Fronty okluzji mogą być ciepłe i chłodne i odpowiednio do tego charakteryzują się warstwowym i kłębiastym zachmurze-



Rys. 2. Pionowy przekrój frontów atmosferycznych: zimnego i ciepłego



Rys. 3. Pionowy przekrój frontów atmosferycznych okluzji

niem. Zachmurzenie w pionie — wielowarstwowe. Warunki lotów we frontach okluzji są trudne, szczególnie w jesieni oraz zimą i zależą od aktywności frontów (rys. 3).

Front wtórny — front powstający w jednej i tej samej masie powietrza z zasady pomiędzy poszczególnymi jej częściami, posiadającymi nieco różniące się temperatury; najczęściej fronty wtórne spotyka się wewnątrz chwiejnych mas arktycznego lub polarnego powietrza. Procesy na froncie wtórnym wyrażają się znacznie słabiej niż na froncie zasadniczym.

### SYSTEMY BARYCZNE

Systemami barycznymi nazywają się obszary zwiększonego lub zmniejszonego ciśnienia. Na mapach synoptycznych systemy baryczne oznacza się izobarami (liniami łączącymi punkty o jednakowym ciśnieniu). Systemy baryczne dzielą się na cyklony, antycyklony, kliny, zatoki, siodła.

Cyklon lub niż (N) — system baryczny o zamkniętych izobarach i najniższym ciśnieniu w środku. Gradient baryczny\* skierowany jest do środka. Wiatry wieją do cyklonu okalając go jednocześnie w kierunku przeciwnym do strzałki zegara. We wszystkich systemach barycznych wiatry przy ziemi wieją przeciętnie pod kątem  $30^\circ$  do izobar, a od wysokości 1 000 m, gdzie tarcie o powierzchnię ziemi przestaje oddziaływać, wiatr wieje równoległe do izobar. Cyklony powstają i rozwijają się na frontalnych rozdzielach; pogoda w cyklonie charakteryzuje się dużym zachmurzeniem, silnymi wiatrami i opadami.

Antycyklon lub wyż (W) — system baryczny z zamkniętymi izobarami i najwyższym ciś-

---

\* Gradientem barycznym nazywa się wielkość zmiany ciśnienia w płaszczyźnie poziomej na jednostkę odległości (najczęściej 111 km). Kierunek gradientu barycznego skierowany jest od ciśnienia wyższego do niższego.

nieniem w środku. Gradient baryczny skierowany od środka na zewnątrz. Wiatry wieją od jądra, okalając go jednocześnie zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Pogoda w antycyklonie latem jest upalna, mało chmurna, zimą — mroźna, niekiedy z radiacyjnymi mgłami w centralnych rejonach i świeżymi wiatrami na peryferiach.

W klinie (wąskim pasie zwiększonego ciśnienia) obserwuje się przeważnie jasną pogodę, słabe wiatry, niekiedy na jego osi formują się mgły.

Wzdłuż osi zatok (wąskich pasów niskiego ciśnienia) z reguły przechodzą fronty i obserwuje się pogodę chmurną z opadami i porywistymi wiatrami, czasem nawałnicami. Zatoki stanowią dużą przeszkodę dla lotów w pobliżu środka cyklonu; w miarę oddalenia się od środka wpływ ich na lot maleje.

W siódłach (systemach barycznych, powstałych pomiędzy dwoma obszarami wysokiego ciśnienia i dwoma obszarami niskiego ciśnienia) powstają mgły, latem często burze.

W ogólnych procesach w atmosferze systemy baryczne (cyklony i antycyklony) grają rolę mechanizmu, przy pomocy którego odbywa się ruch mas powietrznych i frontów oraz ich ewolucje. Dzięki cyklonicznych cyrkulacjom odbywa się wymiana powietrza pomiędzy małymi i dużymi szerokościami geograficznymi.

#### ZJAWISKA ATMOSFERYCZNE NIEBEZPIECZNE DLA LOTNICTWA

Do zjawisk atmosferycznych niebezpiecznych dla lotnictwa należą: burze, nawałnice (porywy wiatru od 12 m/sek. i wyżej) sztormy, huragany, mgły, oblodzenia, ulewne opady, grady, zamiecie, burze pyłowe, niskie zachmurzenie.

Burza — zjawisko formowania się chmur z towarzyszącymi mu wyładowaniami elektrycznymi (błyskawicami) i opadami (niekiedy gradem). Zasadniczym procesem przy formowaniu się burz jest rozwój chmur deszczowo-kłębiastych. Podstawa chmur dochodzi przeciętnie do wysokości 500 m, a górna powierzchnia może osiągnąć 7 000 m i wyżej.

W chmurach burzowych obserwuje się silne nieuporządkowane prądy powietrza wstępujące i zstępujące. Chmura burzowa posiada budowę mieszaną, kowadło chmury burzowej zbudowane jest z kryształków lodu, dolna i środkowa część składa się zazwyczaj z kropel wody i gradzin. Burzom zazwyczaj towarzyszą nawałnice. Burze dzielą się na wewnętrzne i frontalne.

Burze frontalne rozwijają się głównie na chłodnych frontach atmosferycznych i frontach okluzji chłodnej, rzadziej na ciepłych; pas tych burz jest zazwyczaj wąski, ale wzdłuż frontu rozwija się na odległości do 1 000 km; burze frontalne obserwuje się w dzień i w nocy, są one niebezpieczne ze względu na wyładowania elektryczne i silne rzucanie; trafienie ładunku elektrycznego w samolot może doprowadzić do ciężkich następstw. W czasie silnej burzy nie wolno posługiwać się radiołącznością. Loty w burzach są bardzo trudne.

Chmury kłębiasto-deszczowe należy omijać bokiem. Mniej rozwinięte pionowo chmury burzowe można przebywać góra, ale ze znacznym przewyższeniem. W wyjątkowych wypadkach strefy burz można przelatywać przez spotykane w nich rozrywy chmur.

Nawałnicą (szkwałem) nazywa się nieoczekiwane wzmoczenie się wiatru z równoczesną zmianą kierunku. Nawałnice powstają zazwyczaj podczas przechodzenia ostro zarysowanych chłodnych fron-

tów. Szerokość strefy nawałnicy 200—7 000 m, wysokość 2—3 km, długość wzdłuż frontu oblicza się na setki kilometrów. Szybkość wiatru podczas nawałnicy może osiągnąć 30—40 m/sek.

Mgła — zjawisko kondensacji pary wodnej w przyziemnej warstwie powietrza, przy którym widzialność zmniejsza się do 1 km i niżej. Przy widzialności ponad 1 km kondensacyjne zmętnienie nazywa się zamgleniem. Według warunków formowania mgły dzieli się na radiacyjne, adwekcyjne i radiacyjno-adwekcyjne.

Mgły adwekcyjne spotyka się najczęściej podczas przechodzenia ciepłych frontów, przy czym są one bardzo gęste. Mgły adwekcyjne powstają na skutek napływu ciepłego, wilgotnego powietrza nad wyziębione podłoże; występują w dzień i w nocy, zalegają duże obszary, a trwałość ich dosięga 2—3 dni. Gęstość mgieł wzrasta z wysokością; niekiedy zlewają się one z chmurami. Trudność lotu przy mgłach adwekcyjnych polega na tym, że trudno obejść strefę przez nie zajętą i nie zawsze jest pewność, że lotnisko lądowania do momentu przybycia nad nie nie będzie zasłonięte mgłą.

Mgły radiacyjne formują się zwykle przy bezchmurnym niebie w nocy i w dzień wskutek silnego oziębienia podścielającej powierzchni i przylegającej do niej warstwy powietrza; są one bardzo gęste przy ziemi i zalegają niewielkie obszary; w locie z zasady rozplywają się po wschodzie słońca, w zimie zajmują większe przestrzenie i są bardziej długotrwałe. Mgły radiacyjne nie stanowią dużego niebezpieczeństwa dla lotów.

Lot we mgle na skutek możliwości zderzenia się z przeszkodami terenowymi, a w przejściowych okresach roku i w zimie oprócz tego wskutek możliwości

oblodzenia, jest niebezpieczny i bez specjalnego wyposażenia na samolocie niedozwolony.

**Oblodzenie** — zjawisko pokrywania się części samolotu lodem. Przyczyną oblodzenia jest obecność przechłodzonych (poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ ) kropli wody w atmosferze. Zderzenie się kropli z samolotem powoduje ich zamarzanie. Narastanie lodu zwiększa ciężar samolotu i opór czołowy, obniża jego siłę nośną itp.

Spotyka się oblodzenie trzech rodzajów:

**Gołoledź** (najbardziej niebezpieczny rodzaj oblodzenia) występuje podczas lotu w chmurach, opadach i mgie przy temperaturach od  $0^{\circ}$  do  $-6^{\circ}\text{C}$  przy obecności przechłodzonych kropeł; oblodzenie pojawia się najpierw na czołowych częściach samolotu, linkach, usterzeniu ogonowym i dyszy; gołoledź na ziemi zwiastuje, że w powietrzu znajdują się pokaźne strefy oblodzenia.

**Lód porowaty** — białawy, ziarnisty nalot — mniej niebezpieczny rodzaj oblodzenia, spotyka się przy temperaturach  $-15$ — $-20^{\circ}\text{C}$  i niższych, pokrywa powierzchnię samolotu bardziej równomiernie i nie zawsze trzyma się mocno; długi lot w strefie oszronienia jest niebezpieczny.

**Szron** — obserwuje się przy dość niskich temperaturach; niebezpiecznych następstw nie powoduje.

Jeżeli oblodzenie rozpoczęło się podczas lotu w chmurach, to należy:

- wykorzystać dla dalszego kontynuowania lotów rzrzywy w chmurach lub wolną przestrzeń pomiędzy warstwami chmur, jeśli one istnieją;
- jeśli jest możliwe — wyjść w strefę posiadającą temperaturę ponad  $0^{\circ}\text{C}$ ;

— jeżeli wiadomo, że temperatura przy ziemi jest minusewą, a grubość chmur nieduża, należy zwiększyć wysokość, żeby wyjść ponad chmury lub w strefę niższej temperatury.

Jeżeli oblodzenie rozpoczęło się podczas lotu w przechłodzonym deszczu, wówczas należy:

- skierować samolot w warstwę powietrza o temperaturze wyższej od  $0^{\circ}$ , jeśli zawczasu znane jest jej położenie;
- wyjść ze strefy deszczu, a w wypadku oblodzenia o groźnych rozmiarach wrócić lub wykonać lądowanie na najbliższym lotnisku.

Z a m i e c i e — zjawisko przenoszenia śniegu przez wiatr w płaszczyźnie poziomej, często z towarzyszącymi mu zawichrzeniami. Widzialność w zamieciach wyraźnie spada (do 50—100 m i niżej). Zamiecie charakterystyczne są dla cyklonów, peryferii antycyklonów i dla frontów, utrudniają one, a niekiedy uniemożliwiają lądowanie i start samolotu.

#### LOTY W GÓRACH

Rejony góryste charakteryzują się ostrymi zmianami pogody, częstym formowaniem się chmur, częstymi opadami, burzami, zmianami wiatru. W górach, szczególnie w ciepłych okresach roku, stale obserwuje się wstępujące i zstępujące ruchy powietrza, a w pobliżu stoków gór powstają powietrzne wiry. Grzbiety górskie przeważnie pokryte są chmurami. W dzień i latem są to chmury kłębiaste, w nocy i zimą — niskie chmury warstwowe. Chmury formują się w pierwszym rzędzie nad szczytami gór, z ich nawietrznej strony. Wypiętrzonym chmurom kłębiastym często towarzyszą silne ulewy i burze z gradem. Lot w pobliżu stoków gór jest niebezpieczny, ponieważ samolot może dostać się w powie-

trzne wiry. Loty nad górami należy wykonywać z przewyższeniem 500—800 m, zniżanie można wykonywać po przeleceniu szczytów w odległości 10—20 km od nich.

Pod chmurami lot może być stosunkowo bezpieczny tylko w tym wypadku, jeśli podstawa ich położona jest na wysokości 600—800 m ponad górami. Jeśli podstawa ta leży niżej od wyżej wymienionych wysokości i jeśli szczyty miejscami są zakryte, to lot będzie się stawał stopniowo coraz trudniejszy, a przy dalszym obniżeniu stanie się niebezpieczny.

W górzystych rejonach można przebijać chmury w górę lub wykonywać lot w chmurach wg przyrządów tylko przy doskonałej znajomości rejonu lotu.

#### OBOWIĄZKI ZAŁOGI SAMOŁOTU

Przed startem załoga samolotu (pilot, nawigator) obowiązana jest:

1. Wysłuchać szczegółowego meldunku dyżurnego meteorologa o stanie i prognozie pogody na trasie (w rejonie) lotu. Główna uwaga powinna być zwrócona na istnienie na trasie (w rejonie) lotu:
  - frontów atmosferycznych; ich położenie i intensywność, pionowe rozwinięcie frontalnych systemów zachmurzenia, kierunek i szybkość przesuwania się frontów;
  - stref z niebezpiecznymi dla lotnictwa zjawiskami pogody; ich granice, kierunek i szybkość przesuwania się;
  - dróg obejścia rejonów złej pogody.
2. Pobrać na stacji meteorologicznej informacyjny komunikat o pogodzie, w którym powinny być wskazane:
  - stacja synoptyczna rejonu lotów;
  - faktyczna pogoda na trasie i w punkcie lądowania, nie dawniejsze niż z przed dwóch godzin;

- prognoza pogody na trasie (w rejonie) i w miejscach lądowania;
- pionowy przekrój oczekiwanego stanu atmosfery na trasie;
- astronomiczne dane punktów startu i lądowania.

3. W wypadku opóźnienia startu więcej niż na godzinę załoga powinna powtórnie wysłuchać meldunku dyżurnego meteorologa i otrzymać nowy komunikat o pogodzie.

Podczas lotu załoga samolotu (pilot, nawigator) obowiązana jest:

1. Obserwować stan pogody, szczególnie zjawiska niebezpieczne dla lotu. Pozwoli to załodze w swoim czasie zauważyć nagle pogorszenie się pogody na trasie (w rejonie) lotu, prawidłowo ocenić je, powziąć odpowiednią decyzję co do dalszego lotu i wykonać zadanie.

2. Zapytać na 50—100 km przed przybyciem nad lotnisko o sytuację meteorologiczną w rejonie lądowania oraz o barometryczne ciśnienie na poziomie lotniska i ustawić je na pokładowym wysokościomierzu.

## MIEJSCOWE OZNAKI POGODY

### Oznaki trwałej dobrej pogody

1. Wysokie ciśnienie, wzrastające ciągle, powoli w ciągu kilku dni.

2. Prawidłowy przebieg dobowy wiatru: w nocy bezwietrznie, w dzień znaczne wzmożenie wiatru, na brzegach mórz i dużych jezior oraz w górach prawidłowa zmiana wiatrów; w dzień z wody na ląd i z dolin na szczyty, w nocy z lądu na wodę i ze szczytów w doliny.

3. W zimie niebo jasne i tylko pod wieczór przy ciszy mogą napływać cienkie chmury warstwowe.

W lecie na odwrót: w dzień rozwija się zachmurzenie kłębiaste i pod wieczór zanika.

4. Prawidłowy dobowy przebieg temperatury (w dzień podnoszenie się, w nocy spadek). W zimowym półroczu temperatura niska, latem wysoka.

5. Opadów brak; w nocy silna rosa lub szron.

6. Przyziemne mgły zanikające po wschodzie słońca.

### Oznaki trwałej zlej pogody

1. Niskie ciśnienie, wahające się w granicach jednej wartości lub jeszcze bardziej spadające.

2. Nienormalny dobowy przebieg wiatru i duża jego szybkość.

3. Całe niebo zakryte deszczowo-warstwowymi lub warstwowymi chmurami.

4. Długotrwałe deszcze lub opady śnieżne.

5. Nieznaczne zmiany temperatury w okresach doby, w zimie stosunkowo ciepło, w lecie chłodno.

### Oznaki pogorszenia pogody

1. Spadek ciśnienia: im gwałtowniej spada ciśnienie, tym szybciej zmienia się pogoda.

2. Wiatr wzmagą się, dobowe wahania prawie zanikają, kierunek wiatru zmienia się.

3. Zachmurzenie wzrasta, przy czym często obserwuje się następującą kolejność napływania chmur; pierzaste, potem pierzasto-warstwowe (ruch ich jest tak szybki, że można zauważyć go gołym okiem), na miejsce ostatnich przychodzą wysoko-warstwowe i w końcu deszczowo-warstwowe.

4. Kłębiaste chmury pod wieczór rozsiewają się i nie giną, a ilość ich nawet wzrasta. Jeżeli przyjmują one formę spiętrzoną — należy oczekiwać burzy.

5. Temperatura w zimie podnosi się, latem obserwuje się widoczne zmniejszenie wahań dobowych.

6. Wokoło księżyca i słońca obserwuje się kolorowe kręgi i wieńce.

### Oznaki polepszenia pogody

1. Ciśnienie wzrasta.

2. Zachmurzenie staje się zmienne, zjawiają się prześwity, chociaż chwilami niebo jeszcze może pokrywać się niskimi deszczowymi chmurami.

3. Deszcz lub śnieg padają od czasu do czasu, bywają dość intensywne, ale nie są ciągłe.

4. Temperatura w zimie obniża się, w lecie wzrasta (po uprzednim obniżeniu).

### ROZPOZNANIE POGODY PRZEZ SAMOLOTY

W celu skonkretyzowania sytuacji meteorologicznej, przed powzięciem decyzji na wylot (loty), kiedy informacje naziemnych stacji meteorologicznych nie dają jasnego obrazu pogody na trasie (w rejonie) lotu, przeprowadza się rozpoznanie pogody samolotami. Zadaniem na rozpoznanie pogody stawia dowódca oddziału lub kierownik lotów na podstawie meldunku meteorologa. Rozpoznanie pogody może być przeprowadzane przed wylotem i bezpośrednio w okresie lotów. Prowadzenie rozpoznania poleca się załogom znającym dobrze meteorologię i dobrze przygotowanym do lotów w trudnych warunkach meteorologicznych. W trudnych warunkach pogody w skład załogi może być włączony meteorolog. Rozpoznanie wykonuje nawigator samolotu (pilot), który podczas lotu notuje:

- miejsce i czas obserwacji;
- wysokość lotu;

- ilość i formę chmur oraz wysokość ich podstawy i górnej powierzchni;
- widzialność poziomą;
- zjawiska szczególne.

Dane z rozpoznania pogody załoga przekazuje przez radio na lotnisko, a po lądowaniu nawigator lub pilot melduje je dowództwu i zapoznaje z nimi stację meteorologiczną.

---

ROZDZIAŁ II  
KARTOGRAFIA

KRÓTKIE WIADOMOSCI O ZIEMI

W kartografii Ziemię rozpatruje się jako elipsoide obrotową. Wymiary półosi elipsoidy ziemskiej wynoszą: w kierunku północ-południe 6 356 079 m, w płaszczyźnie równika 6 378 245 m.

Za promień ( $R$ ) kuli ziemskiej przyjęto średnią wielkość 6 371 km.

Oś Ziemi — najmniejsza średnica, wokół której Ziemia wykonuje obrót dobowy.

Bieguny geograficzne — punkty przecięcia się osi Ziemi z jej powierzchnią. Istnieją dwa bieguny: północny i południowy.

Równik — obwód wielkiego koła, którego płaszczyzna jest prostopadła do osi ziemskiej. Równik dzieli ziemię na dwie półkule — północną i południową.

Równoleżniki — obwody małych kół o płaszczyznach równoległych do płaszczyzny równika.

Południk — połowa obwodu dużego koła, w którego płaszczyźnie leży oś Ziemi. Za podstawowy (zerowy) przyjęto południk przechodzący przez obserwatorium astronomiczne Greenwich (Grynicz) w Anglii. Oprócz tego istnieją inne zerowe południki jak:

Pułkowski przesunięty od Greenwich  $\circ + 30^{\circ}19'39''$   
Ferro przesunięty od Greenwich  $\circ - 17^{\circ}39'46''$   
Paryski przesunięty od Greenwich  $\circ + 2^{\circ}20'14''$ .

Horyzont rzeczywisty — uzmysłowana płaszczyzna prostopadła do pionu i przechodząca przez oko obserwatora.

Horyzont widzialny — obserwowany z samolotu obwód, wzdłuż którego ziemia jakby styka się z niebem.

Odległość widzialna — odległość od oka obserwatora do punktu zetknięcia się stycznej (przechodzącej przez oko) z powierzchnią kuli ziemskiej. Oblicza się ją ze wzoru

$$D = 122 \sqrt{H},$$

w którym  $D$  = odległość w km

$H$  = wysokość w km

**Przykład:**

$H = 4$  km określić  $D$

**Rozwiązanie:**

$$D = 122 \sqrt{4} = 244 \text{ km.}$$

Obniżenie widzialnego horyzontu — kąt zawarty pomiędzy rzeczywistym horyzontem obserwatora (samolotu) i styczną do powierzchni ziemi, przechodzącą od oka obserwatora.

#### MAGNETYZM ZIEMSKI

Kula ziemską posiada pole magnetyczne (geomagnetyczne). Kierunek i siła oddziaływania geomagnetycznego pola nie są jednakowe na całej powierzchni Ziemi i zależą od geograficznego położenia danego punktu, miejscowych warunków geograficznych i zmian pola magnetycznego z biegiem czasu.

Jeżeli siłę magnetyzmu ziemskiego — wektor  $H$  — rozłożyć na dwie składowe (rys. 4): poziomą  $H_1$  i pionową  $Z$ , to otrzymamy kąt  $\Delta_M$  — deklinację magnetyczną i kąt  $j$  — inklinację magnetyczną. Deklinacja może być wschodnia lub

zachodnia. Jeżeli igła magnetyczna odchyła się od geograficznego południka na wschód, to deklinacja nazywa się wschodnia i nosi znak plus (+), jeśli dzieje się odwrotnie, to deklinacja nazywa się zachodnia i nosi znak minus (—).



Rys. 4. Składowe magnetyzmu ziemskiego

Inklinacja jest to kąt pionowy, zawarty pomiędzy swobodnie zawieszoną igłą magnetyczną a płaszczyzną poziomą osi.

Anomalie magnetyczne — obszary posiadające mniej lub więcej wyraźne odchylenia składowych wektora pola geomagnetycznego od normalnego ich rozłożenia.

Zaburzenia magnetyczne (burze magnetyczne) — zmiany pola magnetycznego, mające nieprawidłowy charakter. Źródłem zaburzeń magnetycznych są obszary polarne.

#### TOPOGRAFIA I MAPY

Topografia — nauka zajmująca się szczegółowym poznaniem powierzchni Ziemi pod względem geometrycznym (z wyjątkiem mórz i oceanów) oraz badaniem różnorodnych sposobów przedstawienia powierzchni kuli ziemskiej na płaszczyźnie.

Mapa i plan są to umowne odzwiedlenia powierzchni Ziemi na płaszczyźnie.

Różnica pomiędzy planem i mapą polega na tym, że na planie przedstawia się powierzchnię Ziemi bez uwzględnienia jej krzywizny.

### 1. Współrzędne geograficzne

Położenie punktu na powierzchni ziemi określa się współrzędnymi geograficznymi — długością i szerokością.

Długość ( $\lambda$ ) — kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną zerowego południka i płaszczyzną południka danego punktu. Długość może być wschodnia lub zachodnia i mieć wartości od  $0^\circ$  do  $\pm 180^\circ$ .

Oprócz wielkości kątowych długość może być wyrażona w jednostkach miar liniowych i czasu.

Długość łuku równoleżnika ( $l$ ) odpowiadająca wartości kątowej  $1^\circ$  na dowolnej szerokości ( $\varphi$ ) równa się długości łuku równika pomnożonej przez cosinus szerokości, a ponieważ długość łuku odpowiadająca  $1^\circ$  na równiku równa się 111,18 km, to długość łuku równoleżnika położonego na dowolnej szerokości.

$$l = 111,18 \text{ km} \cdot \cos \varphi.$$

#### Przykład:

obliczyć długość łuku odpowiadającego wartości kątowej  $1^\circ$  na szerokości  $\varphi = 60^\circ$  ( $\cos. 60^\circ = 0,5$ ).

#### Rozwiązanie:

$$l = 111,18 \text{ km} \cdot 0,5 = 55,59 \text{ km}.$$

Szerokość ( $\varphi$ ) — kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną równika a pionem spuszczonego z danego punktu szerokości; może być południowa lub północna i odczytuje się ją od równika w kierunku biegunów w stopniach od  $0^\circ$  do  $90^\circ$ .

Długość łuku południka odpowiadająca  $1'$  równa się przeciętnie 1852 m i nosi nazwę mili; łuk południka odpowiadający  $1^\circ$  przy równiku posiada długość 110,56 km, przy biegunach do 111,68 km.

## 2. Znaki umówione

Dla ułatwienia posługiwania się mapami, przedmioty terenowe przedstawia się na nich umownymi znakami, a dla pogładowości drukuje różnymi kolorami.

Znaki umówione dzielą się na konturowe, symboliczne i objaśniające.

**Znaków konturowych** — używa się przy oznaczaniu przedmiotów wyrażonych w skali mapy na przykład: lasy, bagna, łąki.

**Znaków symbolicznych** — używa się w celu oznaczenia przedmiotów, które nie mogą być na mapie wyrażone w skali.

**Znaków objaśniających** — używa się jako oznaczeń dodatkowych dla scharakteryzowania przedmiotów terenowych; należą do nich strzałki oznaczające kierunki rzek, kreski oznaczające spadły szos ponad  $10^\circ$  itp.

## 3. Sposób przedstawiania rzeźby terenu na mapie

Za pomocą warstwic z oznaczeniem ich wysokości. Warstwice są to linie łączące na mapie punkty o jednakowej wysokości.

Im więcej na mapie wykreślono warstwic, tym szczegółowiej wyrażona jest na niej rzeźba terenu. Ilość warstwic zależy od skali mapy. Sposób warstwic wykorzystuje się na mapach w skali 1 : 1 000 000 i w skalach większych.

Za pomocą skali barw (hipsometryczny) — polega na tym, że dla wyróżnienia poszczególne poziomy wysokości koloruje się różnymi odcieniami barwy brązowej. Stosuje się na mapach w skali 1 : 1 000 000 i w mniejszych skalach.

Za pomocą cieniowania. Istota tego sposobu polega na tym, że wykreślone na mapie warstwie cieniuje się z południowej lub wschodniej strony, w zależności od tego, gdzie umownie znajduje się źródło światła (w północnej lub północno-zachodniej części mapy). Sposób cenicwania daje tylko ogólne pojęcie o ukształtowaniu pionowym; stosuje się go na mapach w skali 1:1 000 000 i mniejszych.

Za pomocą kresiek — polega na ilustrowaniu spadku terenu kreskami; im większy spadek, tym grubsze kreski i mniejsze odstępki między nimi. Spotyka się na mapach niemieckich.

#### 4. Skala mapy

Skalą mapy nazywa się stosunek długości odcinka na mapie do jego rzeczywistej długości w terenie.

Podziałkę wyraża się w wartościach liniowych — skadę w liczbowych. Na mapie podaje się główną (średnią) skalę.

Podziałką liniową nazywa się prosta podzielona na równe odcinki, z których każdy odpowiada określonej odległości w terenie.

Skalę liczbową wyraża się ułamkiem wskazującym ilokrotnie zmniejszono rzeczywiste wymiary liniowe przedmiotów na mapie, na przykład 1:200 000, 1:500 000 itd.

Znając skalę liczbową mapy można łatwo określić jej podziałkę liniową. W tym celu należy mianownik ułamka podzielić przez ilość centymetrów mieszczących się w jednym kilometrze, to znaczy przez 100 000. Na przykład skala liczbowa 1:500 000 odpowiada podziałce liniowej 5 km w 1 cm.

Skalą główną nazywa się wielkość charakteryzującą ogólne zmniejszenie liniowych wymiarów terenu podczas przenoszenia go na mapę. Skala nie jest wielkością stałą dla całej mapy, dlatego skala w jakimkolwiek bądź punkcie i kierunku w odróżnieniu od skali głównej nosi nazwę miejscowej. Jeżeli główną skalę przyjmiemy równą jedności, to miejscowe skale będą się różnić od jedności (będą mniejsze lub większe).

Na wielu odwzorowaniach map istnieją kierunki, w których skale miejscowe nie różnią się od głównych. Skala główna równa się zawsze jedności w punktach przecięcia się lub styczności odwzorowania mapy z globusem.

### 5. Dokładność skali mapy

Krańcowa dokładność, którą może rozpatrywać oko ludzkie; równa się 0,1 mm. Odległość w terenie odpowiadająca tej wielkości (0,1 mm) na mapie nazywa się krańcową dokładnością skali. Dla mapy 1 : 1 000 000 krańcowa dokładność skali równa się 100 m. Odległości mniejszej nie uzbrojonym okiem na mapie w skali 1 : 1 000 000 określić nie można.

### 6. Godło mapy i skorowidz arkuszy

Na pokrycie kraju mapą w danej skali składa się zwykle oznaczona ilość arkuszy map. Im większa jest skala mapy, tym mniejszy teren obejmuje jeden arkusz i tym większa ilość arkuszy tworzy całość pokrycia kraju.

Na przykład pokrycie Polski mapami 1 : 100 000 składa się z 380 arkuszy, pokrycie zaś mapami 1 : 25 000 składa się z 3 100 arkuszy.

Ażeby móc orientować się w tak dużej ilości różnych arkuszy map i w razie potrzeby szybko odnaj-

dywać odpowiednie arkusze, konieczny jest jednolity system numeracji arkuszy, czyli jednolite oznaczenie map.

Istnieje kilka sposobów oznaczenia arkuszy mapy. Najczęściej stosuje się oznaczenie za pomocą godła i nazwy arkusza. Godło jest umownym symbolem danego arkusza mapy w ogólnym układzie numeracji. Składa się ono z kilku cyfr i liter. Nazwa arkusza jest najczęściej nazwą najważniejszej miejscowości, znajdującej się na danym arkuszu.

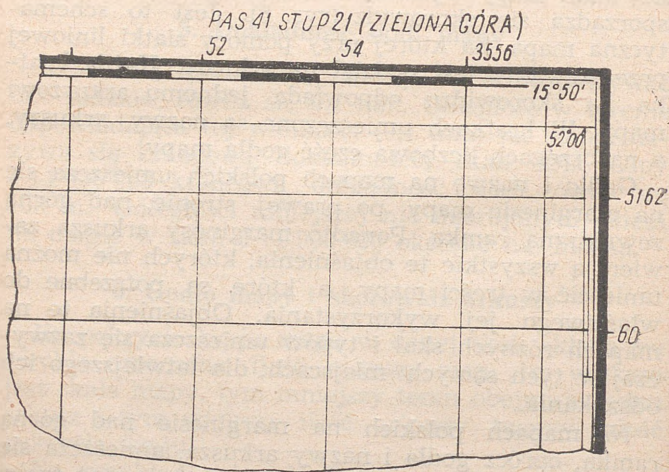
Każdy arkusz mapy topograficznej posiada swoje oznaczenie według godła i nazwy arkusza. Celem szybkiego odszukania potrzebnego arkusza dla każdej skali mapy wydanej w większej ilości arkuszy sporządza się skorowidz (rys. 8). Jest to schematyczna mapa, na której przy pomocy siatki liniowej przedstawiony jest podział na arkusze. Każda kratka na skorowidzu odpowiada jednemu arkuszowi mapy. W kratkach umieszczone są nazwy arkuszy, a na brzegach liczbowa część godła mapy.

Godło i nazwę na mapach polskich umieszcza się na marginesie mapy po prawej stronie, nad górną zewnętrzną ramką. Ponadto marginesy arkusza zawierają wszystkie te objaśnienia, których nie można umieścić w treści mapy, a które są potrzebne do właściwego jej wykorzystania. Objaśnienia te na mapach różnych skal i typów umieszcza się zazwyczaj w tych samych miejscach, dla łatwiejszego ich odszukania.

Na mapach polskich na marginesie nad górną ramką, oprócz godła i nazwy arkusza, umieszcza się jeszcze: rok unaczestnienia, oznaczający, że stan treści na mapie dotyczy podanego roku, wydanie (na przykład wydanie tymczasowe), nazwę instytucji, która wydała mapę oraz hasło tajności („tajne“, „do użytku służbowego“).

Na marginesie dolnym umieszcza się: szkic arku-  
szy z podaniem granic administracyjnych oraz opi-  
sem materiału podstawowego, z którego korzystano  
przy opracowaniu mapy, skalę i podziałkę liniową,  
opis klucza warstwic, dane elementów magnetycz-  
nych, podziałkę kątów spadu oraz rok opracowania  
kartograficznego i rok druku. Podawanie dat opra-  
cowania i druku ma znaczenie o tyle, że opracowa-  
nie i druk nie zawsze następują bezpośrednio po  
unacześnieniu i często najnowsze zmiany nie są  
uwidocznione na mapach.

### 7. Godła map polskich



Rys. 5. Godło mapy polskiej 1:100 000

Mapa Polski w skali 1:100 000 wydawana od  
1949 r. oznaczana jest godłem złożonym z dwóch dwu-

cyfrowych liczb, wskazujących pas i słup. Pasy ciągną się w kierunku równoleżnikowym i ponumerowane są w kolejności liczb od 29 na północy kraju do 52 na południu. Słupy mają przebieg południkowy i ponumerowane są od 18 na zachodzie kraju do 38 na wschodzie (rys. 5). Położenie danego arkusza w skorowidzu znajdujemy na przecięciu się pasa i słupa, oznaczonych podanymi na arkuszu liczbami. Ponadto każdy arkusz zaopatrzony jest w nazwę, którą jest na ogół nazwa najważniejszej miejscowości, położonej na danym arkuszu (rys. 5).

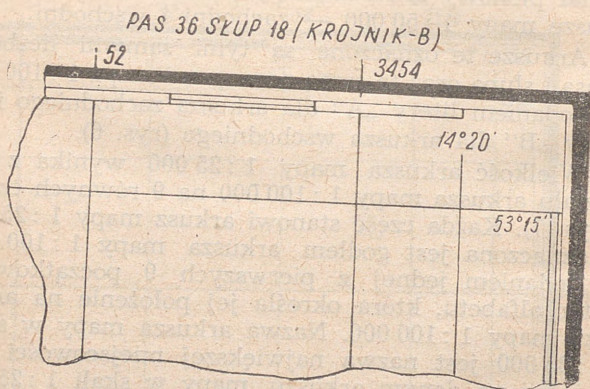
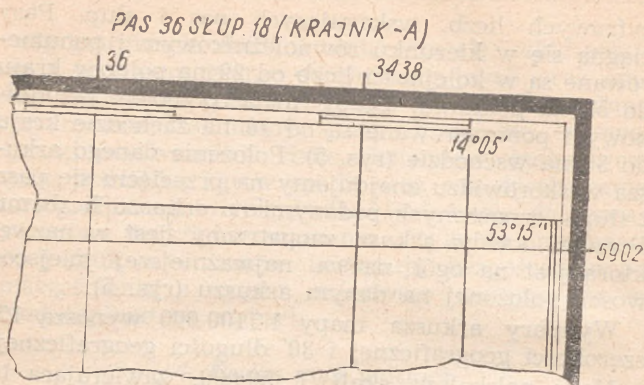
Wymiary arkusza mapy 1:100 000 wynoszą 15' szerokości geograficznej i 30' długości geograficznej.

Mapa polska w skali 1:50 000, zawierająca tę samą treść co mapa 1:100 000, powstała przez podział pionowy arkusza mapy 1:100 000 na dwa arkusze mapy 1:50 000 — zachodni i wschodni.

Arkusze te oznaczone są tymi samymi liczbami pasa i słupa oraz tą samą nazwą co i mapa 1:100 000 z dodaniem litery „A” dla arkusza zachodniego i litery „B” dla arkusza wschodniego (rys. 6).

Wielkość arkusza mapy 1:25 000 wynika z podziału arkusza mapy 1:100 000 na 9 równych części (rys. 7). Każda część stanowi arkusz mapy 1:25 000 i oznaczona jest godłem arkusza mapy 1:100 000, z dodaniem jednej z pierwszych 9 początkowych liter alfabetu, która określa jej położenie na arkuszu mapy 1:100 000. Nazwa arkusza mapy w skali 1:25 000 jest nazwą największej miejscowości położonej na danym arkuszu mapy w skali 1:25 000 (rys. 7).

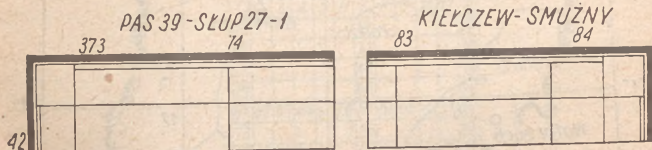
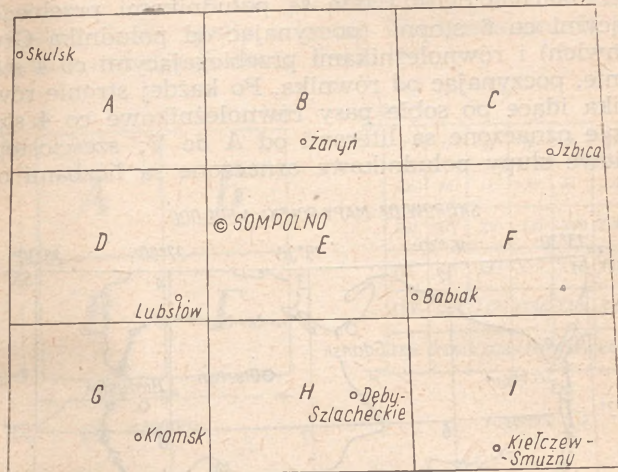
Podział mapy Polski w skali 1:500 000 na 12 arkuszy nie jest związany z żadnym innym podziałem (rys. 8). Skorowidz położenia arkuszy znajduje się na dolnym marginesie każdego arkusza. Wznowione



Rys. 6. Godło mapy polskiej 1:50 000

w 1950 roku wydanie tej mapy posiada podział na arkusze w układzie międzynarodowym podobnie jak mapy ZSRR.

PAS 39 SKUP 27 (SOMPOLNO)

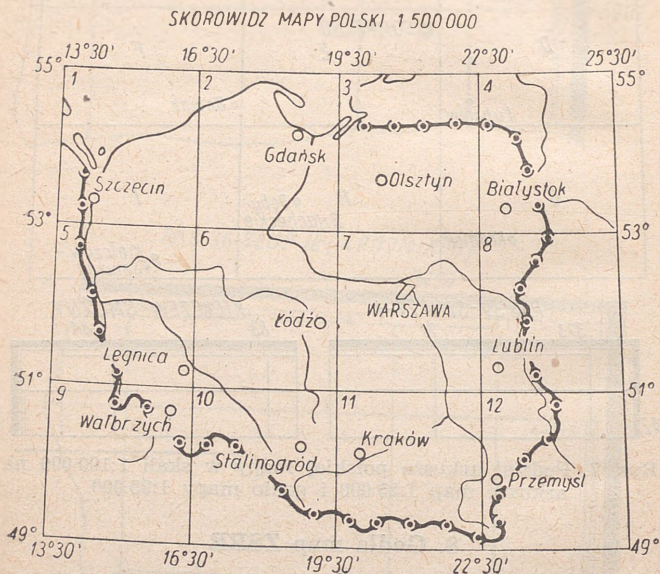


Rys. 7. Podział arkusza polskiej mapy w skali 1:100 000 na arkusze map 1:25 000 i godła mapy 1:25 000

### 8. Godła map ZSRR

Podstawa podziału map ZSRR jest podział na arkusze Międzynarodowej Mapy Świata w skali 1:1 000 000 z zachowaniem warunku, że całkowita liczba arkuszy map w skali większej stanowi obszar jednego arkusza mapy w skali mniejszej. Na arkusze Międzynarodowej Mapy Świata podzielono całą powierzchnię kuli ziemskiej.

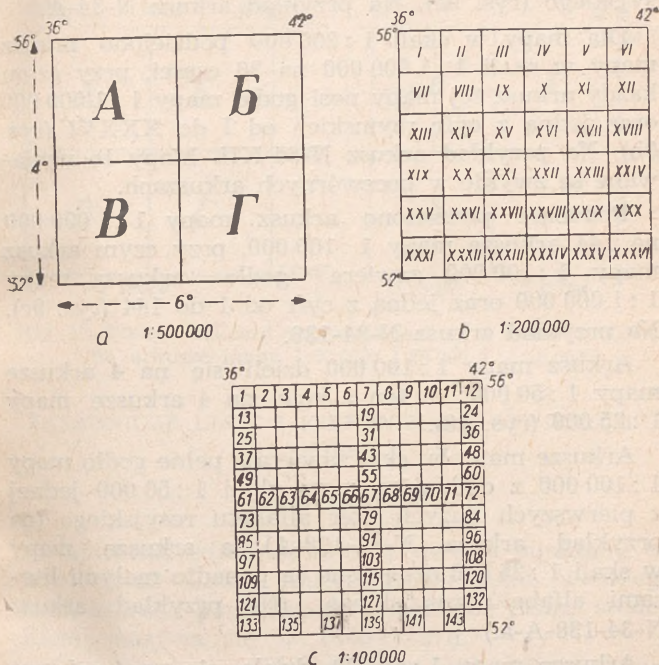
Arkusze Międzynarodowej Mapy Świata w skali 1 : 1 000 000 ograniczone są południkami przebiegającymi co 6 stopni (poczynając od południka Greenwich) i równoleżnikami przebiegającymi co 4 stopnie, poczynając od równika. Po każdej stronie równika idące po sobie pasy równoleżnikowe co 4 stopnie oznaczone są literami od A do V; sześciostopniowe słupy południkowe oznaczone są liczbami od



Rys. 8

1 do 60, poczynając od przeciwpołudnika Greenwich (czyli od południka  $180^{\circ}$ ) w kierunku wschodnim. Godło każdego arkusza mapy składa się więc z litery i cyfry wskazujących pas i słup. Przykład: godło

arkusza mapy 1 : 1 000 000, na którym znajduje się Warszawa, jest N-34 (załącznik 2), godło arkusza Moskwy N-37, godło arkusza Władywostoku K-52, a godło arkusza Kalkuty F-45.



Rys. 9. Podział arkusza mapy 1:1 000 000 na arkusze mapy 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000

Następnie podzielono każdy arkusz Międzynarodowej Mapy Świata w skali 1 : 1 000 000 na równą ilość arkuszy w skali 1 : 500 000 (4 arkusze), 1 : 200 000 (36 arkuszy), 1 : 100 000 (144 arkusze).

Jeden arkusz mapy 1 : 1 000 000 podzielono na 4 arkusze mapy 1 : 500 000. Godło arkusza mapy 1 : 500 000 zawiera godło arkusza mapy 1 : 1 000 000 oraz jedną z czterech pierwszych liter alfabetu rosyjskiego (rys. 9a). Na przykład arkusz N-34-A.

Dla mapy w skali 1 : 200 000 podzielono arkusz mapy w skali 1 : 1 000 000 na 36 części, przy czym każdy arkusz tej mapy nosi godło mapy 1 : 1 000 000 oraz jedną z cyfr rzymskich od I do XXXVI (rys. 9b). Na przykład arkusz N-34-XII. Mapy te wydawane są zwykle w poczwórnych arkuszach.

Podobnie podzielono arkusz mapy 1 : 1 000 000 na 144 arkusze mapy 1 : 100 000, przy czym arkusz mapy 1 : 100 000 zawiera godło arkusza mapy 1 : 1 000 000 oraz jedną z cyfr od 1 do 144 (rys. 9c). Na przykład arkusz N-34-138.

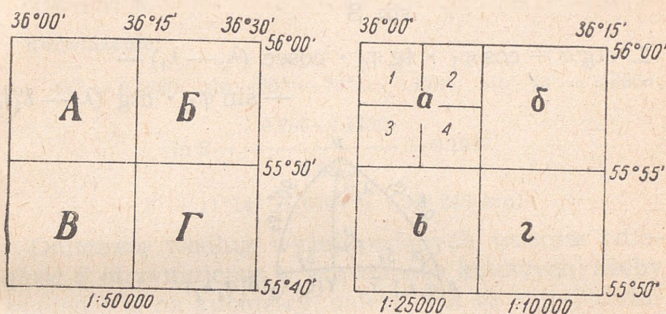
Arkusz mapy 1 : 100 000 dzieli się na 4 arkusze mapy 1 : 50 000, a ten z kolei na 4 arkusze mapy 1 : 25 000 (rys. 10).

Arkusze map obu skal zawierają pełne godło mapy 1 : 100 000 z dodaniem przy skali 1 : 50 000 jednej z pierwszych dużych liter alfabetu rosyjskiego (na przykład arkusz N-34-138-A), a arkusze mapy w skali 1 : 25 000 oznaczone są ponadto małymi literami alfabetu rosyjskiego. (Na przykład arkusz N-34-138-A-a.)

Arkusze mapy 1 : 25 000 dzielą się na 4 arkusze mapy 1 : 10 000, które obok pełnego godła mapy w skali 1 : 25 000 oznaczone są cyframi od 1 do 4 (rys. 10). (Na przykład arkusz N-34-138-A-a-1.)

Dla map o różnych skalach istnieją odpowiednie skorowidze, na podstawie których można dobierać potrzebne arkusze. Poza tym na dolnym marginesie

każdego arkusza mapy wydane w ZSRR umieszczony jest mały skorowidz, zawierający godła wszystkich przyległych arkuszy.



Rys. 10. Podział arkusza mapy radzieckiej w skali 1:1 000 000 na arkusze mapy 1:50 000, 1:25 000 i 1:10 000

## ZASADNICZE LINIE I KIERUNKI NA POWIERZCHNI ZIEMI

### 1. Ortodroma

Najkrótsza odległość między dwoma punktami na powierzchni Ziemi mierzona po łuku wielkiego koła, którego płaszczyzna przechodzi przez środek Ziemi, nazywa się ortodromą.

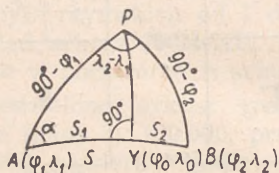
Ortodroma przecina południki pod różnymi kątami. Równik i południki można rozpatrywać jako szczególne wypadki ortodromy. Ortodromą jest każda linia pelengu.

Podczas lotów na odległości ponad 1 000 km główny kierunek lotu wykreśla się po ortodromie, którą dzieli się na szereg odcinków lokscudromicznych.

Ortodromiczny kąt drogi  $\alpha$  (alfa) oblicza się według wzorów:

$$1. \sin \alpha = \frac{\cos \varphi_2 \cdot \sin (\lambda_2 - \lambda_1)}{\sin S}$$

$$2. \operatorname{ctg} \alpha = \cos \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \operatorname{cosec} (\lambda_2 - \lambda_1) - \\ - \sin \varphi_1 \cdot \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1).$$



Rys. 11. Elementy ortodromy i punktu werteksa

**Przykład:**

$$\varphi_1 = 30^\circ, \lambda_1 = 45^\circ, \varphi_2 = 50^\circ, \lambda_2 = 65^\circ$$

Określić  $\alpha$ .

**Rozwiązanie:**

określamy:  $\cos 30^\circ = 0,866$ ;  $\sin 30^\circ = 0,5$ ;  $\operatorname{tg} 50^\circ = 1,192$ ;  
 $\operatorname{ctg} (65^\circ - 45^\circ) = 2,747$ ;  $\operatorname{cosec} (65^\circ - 45^\circ) = 2,924$ ;  
 $\operatorname{ctg} \alpha = 0,866 \cdot 1,192 \cdot 2,924 - 0,5 \cdot 2,747 = 1,6449$ ;  
 $\alpha = 31^\circ 20'$

Na rys. 11 A i B — punkty o współrzędnych  $\varphi_1$   $\lambda_1$  i  $\varphi_2$   $\lambda_2$ ; łuk AB — ortodroma;  $\alpha$  — ortodromiczny kąt drogi w punkcie A.

Odległość ortodromiczną S (mierzoną po łuku wielkiego koła) oblicza się z wzoru

$$\cos S = \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos (\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$\text{lub } \sin S = \frac{\cos \varphi_2 \cdot \sin (\lambda_2 - \lambda_1)}{\sin \alpha}$$

**Przykład:**

$$\varphi_2 = 40^\circ, \lambda_2 = 80^\circ, \lambda_1 = 70^\circ, \alpha = 43^\circ.$$

Określić  $S$ .

**Rozwiązanie:**

$$\cos 40^\circ = 0,7660, \sin (80^\circ - 70^\circ) = 0,1736, \sin 43^\circ = 0,6820;$$

$$\sin S = \frac{0,766 \cdot 0,1736}{0,682} = 0,1947;$$

$$S = 11^\circ 14' = 674' = 1\,248,248 \text{ km.}$$

Obliczoną według wyżej podanych wzorów odległość  $S$  otrzymujemy w wartościach kątowych; ażeby zamienić ją na kilometry, należy, jak to wyżej zrobiliśmy, ilość minut pomnożyć przez ich wartości liniowe, to znaczy przez 1,852 km.

Ażeby na mapie wykreślić ortodromę, należy określić kilka pośrednich punktów, przez które powinna przechodzić ortodroma, po czym kolejno połączyć je z wyjściowym i końcowym punktem. W wyniku otrzymamy linię, którą przyjęto za ortodromę.

Punkty pośrednie wytycza się z przerwami o określonej ilości stopni, w zależności od długości drogi i krzywizny ortodromy. Obliczenia sprowadza się do określenia szerokości lub odległości punktów pośrednich.

Wyliczeń dokonuje się jednym z następujących sposobów:

Pierwszy sposób — można otrzymać punkty pośrednie na podstawie ich długości wykorzystując werteks — pomocniczy punkt na mapie, w którym ortodroma tworzy z południkiem kąt  $90^\circ$ . Punkt ten (patrz rys. 11) wyznacza największą szerokość

ortodromy (dużego koła). Współrzędne werteksu ( $\varphi_0$  i  $\lambda_0$ ) określa się ze wzorów

$$\cos \varphi_0 = \cos \varphi_1 \cdot \sin \alpha;$$

$$\operatorname{ctg} (\lambda_0 - \lambda_1) = \sin \varphi_1 \operatorname{tg} \alpha.$$

Szerokość punktu pośredniego  $\varphi$  określa się ze wzoru

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot \cos (\lambda_0 - \lambda).$$

Podstawiając różne wartości do podanego wzoru otrzymamy odpowiednie szerokości. Pełne obliczenie ortodromy wygodniej jest wykonywać przy pomocy schematów (patrz załącznik 3 i 4).

Drugi sposób — można określać współrzędne punktów pośrednich, wybranych na określonych oddaleniach od siebie i odpowiadających zmianie kąta drogi o  $1^\circ$ . W tym wypadku obliczenia wykonuje się według wzorów wypływających z rys. 11

$$\operatorname{tg} S = \operatorname{tg} (\lambda_0 - \lambda) \cos \varphi_0.$$

Według tego wzoru można określić odległość ortodromiczną od punktu położonego na pewnej długości  $\lambda$  do werteksu. Jeżeli cała trasa lotu leży z jednej strony werteksu, to po rozwiązaniu wzoru  $S_1 = A \cdot V$  i  $S_2 = B \cdot V$  znajdujemy szukaną odległość  $S$  jako różnicę  $S_1 - S_2$ .

Jeżeli trasa przechodzi przez werteks, to

$$S = S_1 + S_2.$$

Podstawiając określone pośrednie odcinki ortodromy  $S$ , poczynając od miejsca startu, obliczamy długość odpowiednich punktów według wzoru

$$\operatorname{ctg} (\lambda_0 - \lambda) = \operatorname{ctg} S \cdot \cos \varphi_0.$$

Szerokość tych punktów można otrzymać ze wzoru

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot \cos (\lambda_0 - \lambda);$$

$$\operatorname{tg} \alpha_\lambda = \operatorname{ctg} \varphi_0 \cdot \operatorname{cosec} S_\lambda,$$

w którym  $\alpha_A$  — kąt drogi w punkcie  $A$ ;  
 $S_A$  — odległość ortodromiczna od punktu  $A$  do werteksu.

Dla dowolnego punktu ortodromy kąt drogi  $\alpha$  można otrzymać ze wzoru

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{ctg} \varphi_0 \cdot \operatorname{cosec} S,$$

w którym  $S$  odległość ortodromiczna wybranego punktu do werteksu.

Posługując się kątami drogi (na przykład co  $1^\circ$ ) można określić odległość ortodromiczną (do werteksu) i następnie wszystkie pośrednie punkty według wzoru

$$\sin S = \operatorname{ctg} \varphi_0 \operatorname{ctg} \alpha.$$

Graficzne obliczenie ortodromy wykonuje się na mapie centralnej projekcji lub siatce gnomonicznej (załącznik 5). W danym przypadku na tych mapach nakazane punkty trasy łączy się prostą, która jest ortodromą. Ażeby przenieść ortodromę na mapy innych projekcji, należy wybrać na niej szereg punktów pośrednich, określić ich współrzędne i przenieść na którąkolwiek ze wspomnianych map. Otrzymane punkty połączyć prostymi lub krzywą przy pomocy krzywika. Oprócz tego istnieje sposób określania punktów pośrednich ortodromy przy pomocy specjalnych tablic.

## 2. Loksodroma

Loksodromą nazywamy spiralną linię na powierzchni ziemi przecinającą południki pod jednym stałym kątem  $\alpha$  nazywanym loksodromicznym kątem drogi.

Ażeby na mapie lotniczej wykreślić drogę loksodromiczną, należy połączyć wyjściowy i końcowy jej punkt prostą, po czym zmierzyć kąt drogi na

środkowym jej południka. Dokładniej loksodromiczny kąt drogi oblicza się jako przeciętną wartość kątów, zmierzonych w początkowych i końcowych punktach drogi.

Następnie otrzymany kąt odkłada się na wszystkich południkach, poczynając od miejsca startu. Otrzymana w ten sposób łamana linia jest bardzo zbliżona do loksodromy.

Najdokładniej loksodromiczny kąt drogi  $\alpha$  może być obliczony według wzoru

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\varphi_2 - \varphi_1} \cos \varphi_{\text{sr}},$$

w którym:  $\alpha$  — poszukiwany kąt drogi,

$\varphi_1 - \varphi_2$  — różnica szerokości punktów wyjściowego i docelowego wyrażona w minutach,

$\lambda_1$  i  $\lambda_2$  — różnica długości tychże punktów wyrażona w minutach,

$\varphi_{\text{sr}}$  — średnia szerokość geogr. przelotu w stopniach.

**Przykład.** Określić loksodromiczny kąt drogi  $\alpha$  dla trasy Reims—Poczdam.

**Rozwiązanie.** Współrzędne Reims  $\varphi_1 = 49^\circ 15' = 2955'$ ;  
 $\lambda_1 = 4^\circ 02' = 242'$ ;

Poczdamu  $\varphi_2 = 52^\circ 24' = 3144'$ ;  $\lambda_2 = 13^\circ 04' = 784'$ ;

średnia szerokość  $\varphi_{\text{sr}} = 50^\circ 50' = 0,6316$ ,  
zatem

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{784 - 242}{3144 - 2955} \cdot 0,6316 = 1,806$$

$$\alpha = 61^\circ.$$

Otrzymany wynik będzie prawidłowy w tym przypadku, jeśli końcowy punkt trasy (KPT) leży

w pierwszej ćwiartce ( $0-90^\circ$ ). Jeżeli KPT położony jest w drugiej ćwiartce ( $90-180^\circ$ ), poszukiwany kąt drogi otrzymamy przez odjęcie otrzymanej ilości stopni od  $180^\circ$ . Przy położeniu KPT w trzeciej ćwiartce ( $180-270^\circ$ ) do otrzymanej wielkości należy dodać  $180^\circ$ , a w czwartej ( $270-360^\circ$ ) — otrzymaną wielkość odjąć od  $360^\circ$ .

Długość loksodromy  $S$  w km oblicza się według wzoru:

a) przy kątach  $\alpha$  bliskich  $0^\circ$  lub  $180^\circ$

$$S = 1,852 \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\cos \alpha},$$

w którym szerokości  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$  wyrażone są w minutach (milach morskich) lub ze wzoru:

$$S = 111,18 \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\cos \alpha},$$

w którym  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$  wyrażone są w stopniach.

Rozwiązując poprzedni przykład z zastosowaniem pierwszego wzoru otrzymamy:

$$S = 1,852 \frac{3\ 144 - 2\ 955}{0 \cdot 4\ 848} \approx 722 \text{ km.}$$

Odległość loksodromiczna Reims — Poczdam wynosi około 722 km.

b) dla kątów  $\alpha$  bliskich  $90^\circ$  lub  $270^\circ$

$$S = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\sin \alpha} \cos \varphi_{sr} \cdot 1,852.$$

Różnica pomiędzy odległościami loksodromicznymi i ortodromicznymi  $\Delta S$  osiąga swoje maksimum podczas lotu wzdłuż równoleżników.

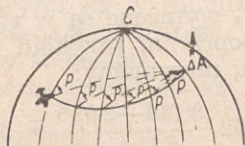
Maksymalne absolutne wielkości  $\Delta S_{\text{maks}}$  przytoczone w tabeli 2.

Tabela 2

$\Delta \lambda$	$\varphi_{\text{sr}}$	$\Delta S_{\text{maks.}}$ w km
30°	54° 30'	15
60°	53° 35'	120
90°	52° 01'	419
120°	49° 31'	1 047
150°	45° 40'	2 200
180°	39° 32'	4 185

### 3. Linia równych pelengów

Linia równych pelengów (LRP) nazywa się krzywą na powierzchni Ziemi, z której wszystkich punktów kierunek ortodromiczny do punktu stałego two-



Rys. 12. Linia równych pelengów

rzy kąt  $P$  jednej wartości przy przecięciu się z południkami (rys 12). Kąt  $P$  oblicza się według wzoru na ortodromiczny kąt drogi, to znaczy:

$$\text{ctg } P = \cos \varphi \cdot \text{tg } \varphi_0 \cdot \text{cosec } (\lambda_0 - \lambda) - \sin \varphi \cdot \text{ctg } (\lambda_0 - \lambda),$$

w którym  $\varphi_0$  i  $\lambda_0$  — współrzędne punktu stałego,

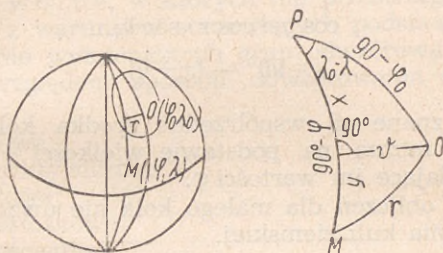
$\varphi$  i  $\lambda$  — współrzędne ciała w ruchu (samolotu),

$P$  — ortodromiczny peleng.

#### 4. Małe koło

Małym kołem na powierzchni Ziemi nazywa się zamknięty obwód punktów położonych w jednakowej odległości od środka koła.

Małe koła wykorzystuje się w astro- i radionawigacji jako linie położenia samolotu. Promień małego koła jest wielkością ortodromiczną (rys 13).



Rys. 13. Małe koło i trójkąt sferyczny

Promień małego koła oblicza się według wzoru

$$\cos r = \sin \varphi_0 \cdot \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cdot \cos \varphi \cdot \cos(\lambda_0 - \lambda),$$

w którym  $\varphi$  i  $\lambda$  — współrzędne zmienne,

$r$  — promień małego koła wyrażony w wielkościach kątowych.

Obliczenie punktów wyznaczających odcinki małego koła w południkowym kierunku wykonuje się według wzoru

$$\cos(\lambda_0 - \lambda) = \frac{\cos r}{\cos \varphi \cdot \cos \varphi_0} - \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_0.$$

Podczas obliczania tych punktów należy wychodzić z szerokości, po czym szukać odpowiadających im długości.

Przy obliczeniach odcinków koła, położonych w kierunku  $W - Z$ , wykreśla się pionową z centralnego punktu  $O$  na krzywą  $PM$ , która dzieli się w ten sposób na odcinki  $x$  i  $y$ . Wykorzystując wzory dla sferycznego prostokątnego trójkąta, znajdujemy

$$\operatorname{tg} x = \operatorname{ctg} \varphi_0 \cdot \cos (k_0 - \lambda);$$

$$\sin \vartheta = \cos \varphi_0 \cdot \sin (\lambda_0 - \lambda);$$

$$\cos y = \cos r \cdot \sec \vartheta;$$

$$\varphi = 90^\circ - (x + y).$$

Jeżeli znane są współrzędne środka koła i jego promień, można na podstawie wielkości  $k$  określić odpowiadające im wartości  $\varphi$ .

Wzory obliczeń dla małego koła nie uwzględniają spłaszczenia kuli ziemskiej.

#### ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE

**Odwzorowaniami (projekcjami) kartograficznymi** nazywa się sposób odtworzenia powierzchni Ziemi (globusu) na płaszczyźnie o zmniejszonych rozmiarach.

Podczas sporządzania mapy buduje się geograficzną siatkę współrzędnych danego odwzorowania i przy pomocy tych współrzędnych przenosi się na mapę punkty z terenu.

Według rodzaju zniekształcenia odwzorowania dzieli się na:

1. **Wiernokątne lub ortoformiczne**, w których zachowuje się wierność kątów między kierunkami po przeniesieniu ich z globusu na mapę. W tym odwzorowaniu nawet najmniejsze kontury obiektów ziemskich zachowują swój prawidłowy kształt na mapie.

2. R ó w n o w a ż n e, w których oznaczenia obiektów zachowują wielkość swych powierzchni. Nie zachowują one jednak wierności kątów i dlatego kontury przeniesione na mapę tracą podobieństwo.

3. R ó w n o o d l e g ł e, w których skala zachowuje się tylko w jednym z głównych kierunków. To odwzorowanie nie daje wierności kątów i wskutek tego wyklucza podobieństwo figur.

4. D o w o l n e, w których nie przestrzega się ani jednego z warunków stanowiących podstawy trzech poprzednio wymienionych grup odwzorowania.

Pod względem sposobu odwzorowania dzielią się na:

- walcowe;
- perspektywiczne;
- stożkowe;
- wielostożkowe;
- wielościennie;
- dowolne (lub warunkowe).

#### ODWZOROWANIA WALCOWE

Odwzorowanie walcowe otrzymuje się w wyniku rzutowania punktów powierzchni ziemskiej (globusu) na boczną powierzchnię walca, przy czym walec może być styczny lub sieczny. W zależności od położenia osi walca w stosunku do osi Ziemi odwzorowania mogą być równoległe, poprzeczne lub skośne.

Z walcowych odwzorowań najczęściej stosuje się równoległe, wiernokątne odwzorowanie, w którym dla zachowania wierności kątów południki i równoleżniki zostają wydłużone w miarę zwiększenia się szerokości. Południki w tym odwzorowaniu są liniami prostymi, równoległymi i leżącymi na równych odległościach jeden od drugiego;

dla zachowania wierności kątów są one wydłużone do wielkości  $l \cdot \sec \varphi$ . Równoleżniki są również liniami prostymi, ale leżą w różnych odległościach pomiędzy sobą. Równoleżniki i południki przecinają się pod kątem  $90^\circ$ .

Podziałki map odwzorowań walcowych zwiększają się w miarę wzrostu szerokości od równika na północ i południe. Skala zniekształceń zachodzących w tym odwzorowaniu podana jest w tabeli 3.

Tabela 3.

$\varphi$	$0^\circ$	$20^\circ$	$40^\circ$	$60^\circ$	$80^\circ$
Skala zniekształceń	1	1.064	1.305	2.000	5.768

Wiernokątne poprzeczno - walcowe odwzorowanie uwzględnia spłaszczenie Ziemi. Używa się go do opracowań geodezyjnych obserwacji w prostokątnych współrzędnych oraz przy sporządzaniu map w skali 1 : 500 000, 1 : 200 000 i większych.

Mapy tego odwzorowania sporządza się dla strefy ograniczonej dwoma sąsiednimi południkami, posiadającymi długość geograficzną liczoną od Greenwich równą wielokrotności  $6^\circ$ ; dzięki temu odpowiadają one pasowi arkuszy map 1 : 1 000 000 w układzie międzynarodowym.

Na środkowym równoleżniku odwzorowania skala zniekształcenia równa się jedności. Maksymalne zniekształcenie długości równa się  $0,14\%$  lub 140 m na każde 100 km, co dla nawigowania samolotu praktycznego znaczenia nie ma.

Kilometrowa siatka wiernokątneho poprzeczno-walcowego odwzorowania nie pokrywa się z siatką geograficznych współrzędnych. Południki tworzą pewien kąt  $\gamma$ , zwany kątem dyrekcyjnym lub zbieżnością południków. W strefach sześciostopniowych, wartości kąta  $\gamma$  mogą zmieniać się od  $-3$  ( $-0,5^\circ$ ) na zachodniej granicy każdej strefy, do  $+3^\circ$  ( $+0,5^\circ$ ) na wschodniej granicy i są one podane na południowym marginesie mapy w stopniach i w tysięcznych.

Ukośne równokątne - walcowe odwzorowanie jest to pas map o szerokości  $30^\circ$  używanych do specjalnych dalekich przelotów. Odwzorowanie to posiada dwie ważne cechy: wiernokątność i ortodromiczność. Ortodroma na tych mapach posiada kształt linii prostej. Za oś odwzorcowania pasa służy ortodroma łącząca dwa krańcowe punkty. Loksodroma na takich mapach ma kształt krzywej. Południki i równoleżniki są również krzywymi.

#### ODWZOROWANIA PERSPEKTYWICZNE

Odwzorowaniem perspektywicznym nazywa się odwzorowanie otrzymane w wyniku geometrycznego rzutowania powierzchni Ziemi na płaszczyznę ustawioną prostopadle do linii obserwacji w punkcie jej przecięcia się z powierzchnią Ziemi lub na jej przedłużeniu.

W zależności od położenia punktu styczności płaszczyzny mapy z powierzchnią globusu odwzorowania dzielą się na:

- polarne — punkt styczności płaszczyzny mapy z Ziemią znajduje się na biegunie;
- równikowe — punkt styczności znajduje się na równiku;

— skośne — punkt styczności znajduje się pomiędzy biegunem i równikiem.

W zależności od oddalenia oka od środka kuli ziemskiej, wyrażonego odległością  $D$ , odwzorowania perspektywiczne dzielą się na:

- centralne ( $D=R$ ) oko leży w środku ziemi;
- stereograficzne ( $D=2R$ );
- zewnętrzne — kiedy oko znajduje się nad płaszczyzną rzutowania w odległości  $D$  od punktu styczności.

Ostatnie odwzorowanie w lotnictwie zastosowania nie ma.

W lotnictwie używa się centralnych i stereograficznych polarnych odwzorowań przeważnie w małej skali.

Centralne polarne (gnomoniczne) odwzorowanie otrzymuje się drogą rzutowania (ze środka ziemi) powierzchni globu na płaszczyznę styczną z nim na biegunie.

Półdniki w tym odwzorowaniu są proste i zbiegają się promieniście na biegunie pod kątami odpowiadającymi różnicom ich długości ( $\delta = \Delta \lambda$ ). Równoleżniki są kołami.

Odwzorowanie to nie zachowuje wierności kątów równoodległości ani równoważności, a skala mapy rośnie w miarę oddalenia się od bieguna (patrz tabela 4).

Gnomoniczne odwzorowanie nie jest wiernokątne, dlatego ortodromiczny kąt drogi (z wyjątkiem kiedy  $\alpha = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  i  $270^\circ$ ) oblicza się według wzoru

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m}{n} \operatorname{tg} \beta = \operatorname{cosec} \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

$$\operatorname{tg} \beta = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

w którym  $\alpha$  = kąt w terenie;

$\beta$  = kąt na odwzorowaniu;

$\varphi$  = szerokość punktu końcowego.

Tabela 4

$\varphi_0$	Skala wzdłuż południka ( $p$ )	Skala wzdłuż równoleżnika ( $v$ )	Zniekształcenie kątów ( $\omega$ )
90°	1.000	1.000	0°00'
75°	1.072	1.035	1°59'
60°	1.333	1.155	8°14'
45°	2.000	1.414	19°45'
30°	4.000	2.000	38°07'
15°	14.928	3.864	72°20'

#### Przykład.

$$m = 1.333, n = 1.155, \beta = 56^\circ, \operatorname{tg} 56^\circ = 1.483.$$

#### Rozwiązanie.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.333}{1.155} \cdot 1.483 = 1.711;$$

$$\alpha = 59^\circ 42'.$$

Do szybkiego określenia kąta  $\beta$  według kąta  $\alpha$  i na odwrót służy nomogram (załącznik 6). Zniekształcenie kątów na centralnych odwzorowaniach przytoczono w tabeli 5.

Ortodromę i pośrednie jej punkty łatwo określa się na siatce gnomonicznej i przenosi się na mapy lotnicze dowolnych odwzorowań przy pomocy współrzędnych geograficznych. Siatka ta pozwala wykonać szybko graficzne obliczenia ortodromy dla  $\varphi$  od 30 do 90° i dla  $\lambda = 90^\circ$  od środkowego południka siatki.

Tabela 5

## Zniekształcenie kątów na mapach centralnego, polarnego odwzorowania

$\alpha$	$\varphi = 80^\circ$		$\varphi = 70^\circ$		$\varphi = 60^\circ$		$\varphi = 50^\circ$		$\varphi = 40^\circ$	
	$\beta$	$\Delta$	$\beta$	$\Delta$	$\beta$	$\Delta$	$\beta$	$\Delta$	$\beta$	$\Delta$
0°	0° 00'	0° 00'	0° 00'	0° 00'	0° 00'	0° 00'	0° 00'	0° 00'	0° 00'	0° 00'
10	9 51	-0 09	9 25	-0 35	8 41	-1 19	7 42	-2 18	5 02	-4 58
20	19 43	-0 17	18 53	-1 07	17 30	-2 30	15 35	-5 25	10 19	-9 41
30	29 37	-0 23	28 29	-1 31	26 35	-3 26	23 52	-6 08	16 06	-13 54
40	39 34	-0 26	38 15	-1 45	36 00	-4 00	32 46	-7 16	22 46	-17 14
50	49 34	-0 26	48 14	-1 46	45 54	-4 06	42 24	-7 36	30 48	-19 12
60	59 37	-0 23	58 28	-1 34	56 19	-3 41	53 00	-7 00	40 54	-19 06
70	69 43	-0 17	68 50	-1 10	67 12	-2 48	64 35	-5 25	53 57	-16 03
80	79 51	-0 09	79 22	-0 38	78 30	-1 30	77 02	-2 58	70 35	-9 25
90	90 00	0 00	90 00	0 00	90 00	0 00	90 00	0 00	90 00	0 00

Stereograficzne, polarne odwzorowanie otrzymuje się przez rzutowanie powierzchni globusu na płaszczyznę styczną do bieguna. Siatka południków tego odwzorowania nie różni się od siatki odwzorowania centralnego. Mapy tego odwzorowania zachowują wierność kątów, a ortodroma praktycznie jest prosta. Loksodroma ma wygląd logarytmicznej spirali.

Skalę zniekształceń w zależności od szerokości geograficznej ilustruje tabela 6.

Tabela 6

$\varphi^\circ$	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°
$m = n$	1.000	1.017	1.072	1.172	1.333	1.589	2.000

Stereograficzne odwzorowanie posiada bardzo ważną właściwość: koło przeniesione z powierzchni ziemskiej na mapę zachowuje swój kształt, co jest niezbędnie potrzebne przy wykreśleniu małych kół dla celów astro- i radionawigacji.

#### ODWZOROWANIA STOŻKOWE

Odwzorowaniami stożkowymi nazywają się takie odwzorowania, w których południki są prostymi liniami zbiegającymi się pod kątami proporcjonalnymi do ich długości, a równoleżniki koncentrycznymi kołami posiadającymi swój środek w punkcie przecięcia się południków.

W tych odwzorowaniach powierzchnię kuli ziemskiej rzutuje się na boczną powierzchnię stożka lub siecznego stożka. W zależności od zorientowania osi stożka w stosunku do osi Ziemi istnieją:

- normalne stożkowe odwzorowanie (oś stożka pokrywa się z osią Ziemi);
- skośne stożkowe odwzorowanie (oś stożka położona pod ostrym lub tępym kątem do osi Ziemi);
- poprzeczne stożkowe odwzorowanie (oś stożka pod kątem  $90^\circ$  do osi Ziemi).

Najbardziej rozpowszechnione są mapy normalnego, stożkowego odwzorowania. W tym odwzorowaniu sporządzone są niemal wszystkie mapy używane w lotnictwie.

Kąt zbieżności południków ( $\sigma$ ) na szerokości geograficznej styku w tym odwzorowaniu równa się różnicy długości danych południków ( $\Delta\lambda$ ), pomnożonej przez sinus szerokości styku  $\varphi$

$$\sigma = \Delta\lambda \cdot \sin \varphi.$$

Poprawkę na kąt zbieżności stosuje się w radionawigacji przy wykreślaniu odwrotnego radiopełengu. Dla naszych szerokości geograficznych oblicza się ją praktycznie według uproszczonego wzoru

$$\sigma = 0,8 (\lambda_r - \lambda_s),$$

w którym  $\lambda_r$  i  $\lambda_s$  oznaczają długości geograficzne radiostacji i samolotu.

Wiernokątne, stożkowe odwzorowanie (zmodyfikowane) polega na tym, że południki zostały wydłużone w takim samym stopniu jak i równoleżniki. Wskutek tego odwzorowaniu został przywrócony ortoformizm, a skala uległa niewielkim zniekształceniom, jednakowym zarówno w kierunku równoleżnikowym, jak i południkowym (patrz tabela 7).

Ortodroma na mapie odwzorowania stożkowego jest krzywą złożoną, zwróconą swą wypukłością

Tabela 7

Szerokość geograficzna styku $\varphi = 55^\circ$			Szerokość geograficzna styku $\varphi = 50^\circ$ i $60^\circ$		
$s$	$m = n$	$\omega$	$\varphi$	$m = m$	$\omega$
70°	1.042	0°00'	70°	1.037	0°00'
65	1.017	0 00	65	1.013	0 00
60	1.004	0 00	60	1.000	0 00
55	1.000	0 00	55	0.996	0 00
50	1.004	0 00	50	1.000	0 00
45	1.014	0 00	45	1.011	0 00
40	1.032	0 00	40	1.028	0 00

w stronę większej skali, a wypukłość jej zmienia kierunek na równoleżniku styczonym (najmniejsza skala mapy).

Prosta o długości do 1 000 km uważana jest na tych mapach za ortodromę. Na większych odległościach ortodromę wykreśla się przy pomocy obliczonych punktów pośrednich (patrz ustęp „Ortodroma“).

Loksodroma na stożkowych odwzorowaniach ma wygląd logarytmicznej spirali.

Linia równych pelengów (LRP) jest krzywą zbliżoną do koła o dużym promieniu.

#### ODWZOROWANIA WIELOSTOŻKOWE

Odwzorowaniami wielostozkowymi nazywają się te odwzorowania, w których powierzchnię Ziemi rzutuje się na szereg powierzchni ściętych stożków, stycznych z powierzchnią Ziemi.

W normalnym wielostozkowym odwzorowaniu środkowy południk jest linią prostą, pozostałe — krzywymi wygiętymi symetrycznie w stosunku do centralnego. Równoleżniki są kołami o różnych śre-

dnicach, których środki rozmieszczają się w różnych punktach na linii centralnego południka.

Na międzynarodowej konferencji geograficznej w Londynie w 1909 r. przyjęto zmienne wielostożkowe odwzorowanie z poprawkami rosyjskiego uczonego SZCZETKINA jako odwzorowanie międzynarodowej mapy świata w skali 1 : 1 000 000 (rys. 14).



Rys. 14

Każdy arkusz tej mapy obejmuje cztery stopnie szerokości i sześć stopni długości geograficznej. Równoleżniki przedstawione liniami prostymi. Skala na środkowym południku jest nieco mniejsza, a na bocznych trochę większa od jedności. Przy sklejaniu 16 arkuszy mapy 1 : 1 000 000 powstają szczeliny do 0,5 cm, dlatego sklejanie więcej niż dziewięciu arkuszy jest nie wskazane.

Na arkuszu mapy w skali 1 : 1 000 000 maksymalne zniekształcenia dochodzą: w odległości — do 0,14%, w kierunku — do 5—7; praktycznie mapa zachowuje wierność kątów i równoodległość.

W tym odwzorowaniu wykonana została radziecka mapa pokładowa 1 : 2 000 000, której każdy arkusz składa się z dziewięciu arkuszy map 1 : 1 000 000. Każdy arkusz tej mapy rzutowany był na swoim stożku przecinającym kulę ziemską wzdłuż górnego i dolnego równoleżnika arkusza.

Kąt zbieżności południków na tej mapie równa się

$$\delta = \Delta\lambda \sin \varphi_{\text{śr.}}$$

Ortodroma w granicach jednego arkusza mapy w skali 1 : 2 000 000 jest prostą, loksodroma — krzywą wypukłą w kierunku równika.

#### ODWZOROWANIE WIEŁOŚCIENNE

W wielościennych odwzorowaniach globus dzieli się na szereg sferycznych trapezów zamkniętych południkami i równoleżnikami. Wielkość płaskienny trapezu zależy od skali mapy. Każdy trapez rzutuje się na płaszczyznę styczną do niego w jego punkcie centralnym.

Odwzorowania tego rodzaju posiadają w granicach jednego arkusza nieduże zniekształcenia, dlatego stosuje się je dla map ograniczonych wycinków terenu o dużej skali. Do wielościennych odwzorowań należą mapy skal 1 : 200 000, 1 : 10 000 oraz mapy zmiennego wielostozkowego międzynarodowego odwzorowania w skali 1 : 1 000 000 i 1 : 500 000.

---

---

### ROZDZIAŁ III

## ASTRONOMIA LOTNICZA

Astronomia lotnicza pozwala określić miejsce i kurs samolotu.

Do technicznych środków astronomii lotniczej należą: astrobusola, sekstans lotniczy i zegar.

Kurs samolotu określa się przy pomocy astrobusoli AK-52 lub AK-53. Dokładność określenia  $1-2^{\circ}$ .

Miejsce samolotu lub astronomiczną linię położenia określa się przy pomocy sekstansu IAS-1. Dokładność określenia miejsca samolotu wynosi 6—10 km.

Czas określa się nawigatorskim zegarem-chronometrem. W astronomii lotniczej wymagalna dokładność czasu wynosi 5 sek.

Jako pomoce do obliczeń astronomicznych obserwacji służą:

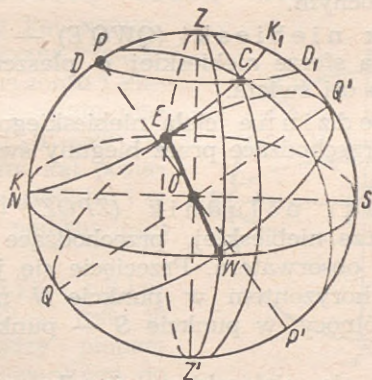
1. Lotniczy rocznik astronomiczny (wychodzący corocznie).
2. Tablice wysokości i azymutów Słońca, Księżyca i planet.
3. Tablice wysokości i azymutów gwiazd.
4. Pokładowe mapy gwiazdowego nieba.
5. Tabele lub wykresy słoneczne do określenia momentów wschodu i zachodu Słońca oraz świtu i zmroku. Tablice słoneczne sporządzane są na okres 1944—1980 r. Wykresy do określenia momentów wschodu i zachodu Słońca podane są w załączniku 8.

6. Tabele Księżyca do określania wschodu, zachodu i faz (wychodzą one corocznie jako załączniki do lotniczego rocznika astronomicznego).

#### ZASADNICZE PUNKTY I KOŁA SFERY NIEBIESKIEJ

Sfera niebieska (rys. 15) — uzmysłowana kula o nieskończonym promieniu, której punktem środkowym jest obserwator.

Zenit (Z) — punkt na sferze niebieskiej, położony pionowo nad punktem obserwacji.



Rys. 15. Zasadnicze punkty i koła sfery niebieskiej

Nadir ( $Z'$ ) — punkt na sferze niebieskiej przeciwległy do zenitu.

Horyzont astronomiczny (koło NESW) — duże koło na sferze niebieskiej, którego płaszczyzna przechodzi przez środek Ziemi i jest prostopadła do osi  $ZZ'$ .

Koło wierzchołkowe ciała niebieskiego (ZCZ) — duże koło sfery niebieskiej przechodzące przez zenit obserwatora i dane ciało niebieskie. Jest ono prostopadłe do płaszczyzny rzeczywistego horyzontu. Koło wierzchołkowe przechodzące przez punkty  $E$  i  $W$  nazywa się pierwszym.

Almukantarát — równoważnik wysokości ( $DCD_1$ ) — obwód małego koła astronomicznego horyzontu.

Oś świata ( $PP'$ ) — prosta, równoległa do osi Ziemi. Punkty przecięcia się jej ze sferą niebieską  $P$  i  $P'$  nazywają się biegunami świata — południowym i północnym.

Równik niebieski ( $QWQ'E$ ) — obwód dużego koła na sferze niebieskiej o płaszczyźnie prostopadłej do osi świata.

Koło godzinne ciała niebieskiego ( $PCP'$ ) — duże koło przechodzące przez bieguny świata i ciało niebieskie.

Niebieski południk ( $ZPQZ'P'Q'$ ) — duże koło na sferze niebieskiej, przechodzące przez biegun i zenit obserwatora. Przecięcie się jego z rzeczywistym horyzontem w punkcie  $N$  nazywa się punktem północy, w punkcie  $S$  — punktem południa.

Przecięcie się niebieskiego równika z rzeczywistym horyzontem w punkcie  $E$  nazywa się punktem wschodu, w punkcie  $W$  — punktem zachodu.

Linia południa — prosta, łącząca punkty  $N$  i  $S$ .

Dobowy równoleżnik ciała niebieskiego ( $KCK_1$ ) — małe koło na sferze niebieskiej, wykreślone przez ciało niebieskie równoległe do równika niebieskiego.

## WSPÓLRZĘDNE CIAŁ NIEBIESKICH

## 1. Poziomy układ współrzędnych

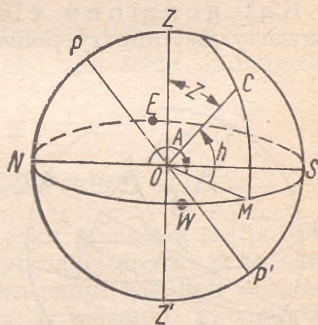
(układ horyzontu)

W tym systemie (rys. 16) za zasadnicze koła, w stosunku do których określa się położenie ciała niebieskiego, przyjęto rzeczywisty horyzont i niebieski południk. Współrzędnymi w tym układzie są wysokość ciała niebieskiego ( $h$ ) i jego azymut ( $A$ ).

Wysokością ciała niebieskiego ( $h$ ) nazywa się kąt pomiędzy płaszczyzną rzeczywistego horyzontu i kierunkiem na ciało niebieskie. Od  $0^\circ$ — $90^\circ$  w stronę zenitu kąt posiada znak (+) dodatni i w kierunku nadiru (—) ujemny.

Zenitalna odległość ( $Z$ ) — jest to kąt pomiędzy pionem zenitu i kierunkiem do ciała niebieskiego; stanowi on dopełnienie kąta  $h$  do  $90^\circ$ .

Azymut ciała niebieskiego ( $A$ ) jest to kąt poziomy pomiędzy północnym kierunkiem linii południa i płaszczyzną koła wierzchołkowego ciała niebieskiego. Mierzy się on od  $0^\circ$  do  $360^\circ$  w kierunku wschodnim.



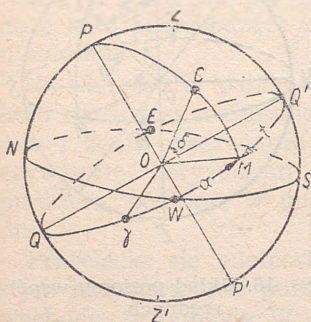
Rys. 16. Układ poziomy współrzędnych.

## 2. Równikowy układ współrzędnych (układ równika)

W tym układzie (rys. 17) za zasadnicze koła, w stosunku do których określa się położenie ciała niebieskiego, przyjmuje się równik niebieski i południk niebieski. Za współrzędne służą: deklinacja ciała niebieskiego ( $\delta$ ), jego kąt godzinny ( $t$ ) i wznoszenie proste (rektascencja) ( $\alpha$ ).

Deklinacją ciała niebieskiego ( $\delta$ ) nazywa się kąt pomiędzy płaszczyzną niebieskiego równika a kierunkiem do ciała niebieskiego; mierzy się go od  $0^\circ$  do  $\pm 90^\circ$  (dodatnie wartości na północ, ujemne na południe od równika).

Kąt godzinny ciała niebieskiego ( $t$ ) zawarty jest między południową częścią płaszczyzny niebieskiego południka i płaszczyzną koła deklinacji ciała niebieskiego. Mierzy się go w zachodnim i wschodnim kierunku od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ . W lotniczym roczniku astronomicznym kąt godzinny podaje się tylko w kierunku zachodnim od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .



Rys. 17. Równikowy układ współrzędnych

Wznoszenie proste ciała niebieskiego ( $\alpha$ ) jest to kąt między płaszczyzną koła deklinacji punktu porównania a płaszczyzną koła deklinacji ciała; mierzy się go od  $0^\circ$  do  $360^\circ$  w kierunku przeciwnym do obrotu dobowego sfery niebieskiej (zgodnie z ruchem Ziemi).

## WIDZIALNY DOBOWY RUCH CIAŁ NIEBIESKICH

Dobowy obrót sfery niebieskiej odbywa się wokół osi świata, w istocie jest on odbiciem obrotu Ziemi dookoła swojej osi.

Obserwowany obrót sfery niebieskiej odbywa się w kierunku odwrotnym do obrotu Ziemi. Moment przejścia ciała niebieskiego przez niebieski południk nazywa się kulminacją ciała niebieskiego.

W górnej kulminacji ciało niebieskie posiada największą wysokość, jego kąt godzinny równa się  $0^\circ$ ; w dolnej kulminacji ciało niebieskie posiada najmniejszą wysokość, jego kąt godzinny równa się  $180^\circ$ ;

- w górnej kulminacji  $h = 90^\circ \pm (\delta - \varphi)$   
(znak minus, kiedy ciało niebieskie kulminuje między biegunem i zenitem),
- w dolnej kulminacji  $h = \delta + \varphi - 90^\circ$ .

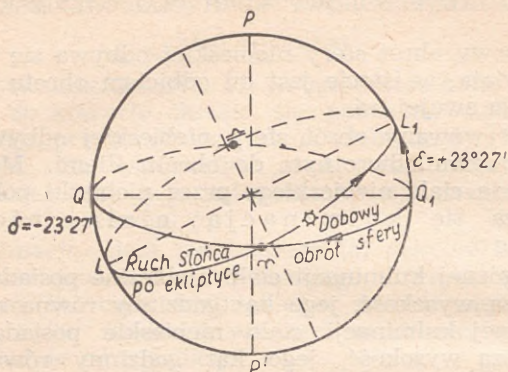
## OBSERWOWANY ROCZNY RUCH SŁOŃCA

Środek Słońca w ciągu roku przesuwa się po obwodzie dużego koła sfery nazywanym ekliptyką. Ten względny ruch obserwujemy wskutek obracania się Ziemi wokół Słońca; w kierunku jest on odwrotny do obrotu sfery niebieskiej.

Ekliptyka posiada w stosunku do niebieskiego równika nachylenie  $23^\circ 27'$  (rys. 18).

Okres czasu pomiędzy pierwszym i powtórny przejściem Słońca przez punkt wiosennego porównania nazywa się rokiem zwrotnikowym i trwa 365,242 średniej doby.

Okres czasu, równy okresowi obrotu Ziemi wokół Słońca, nazywa się gwiazdny rokiem i trwa 265,256 średniej doby.



Rys. 18. Roczny ruch Słońca

Symbole	Nazwa	Dekli- nacja punktu	Wznoszenie proste	Data przejścia Słońca przez punkt
♈	Punkt wio- sennego porównania znak barana	0°00'	0 godz.	21 marca
♊	Punkt naj- dłuższego dnia	+23°27'	6 godz.	22 czerwca
♏	Punkt je- siennego po- równania znak wagi	0°00'	12 godz.	23 września
♋	Punkt naj- krótszego dnia	-23°27'	18 godz.	22 grudnia

Różnica 0,014 doby wynika wskutek precesji punktu wiosennego porównania.

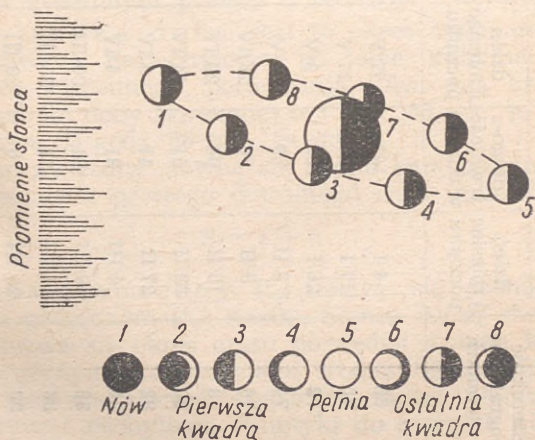
Na północnych i południowych szerokościach poczynając od kręgu polarnego, Słońce w pewnych okresach roku nie znika za horyzontem i w pewnych okresach nie ukazuje się w ogóle.

Na Arktyce przyjęto umownie następujące pory roku:

- wiosna polarna, kiedy Słońce wschodzi i zachodzi codziennie i dzień stopniowo wzrasta;
- lato polarne, kiedy Słońce nie zachodzi;
- jesień polarna, kiedy Słońce codziennie wschodzi i zachodzi, a dzień stopniowo maleje;
- zima polarna, kiedy Słońce nie wschodzi.

Na poszczególnych szerokościach geograficznych podział na pory roku będzie miał charakter zgodny z tabelą nr 8.

### RUCH I KWADRY KSIĘŻYCA



Rys. 19. Kwadry Księżyca

Tabela 8

Szerokość geograficzna w stopniach	Wiosna		Lato		Jesień		Zima	
	dzień i miesiąc początku	długo-trwałość w dobach	dzień i miesiąc początku	długo-trwałość w dobach	dzień i miesiąc początku	długo-trwałość w dobach	dzień i miesiąc początku	długo-trwałość w dobach
68	4/I	143	27/V	53	19/VII	144	10/XII	25
70	17/I	120	17/V	72	28/VII	121	26/XI	52
72	26/I	103	9/V	88	5/VIII	104	17/XI	70
74	3/II	88	2/V	102	12/VIII	90	10/XI	85
76	9/II	76	26/IV	115	19/VIII	76	3/XI	98
78	15/II	64	20/IV	127	25/VIII	63	27/X	111
80	22/II	51	14/IV	139	31/VIII	52	22/X	123
82	27/II	41	9/IV	150	6/IX	41	17/X	133
84	4/III	31	4/IV	159	10/IX	31	11/X	144
86	9/III	21	30/III	169	15/IX	21	5/X	155
88	14/III	11	25/III	179	20/IX	10	30/IX	165
90	20/III	0	20/III	189	25/IX	0	25/IX	176

Księżyc jest satelitą Ziemi.

Ruch Księżyca wokół Ziemi po orbicie odbywa się w tym samym kierunku co i ruch Słońca po ekliptyce. Księżyc wykonuje pełny obrót po orbicie w 27,32 doby. Okres ten nazywa się miesiącem syderecznym.

Płaszczyzna orbity księżycowej nachylona jest do płaszczyzny ekliptyki pod kątem  $5^{\circ}08'$ . W czasie pełnego obrotu po orbicie Księżyc dwa razy w ciągu miesiąca przecina płaszczyznę równika niebieskiego. Deklinacja Księżyca zmienia się od  $+28^{\circ}35'$  do  $-28^{\circ}35'$ .

Okres, określający zmianę kwadr Księżyca, nosi nazwę miesiąca synodycznego i trwa 29,5 średnich dób słonecznych (rys. 19).

#### POMIAR CZASU

Czas gwiazdny ( $S$ ) mierzy się zachodnim kątem godzinnym punktu wiosennego porównania.

Gwiazdna doba jest to okres czasu pomiędzy dwoma następującymi po sobie kulminacjami punktu wiosennego porównania. Jest ona krótsza od średniej doby słonecznej o 3 min. 56 sek., to znaczy trwa 23 godz. 56 min. 04 sek.

Czas gwiazdny równa się sumie kąta godzinowego i wznoszenia prostego dowolnego ciała niebieskiego

$$S = t + \alpha.$$

Czas słoneczny ( $t_0$ ) mierzy się zachodnim kątem godzinnym ( $t_w$ ) środka Słońca. Dobą słoneczną nazywa się okres czasu pomiędzy dwoma kolejnymi górnymi kulminacjami środka Słońca. Wskutek nierównomiernej szybkości ruchu Słońca po ekliptyce i nachylenia ekliptyki do równika niebieskiego długość dób słonecznych nie jest stała.

Tabela 9  
Daty kwadr Księżyca dla Warszawy

Rok	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
KWADRA							
Styczeń	2 9 16 25 19 26	3 12	7 13 20 29 24 <sup>1</sup> / <sub>31</sub>	8 17 12 18 25	5 29 6 13 22 16 23 30	9	
Luty	1 7 14 23 18 24	2 11	5 12 19 28 23 28	7 16 10 17 24	3 27 4 11 20 15 21 28	8	
Marzec	<sup>1</sup> / <sub>30</sub> 7 14 23 17 24 <sup>1</sup> / <sub>31</sub>	10	6 12 19 28 22 29	6 16 10 16 23	3 27 4 11 20 15 22 29	8	
Kwiecień	28 5 12 21 16 22 29	9	4 11 18 27 21 28	5 14 8 15 22	1 25 2 9 18 14 20 27	7	
Maj	28 5 12 21 15 22 29	8	4 10 17 26 21 27	5 14 8 14 21 <sup>1</sup> / <sub>30</sub> 25 <sup>1</sup> / <sub>31</sub>	9 18 13 20 27	6	
Czerwiec	26 3 10 19 14 20 27	7	2 9 16 25 19 26	3 12 6 13 20 29 23 30	7 16 11 18 25	5	
Lipiec	26 3 10 19 13 20 27	6 <sup>1</sup> / <sub>31</sub>	8 15 24 19 25	3 12 6 12 19 29 23 29	7 16 11 18 25	4	
Sierpień	24 <sup>1</sup> / <sub>31</sub> 8 17 12 18 25	5 30	7 14 23 17 24 <sup>1</sup> / <sub>31</sub>	10 4 11 18 27 21 28	5 14 10 16 23	3	
Wrzesień	23 30 7 16 10 17 24	3 28	5 12 21 16 22 29	9 3 10 17 26 20 26	4 13 8 15 22	1	
Październik	23 29 7 16 10 16 23	3 28	5 12 21 15 22 29	8 3 9 16 25 19 26	3 12 8 14 21 <sup>1</sup> / <sub>30</sub>		
Listopad	21 28 5 14 8 15 22	1 26	3 10 19 14 20 27	7 1 8 15 24 18 24	2 11 6 12 20 28		
Grudzień	21 27 5 14 8 15 22 <sup>1</sup> / <sub>31</sub>	26 30 19 13 20 27 <sup>1</sup> / <sub>31</sub>	6 <sup>1</sup> / <sub>30</sub> 7 14 23 17 24 <sup>1</sup> / <sub>31</sub> 11 6 12 19 28				

U w a g a: Daty kwadr Księżyca podane według czasu warszawskiego. Liczby podane łątkiem wskazują, dwie daty danej kwadry Księżyca w jednym miesiącu.

Średni czas słoneczny ( $m$ ) mierzy się zachodnim kątem godzinnym ( $t_w$ ) średniego (umownego) Słońca, które porusza się ruchem jednostajnym po niebieskim równiku.

Średnią dobą nazywa się okres czasu pomiędzy dwoma kolejnymi kulminacjami średniego Słońca. Różnica między średnim i rzeczywistym czasem słonecznym nazywa się wyrównaniem czasu ( $\eta$ ) i jest poprawką, którą należy dodać do rzeczywistego słonecznego czasu, ażeby otrzymać średni

$$n = m - t$$

Wielkości  $\eta$  w różnych okresach ilustruje tabela 10.

Tabela 10

Data	$\eta$
11 II	+ 14 min. 32 sek.
15 IV	0
14 V	- 3 min. 55 sek.
14 VI	0
26 VII	+ 6 min. 12 sek.
1 IX	0
2 XI	- 16 min. 18 sek.
24 XII	0

Czasem miejscowym nazywa się czas na południku obserwatora; może on być gwiazdny, rzeczywistym słonecznym i średnim słonecznym.

Praktycznie za czas miejscowy ( $T_m$ ) przyjmuje się miejscowy czas cywilny — średni czas słoneczny liczony od momentu dolnej kulminacji średniego Słońca.

Czas Greenwich ( $T_{Gr}$ ) jest to czas miejscowy na południku Greenwich

$$T_{Gr} = T_m \pm \lambda$$

(zachodnie długości wprowadza się ze znakiem +, wschodnie ze znakiem —).

Czas strefowy ( $T_n$ ) — czas równy średniemu czasowi miejscowemu średniego południka strefy czasowej

$$T_n = T_m + N - \lambda E,$$

$N$  = numer strefy czasowej.

Kula ziemiska podzielona jest na 24 strefy czasowe południkami oddalonymi od siebie co  $15^\circ$  (1 godzina). Zerowy południk (Greenwich) przechodzi przez środek zerowej strefy czasowej (patrz zał. nr 8).

W niektórych państwach i obszarach wprowadzono na stałe (Moskwa) lub w pewnych okresach czasu dawniej w okresie letnim (Warszawa) czas ustawowy. Polega to na przesunięciu zegara o określoną ilość godzin. Na przykład Moskwa leży w drugiej strefie czasowej, a zegary idą według czasu strefy trzeciej (godzinę wcześniej).

Określić czas strefy czasowej według znanego czasu innej strefy czasowej można łatwo przy pomocy tabeli poprawek czasowych stref.

Tabela 11

Nr strefy	Nazwa czasu	Poprawka w godzinach do czasu środkowo-europejskiego (warszawskiego)	Poprawka w godzinach do czasu moskiewskiego
1	2	3	4
0	Strefowy—Greenwich (zachodnio-europejski, londyński, światowy) . . .	—1	—3
1	Strefowy — środkowo-europejski (warszawski)	0	—2
2	Strefowy ustawowy—moskiewski . . . . .	+2	0

1	2	3	4
3	Strefowy ustawowy — wołżański . . . . .	+3	+1
4	Strefowy ustawowy — ural- ski (swierdłowski) . . . . .	+4	+2
5	Strefowy ustawowy — zachodnio-syberyjski . . . . .	+5	+3
6	Strefowy ustawowy — jeni- nisejski (krasnojarski) . . . . .	+6	+4
7	Strefowy ustawowy — ir- kucki . . . . .	+7	+5
8	Strefowy ustawowy — a- murski (czytyński) . . . . .	+8	+6
9	Strefowy ustawowy — przy- morski (chabarowski) . . . . .	+9	+7
10	Strefowy ustawowy — o- chocki (megadański) . . . . .	+10	+8
11	Strefowy ustawowy — kam- czacki . . . . .	+11	+9
12	Strefowy ustawowy — czu- kocki . . . . .	+12	+10
13	Strefowy — aleucki . . . . .	-12	-14
14	„ — ferbencki . . . . .	-11	-13
15	„ — jukoński . . . . .	-10	-12
16	Spokojno-oceaniczny (pa- cyficzny) . . . . .	-9	-11
17	Strefowy — górski (ame- rykański) . . . . .	-8	-10
18	Strefowy — centralny (amerykański) . . . . .	-7	-9
19	Strefowy — wschodni (wa- szyngtoński) . . . . .	-6	-8
20	Strefowy — atlantycki . . . . .	-5	-7
21	„ . . . . .	-4	-6
22	„ . . . . .	-3	-5
23	Strefowy — islandzki . . . . .	-2	-4

U w a g a.

Dla określenia czasu strefowego dowolnego punktu na podstawie znanego czasu środkowo-europejskiego poprawkę dodaje się algebraicznie (wprowadza ze swoim znakiem). Przy określeniu czasu środkowo-europejskiego (warszawskiego) na podstawie znanego czasu którejs z stref wartość poprawki algebraicznie odejmuje się (wprowadza z odwrotnym znakiem).

**Przykład.**

Określić godzinę w Paryżu, jeśli w Moskwie jest godzina 7 rano.

**Rozwiązanie.**

Paryż leży w pasie zerowym; poprawka w tabeli wynosi — 3 godz.

Strefowy czas Paryża =  $7 + (-3) = 4$  godz.

**Przykład.**

Określić czas Moskwy, jeżeli w Waszyngtonie jest godzina 10.

Ustawowy strefowy czas Moskwy =  $10 - (-8) = 18$  godz.

**Przykład.**

Określić czas Fairbanks, jeśli w Warszawie jest godzina 25 kwietnia.

**Rozwiązanie.**

Poprawka dla Fairbanks = — 11.

$$2 - 11 = -9; 24 + (-9) = 15 \text{ godz.}$$

W Fairbanks godz. 15, 25 kwietnia.

### OKREŚLENIE POPRAWKI ZEGARÓW

Poprawka zegara  $u = T - T'$ ;

$T$  = dokładny czas;

$T'$  = czas na zegarze.

Dokładność dobową (godzinna) zegara:

$$w = \frac{u_2 - u_1}{T_2 - T_1}$$

$U_1$  = poprawka zegara ( $T - T'$ ) odczytana w momencie  $T_1$ ,

$U_2$  = poprawka zegara odczytana w momencie  $T_2$ .

Przy określaniu dobowej dokładności zegara różnicę  $T_2 - T_1$  wyraża się w dobach, podczas określania godzinnej dokładności w godzinach.

Jeśli zegar spóźnia się, poprawka dokładności nosi znak dodatni (+), jeśli spieszy ujemny (-).

Dla dowolnego momentu czasu poprawkę określa się według następującego wzoru:

$$U_2 = U_1 + \omega (T_2 - T_1)$$

$U_1$  = poprawka w momencie  $T_1$ .

#### Przykład.

15. maja o 12 godz. 25 min. określono poprawkę  $U_1 = + 18$  sek.

Dobowa poprawka dokładności zegara  $\omega = + 10$  sek.

Określić poprawkę zegara ( $U_2$ ) dla momentu  $T_2 = 18$  godz. 00 min. 16 maja.

#### Rozwiązanie.

Różnica czasu w dobach  $T_2 - T_1 = 1,2$  doby.

$$U_2 = 18 + 10 \cdot 1,2 = + 30 \text{ sek.}$$

Znaczy to, że 16 maja przy odczycie zegara 18 godz. 00 min. dokładny czas będzie się równał 18 godz. 00 min. 30 sek.

W celu sprawdzenia dokładności zegarów rozgłoszenie Polskiego Radia podają codziennie sygnały dokładnego czasu o godz. 6.00 i 12.00, a rozgłoszenie

ZSRR o godz. 1.00, 7.00, 12.00, 19.00 czasu moskiewskiego, to jest 3.00; 9.00; 14.00 i 21.00 czasu warszawskiego.

## KOLEJNOŚĆ PRACY NA ASTROBUSOLI AK-52 LUB AK-53

### 1. Określanie kursu geograficznego samolotu według Słońca

W celu określenia kursu należy:

- sprawdzić ustawienie astrobussoli i nakręcić mechanizm zegarowy;
- obliczyć czas Greenwich dla któregokolwiek momentu poprzedzającego czas pracy na AK-52, według wzoru:

$$T_{Gr} = T_n \mp N$$

(minus dla wschodniej półkuli, plus dla zachodniej);

- na podstawie  $T_{Gr}$  wybrać z Lotniczego Rocznika Astronomicznego godzinny kąt drogi  $t_{Gr}$ , zaokrąglając go do  $1^\circ$ ;
- ustawić na skali kątów godzinnych, greenwichowski kąt godzinny Słońca, odpowiadający momentowi obliczeniowego czasu  $T_n$ ;
- ustawić na odpowiednich skalach wartości szerokości i długości geograficznych samolotu;
- obracając krąg kursowy doprowadzić odbicie Słońca między kreski w środku ekranu;
- odczytać geograficzny kurs samolotu naprzeciwko wskaźnika kursu.

## 2. Określenie kursu geograficznego według Księżycy, planety lub gwiazdy

Według obliczonego  $T_{Gr}$  z Lotniczego Rocznika Astronomicznego wybrać greenwichowski kąt godzinny (Księżycy, planety) lub greenwichowski czas (gwiazdy) i deklinację ciała; dla gwiazdy obliczyć greenwichowski kąt godzinny według wzoru:

$$t_{Gr} = S_{Gr} - \alpha;$$

- wartości kąta godzinnego i deklinację Greenwich ustawić na odpowiednich skalach przeziernika;
- ustawić wartości długości i szerokości miejsca na odpowiednich skalach przyrządu;
- obracać krąg kursowy do pokazania się ciała niebieskiego na linii soczewki i szczerbinki ramki na wyobrażonym przecięciu kresek;
- naprzeciwko wskaźnika kursu odczytać kurs geograficzny samolotu.

## 3. Określanie dewiacji busoli magnetycznej przy pomocy astrobusoli w locie

- Ustawić długość i szerokość geograficzną miejsca na odpowiednich skalach i ramkę przeziernika słonecznego na wartości greenwichowskiego kąta godzinnego dla odpowiadającego mu momentu czasu;
- prowadzić samolot z kursem nakazanym, na którym zapisać odczyty busoli magnetycznej i astrobusoli; to samo powtarzać na każdym kursie;
- odczytać wielkości geograficzne kursów, przeliczyć na magnetyczne i porównać je z kursami busoli magnetycznej. Różnica pomiędzy kursami magnetycznymi określonymi przy pomocy AK-52.

i kursami busoli magnetycznej jest dewiacją busoli magnetycznej.

#### KOLEJNOŚĆ PRACY NA SEKSTANSIE LOTNICZYM IAS-1

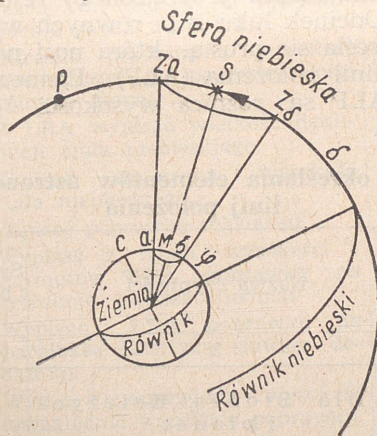
W celu określenia astronomicznych linii położenia należy:

- trzymając sekstans w prawej ręce, lewą ręką uregulować pęcherzyk poziomym; przez obracanie pokrętkiem regulacji pęcherzyka do siebie, do chwili ukazania się go w polu widzenia i przyjęcia odpowiedniej wielkości (średnica pęcherzyka powinna równać się jednej trzeciej lub połowie boku kwadratu siatki pola widzenia);
- ustawić przełącznik czasu pracy mechanizmu obliczania średnich wyników na potrzebny okres czasu (40,120 lub 200 sek.); (przełączenia czasowej przerwy dokonuje się tylko przy pracującym mechanizmie obliczającym średnie wyniki);
- nakręcić zegarowy mechanizm urządzenia obliczającego średnie wyniki i obserwując przez okular, wykonać wstępne zgranie ciała niebieskiego z pęcherzykiem, następnie naciśnięciem bocznej dźwignienki balansjera szepić palec balansjera z kręgiem pomiaru kątów;
- ustawić ponownie ciało niebieskie w środku pęcherzyka poziomicy (lub obok niego na jednej linii poziomej); zgrane ciało niebieskie z poziomnicą powinno znajdować się między dwoma pionowymi liniami widocznymi w polu obserwacji, przy czym pęcherzyk nie powinien dotykać granicy pola obserwacji;
- nacisnąć spust zegarowego mechanizmu urządzenia obliczającego średnie wyniki i w ciągu całego okresu pracy zegarowego mechanizmu

- utrzymywać ciało niebieskie w środku pęcherzyka;
- w momencie zakończenia pracy zegarowego mechanizmu odczytać czas zakończenia pomiaru;
  - odczytać zmierzoną wysokość ciała jako sumę: dziesiątków stopni — na skali dziesiątków stopni, jednostek stopni na kręgu pomiaru kątów (w tym miejscu, gdzie zatrzymał się palec balansjera na stopniowej skali urządzenia obliczającego średnie wyniki), minut — na skali urządzenia obliczającego średnie wyniki;
  - wykonać obliczenie astronomicznej linii położenia.

#### OKREŚLANIE ASTRONOMICZNEJ LINII POŁOŻENIA (ALP)

Określanie swojego miejsca przy pomocy ciał niebieskich oparte jest na właściwości kół równych



Rys. 20. Współrzędne ciała niebieskiego. Koło równych wysokości

wysokości ciała — równości promienia koła równych wysokości i zenitalnej odległości ciała (rys. 20). Na rys. 20.  $M$  = geograficzne miejsce ciała niebieskiego,

$ab$  = łuk koła różnych wysokości.

Współrzędne geograficzne miejsca ciała niebieskiego określa się:

— szerokość geograficzną  $\varphi_* = \delta$ ;

— długość geograficzną  $\lambda_* = t_{\text{wgr}}$

Zenitalna odległość:  $z = 90^\circ - h$ .

Dlatego po zmierzeniu wysokości ciała niebieskiego, znając współrzędne geograficzne jego miejsca, można określić koło równych wysokości.

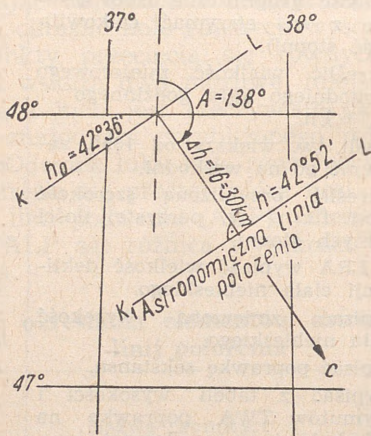
Dwa punkty przecięcia się równych wysokości dwóch ciał wskażą dwa możliwe miejsca obserwatora; które z nich jest rzeczywiste określa się na podstawie znajomości przybliżonego rejonu znajdowania się. Odcinek łuku koła równych wysokości na mapie wykreśla się prostą, która nosi nazwę astronomicznej linii połączenia (ALP). Elementami określającymi ALP są: różnica wysokości  $\Delta h = h - h_w$  i azymut  $A$ .

### Kolejność określania elementów astronomicznych linii położenia

Lp.	Kolejność czyn.	Nazwa czynności	Sybol	Wyliczenia
1	2	3	4	5
		1) Dla Słońca, Księżycy i planet		
		Przykład: Słońce 10 kwietnia 1952 r., 3. strefa czasowa:		

1	2	3	4	5
1	1	Zapisać czas pomiaru wysokości ciała niebieskiego, uwzględniając połowę czasu pracy urządzenia obliczającego średnie wyniki i poprawkę zegara.	$T$	10 godz. 32 min. 10 sek.
2	3	Przeliczyć czas w czas $T_{Gr}$ .	$T_{Gr}$	7 godz. 32 min. 10 sek.
3	4	Z Lotniczego Rocznika Astronomicznego (LRA) wypisać wartości kąta godzinowego greenwichowskiego.	$t_{Gr}$	292°42'
4	6	Określić i zapisać przybliżoną długość geograficzną (żeby w sumie z $t_{Gr}$ otrzymać całkowitą ilość stopni).	$\lambda_n$	37°19'
5	7	Określić wielkość miejscowego zachodniego kąta godzinowego $t_{Gr} + \lambda_n$ .	$t_w$	330°
6	8	Jeżeli $t_w$ większy od 180°, zamienić go na wschodni.	$t_E$	30°
7	9	Określić przybliżoną szerokość geograficzną w parzystej ilości pełnych stopni.	$\varphi_n$	48°
8	5	Z LRA wypisać wielkość deklinacji ciała niebieskiego.	$\delta$	+8-2'
9	2	Zapisać zmierzoną wysokość ciała niebieskiego.	$h_z$	42°50'
10	10	Zapisać poprawkę sekstansu.	$c$	+3'
11	11	Wypisać z tabeli wysokości i azymutów TWA poprawkę na refrakcję (zawsze ujemną).	$r$	-1
12	12	Wypisać z LRA poprawkę na paralaksę Księżyca (zawsze dodatnią).	$p$	-
13	13	Wyliczyć poprawioną wysokość (uwzględnić wszystkie poprawki).	$h$	42 52'
14	14	Z TWA na podstawie $\delta$ , $t$ i $\varphi_n$ wypisać obliczoną wysokość, poprawioną na minuty deklinacji.	$h_w$	42°36'

1	2	3	4	5
15	16	Określić różnicę wysokości $h = h - h_w$ .	$\Delta h$	$+16^\circ =$ $= +30\text{km}$
16	15	Z TWA wypisać wartości azymutu. (Dla zachodniego kąta godzinowego $t_w$ A brać jako dopełnienie tabelarnego do $360^\circ$ ).	A	$138^\circ$ obliczony
17	17	Według współrzędnego punktu obliczeniowego $\varphi_n, \lambda_n$ oraz obliczonych elementów $\Delta h$ i A wykreślić na mapie astronomiczną linię położenia ALP (rys. 21).		$138^\circ$ nawigacyjny



Rys. 21. Wykreślanie astronomicznej linii położenia na mapie przy dodatniej wartości  $\Delta h$  (przy ujemnej wartości  $\Delta h$  ALP wykreśla się również prostopadłe do azymutu w odległości  $\Delta h$  od obliczonego punktu, ale w kierunku przeciwnym do położenia ciała niebieskiego)

Lp.	Kolej- ność czynn	Nazwa czynności	Sym- bol	Wyli- czenia
1	2	3	4	5
		2) Dla gwiazd		
		<i>Przykład:</i> Capella 25 sierpnia, piąta strefa czasowa.		
1	1	Zapisać czas pomiaru wysokości gwiazdy, uwzględniając połowę czasu cyklu pracy urządzenia obliczającego średnie wyniki i poprawkę zegara.	$T$	23 godz. 48 min. 15 sek.
2	3	Zamienić czas $T$ na $T_{Gr}$ .	$T_{Gr}$	18 godz. 48 min. 15 sek.
3	4	Z LRA wypisać wielkość gwiazd- nego czasu Greenwich	$S_{Gr}$	256°00'
4	5	Określić i zapisać przybliżoną długość geograficzną (w sumie z $S_{Gr}$ powinna dać pełną ilość stopni).	$\lambda_n$	68°00'
5	6	Określić wartość miejscowego czasu gwiazdowego ( $S_{Gr} + \lambda_n$ )	$S$	324°
6	7	Określić przybliżoną szerokość geograficzną w parzystej ilości stopni.	$\varphi_n$	74°
7	2	Zapisać zmierzoną wysokość gwiazdy.	$h_z$	37°20'
8	8	Zapisać poprawkę sekstansu	$c$	+3'
9	9	Wypisać z tablicy wysokości i azymutów gwiazd poprawkę na refrakcję (zawsze ujemną).	$r$	-1'
10	10	Wyliczyć poprawioną wysokość (uwzględnić wszystkie poprawki).	$h$	37°22'
11	11	Z TWA gwiazd wg $S$ i nazwy gwiazdy wypisać wyliczoną wy- sokość.	$h_w$	37°45'

1	2	3	4	5
12	13	Określić różnicę wysokości $\Delta h = h - h_w$ .	$\Delta h$	$-23' =$
13	12	Z TWA gwiazd wypisać wartość azymutu.		$= -43 \text{ km}$
14	14	Według współrzędnych obliczanego punktu ( $\varphi_n, \lambda_n$ ) i wyliczonych elementów $\Delta h$ i $A$ wykreślić na mapie astronomiczną linię położenia samolotu (ALP).	$A$	$53^\circ$

### Kolejność określania szerokości geograficznej miejsca według Gwiazdy Polarnej

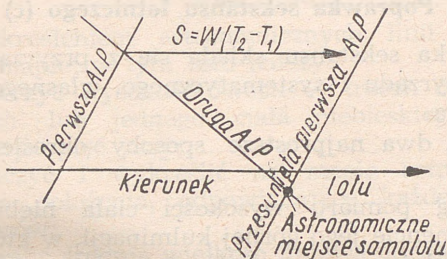
Przykład. 15 czerwca 1952 r., czwarta strefa czasowa.

Symbol	Obliczenia	Symbol	Obliczenia
$T$	22 godz. 51 min. 15 sek.	$h_z$	$61^\circ 32'$
$T_{Gr}$	18 godz. 51 min. 15 sek.	$C$	$+3'$
$S_{Gr}$	$186^\circ 46'$	$r$	$-1'$
$\lambda_n$	$46^\circ 14'$	$\Delta \varphi_{*Pol.}$	$+53'$
$S$	$223^\circ$	$\varphi$	$62^\circ 27'$

Otrzymane w wyniku pomiarów wysokości dwóch ciał linie położenia samolotu należy sprowadzić do jednego momentu czasu. Najwygodniej jest robić to na mapie przez przesunięcie pierwszej linii położenia na wielkość przebytej drogi w czasie pomiarów w kierunku lotu, jak wykazuje rys. 22.

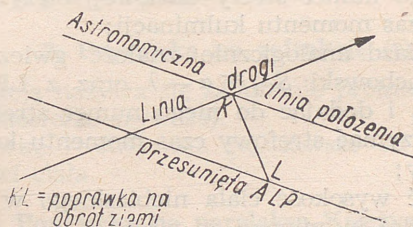
Jeżeli wysokość Gwiazdy Polarnej mierzy się bezpośrednio po wykonaniu pomiaru jakiejkolwiek innej nawigacyjnej gwiazdy, to podczas określenia

miejsca samolotu  $\Delta\varphi_{pol.}$  wybiera się z TWA gwiazdy odpowiednio do  $S$  tejże nawigacyjnej gwiazdy.



Rys. 22. Sprowadzenie dwóch astronomicznych linii położenia do jednego momentu czasu

Astronomiczną linię położenia lub miejsce samolotu na mapie należy jeszcze przesunąć na wielkość poprawki obrotu ziemi, określoną z TWA. Astronomiczną linię położenia lub miejsce samolotu prze-



Rys. 23. Przesunięcie astronomicznej linii położenia o wielkość poprawki obrotu ziemi

suwa się na wielkość poprawki w prawo od linii drogi, w prostym do niej kierunku (rys. 23).

## ISTOTA I WIELKOŚĆ POPRAWEK PRZY POMIARACH ASTRONOMICZNYCH

### 1. Poprawka sekstansu lotniczego (c)

Poprawka sekstansu składa się z przyrządowego błędu przyrządu i systematycznego, własnego błędu nawigatora.

Istnieją dwa najprostsze sposoby określenia poprawki:

- a) według pomiaru wysokości ciała niebieskiego w momencie jego górnej kulminacji, w którym to celu należy:
- dla Słońca, Księżyca i planet określić moment ich kulminacji, w związku z czym znaleźć ich godzinny kąt greenwichowski

$$T_{Gr} = 360^\circ - \lambda;$$

- odpowiednio do  $t_{Gr}$  w LRA określić czas greenwichowski ( $T_{Gr}$ ) momentu kulminacji i dodając do niego numer strefy czasowej, otrzymać strefowy czas momentu kulminacji;
- dla gwiazd analogicznie znaleźć gwiazdny czas greenwichowski  $S_{Gr} = \alpha - \lambda$  oraz z LRA określić  $T_{Gr}$  i dodając do niego numer strefy czasowej otrzymać strefowy czas momentu kulminacji gwiazdy;
- obliczyć wysokość ciała niebieskiego w momencie górnej kulminacji ze wzoru

$$h_w = 90^\circ \pm (\delta - \varphi) + r,$$

(znak plus dotyczy kulminacji ciała niebieskiego na południe od zenitu, minus — kulminacji ciała między biegunem a zenitem);

- według obliczonej różnicy i zmierzonej wysokości ciała niebieskiego określa się poprawkę sekstansu z wzoru

$$c = h_w - h_z.$$

- b) Wykreśleniem astronomicznych linii położenia na mapie; w tym celu należy:
- zmierzyć wysokość dwóch — trzech ciał niebieskich lub jednego ciała niebieskiego kolejno cztery—pięć razy;
  - obliczyć i wykreślić na mapie astronomiczne linie położenia, odpowiadające każdemu z pomiarów;
  - określić średnią wielkość liniową oddalenia astronomicznych linii położenia od punktu obserwacji.

Znaleziona wielkość liniowa zamieniona na minuty łuku jest wielkością poprawki sekstansu. Przy tym, jeżeli wypośrodkowana linia położenia przechodzi pomiędzy ciałem niebieskim a punktem obserwacji, poprawka nosi znak minus, jeżeli punkt obserwacji znajduje się między ALP a ciałem niebieskim, poprawka jest dodatnia.

## 2. Poprawka na refrakcję ( $r$ )

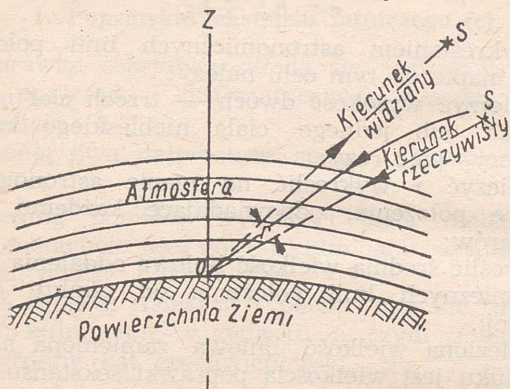
Refrakcją nazywa się załamanie promieni w ziemskiej atmosferze (rys. 24).

Poprawkę  $r$  odejmuje się zawsze od zmierzonej wysokości ciała.

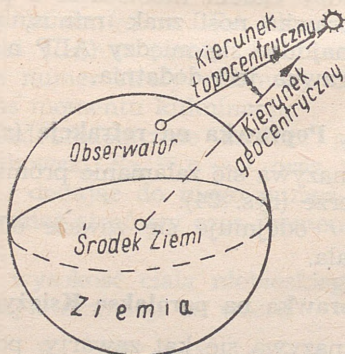
## 3. Poprawka na paralaksę Księżyca ( $p$ )

Paralaksą nazywa się kąt zawarty pomiędzy kierunkiem do ciała ze środka ziemi a kierunkiem z punktu obserwacji (rys. 25). Im bliżej ciało niebieskie położone jest Ziemi i im mniejsza jest jego wysokość, tym większa jego paralaksa. W lotniczej

astronomii uwzględnia się tylko paralaksę Księżyca; wielkość jej podaje się w LRA na każdy dzień roku. Podstawą odczytu paralaksy z tabeli jest



Rys. 24. Refrakcja ciała niebieskiego



Rys. 25. Paralaksa ciała niebieskiego

zmierzona wysokość. Poprawkę na paralaksę zawsze dodaje się do zmierzonej wysokości Księżyca.

## ROZPOZNAWANIE GWIAZD NAWIGACYJNYCH

Nazwa gwiazdy	wielkość gwiezdna	Odcień gwiazdy	Sposób rozpoznania
1	2	3	4
Wega ( $\alpha$ Lutni)	0,1	biały	Koło gwiazdy położony jest mały równoległobok z czterech małych gwiazd. W pobliżu gwiazdozbiór Łabędzia posiadający charakterystyczny kształt krzyża.
Capella (Koza) ( $\alpha$ Woznicy)	0,2	żółty	Tworzy pięciobok z trzema gwiazdami gwiazdozbioru Woznicy i jedną gwiazdą gwiazdozbioru Byka.
Arktur ( $\alpha$ Wolarza)	0,2	poma- rańczowy	Leży na przedłużeniu ogona gwiazdozbioru Wielkiej Niedźwiedzicy (Wozu).
Procjon ( $\alpha$ Psa Małego)	0,5	biały	Leży w pobliżu gwiazdozbioru Bliźniąt i Oriona. Obok Procjona znajduje się druga mniej wyrazista gwiazda.
Atair ( $\alpha$ Orła)	0,9	biały	Leży w punkcie centralnym gwiazdozbioru Orła, którego cztery gwiazdy tworzą figurę przypominającą samolot.
Betelgeuza ( $\alpha$ Oriona)	0,9	czerwo- ny	Znajduje się w lewym górnym rogu trapezu gwiazdozbioru Oriona.
Aldebaran ( $\alpha$ Byka)	1,1	czerwo- ny	Koło gwiazdy dużo drobnych gwiazd, w pobliżu znajduje się grupka Plejad.
Spica-Kłos ( $\alpha$ Panny)	1,2	biały	Znajduje się w dolnym wierzchołku równobocznego trójkąta utworzonego z Arkturem i gwiazdą $\beta$ Lwa.

1	2	3	4
Deneb ( $\alpha$ Łabędzia)	1,3	biały	Gwiazdozbiór Łabędzia tworzy charakterystyczną figurę krzyża, gwiazda Deneb prawie równoramienny trójkąt z Wega i Atairem.
Regulus ( $\alpha$ Lwa)	1,3	biały	Znazuje się w prawym dolnym kącie trapezu utworzonego przez cztery gwiazdy Lwa.
Alioth ( $\epsilon$ Niedźwiedzicy)	1,7	biały	Najbardziej wyrazista z gwiazd Wielkiej Niedźwiedzicy, trzecia od końca ogona.
Sirah ( $\alpha$ Andromedy)	2,1	biały	Znajduje się w lewym górnym kącie kwadratu, utworzonego przez nią i trzy gwiazdy gwiazdozbioru Pegaza.
Gwiazda Polarna ( $\alpha$ Małej Niedźwiedzicy)	2,1	biały	Znajduje się na przedłużeniu prostej przeprowadzonej przez dwie tylne gwiazdy Wielkiej Niedźwiedzicy.

## OKREŚLANIE KIERUNKÓW STRON ŚWIATA WEDŁUG CIAŁ NIEBIESKICH

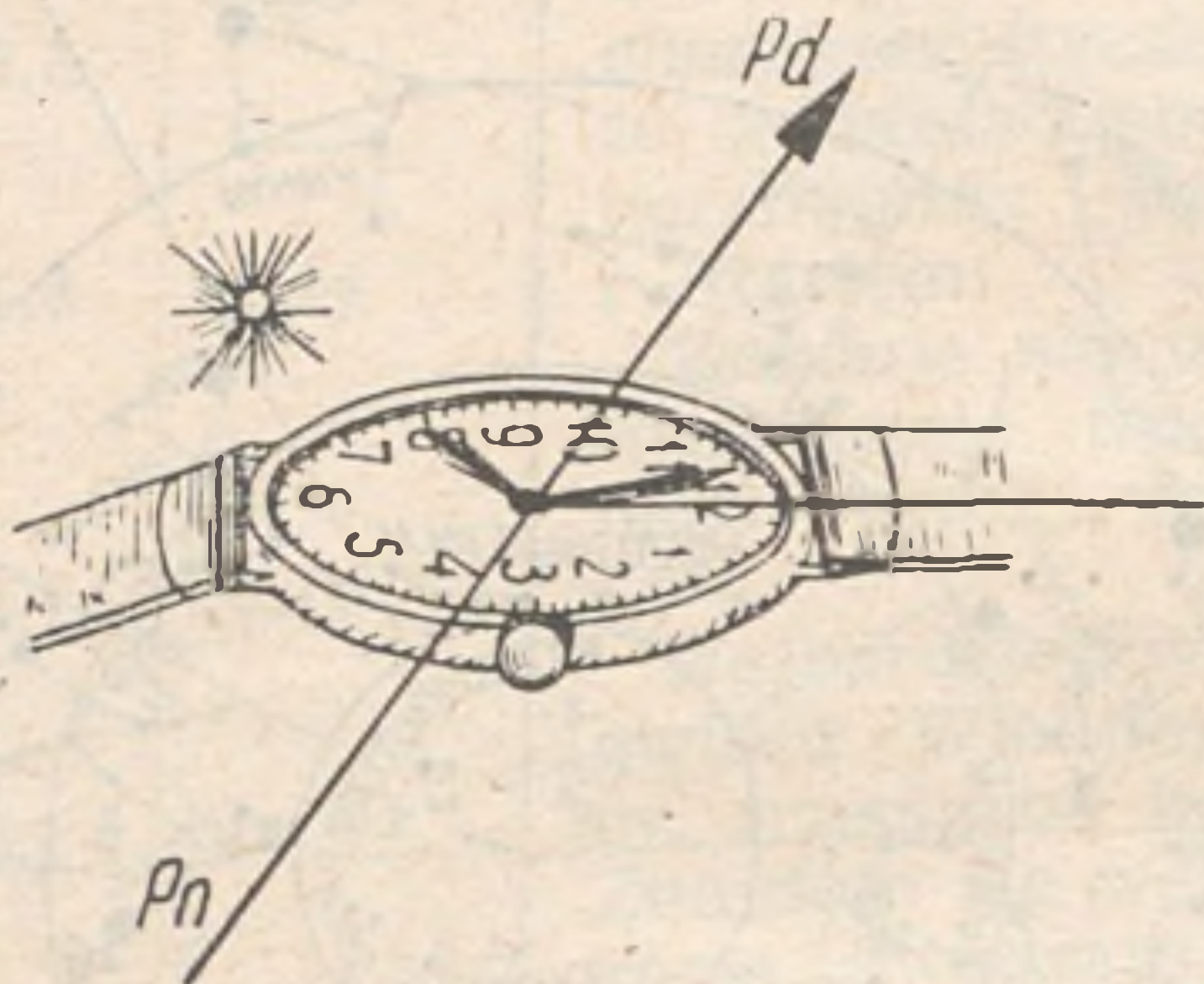
### 1. Według Słońca

Dla Polski można przyjąć, że Słońce w różnych miesiącach roku znajduje się:

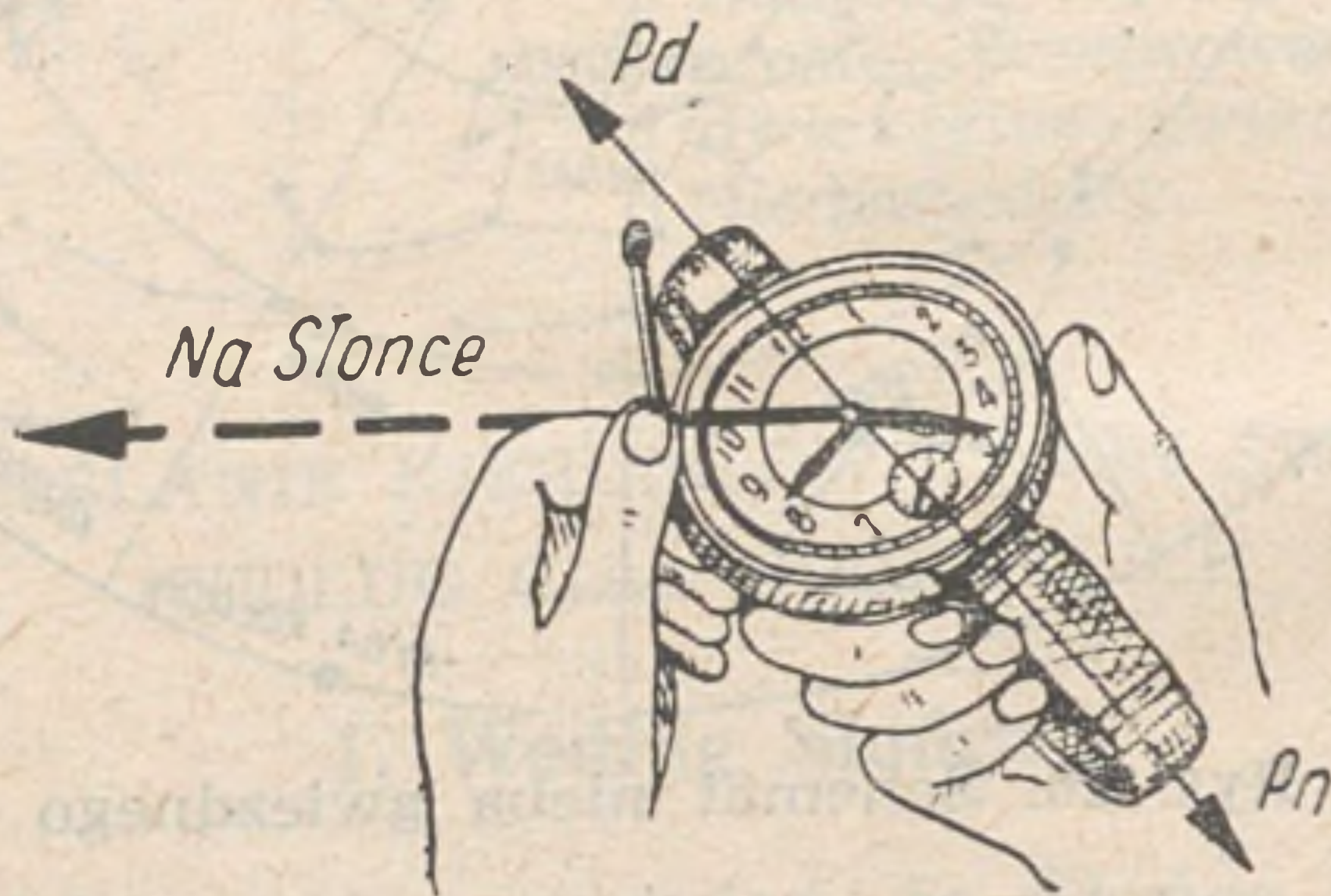
Miesiąc	Marzec, kwiecień, wrzesień, październik	Maj, czerwiec lipiec, sierpień	Listopad, grudzień, styczeń, luty
Strony świata			
Na wschodzie	około godz. 6	około godz. 7	nie widać
Na południu	o godz. 12	o godz. 12	o godz. 12
Na zachodzie	około godz. 18	około godz. 17	nie widać



Na małych szerokościach geograficznych (na przykład w Azji Środkowej) w celu podniesienia dokładności można zastosować nieco inny sposób (rys. 28):



Rys. 27. Określenie stron świata według Słońca i zegarka



Rys. 28. Określenie stron świata przy pomocy zegarka i Słońca na małych szerokościach geograficznych

- znaleźć na tarczy zegarka środek łuku pomiędzy małą wskazówką zegarka a cyfrą 12 i przyłożyć w tym miejscu zapalniczkę, jak ilustruje rysunek, to znaczy prostopadle do tarczy zegarka;
- zegarkowi nadać położenie nachylone pod kątem  $40-50^\circ$  do horyzontu (dla szerokości  $40-50^\circ$ );

- nie zmieniając położenia zegarka, obrócić się z nim do Słońca w ten sposób, żeby cień zapalki przechodził przez środek tarczy zegarka, w tym momencie cyfra 12 wskaże kierunek południowy.

### 3. Według Gwiazdy Polarnej

W nocy północ można określić według Gwiazdy Polarnej, która zawsze wskazuje kierunek na północ. Ażeby znaleźć na niebie tę gwiazdę, należy (rys. 29):

- odnaleźć gwiazdozbiór Wielkiej Niedźwiedzicy (Wielki Wóz), składający się z siedmiu wyraźnych szeroko rozstawionych gwiazd;
- w myśli przeprowadzić prostą przechodzącą przez dwie ostatnie gwiazdy Wielkiej Niedźwiedzicy ( $\alpha$  i  $\beta$ ) i w oddaleniu równym w przybliżeniu pięciokrotnej odległości pomiędzy nimi znaleźć Gwiazdę Polarą. Dokładność określenia kierunku północy geograficznej tym sposobem wynosi  $1-2^\circ$ .



Rys. 29. Sposób odnalezienia Gwiazdy Polarnej

### 4. Według Księżyca

W przybliżeniu można przyjąć, że Księżyc znajduje się:

Fazy Księżyca	O godz. 18	O godz. 24	O godz. 6
Pierwsza kwadra (widoczna tylko prawa połowa tarczy Księżyca)	na południu	na zachodzie	—

Fazy Księżyca	O godz. 18	O godz. 24	O godz. 6
Pełnia (widoczna cała tarcza Księżyca)	na wschodzie	na południu	na zachodzie
Ostatnia kwadra (widoczna lewa połowa tarczy Księżyca)	—	na wschodzie	na południu

### 5. Według zegarka i Księżyca

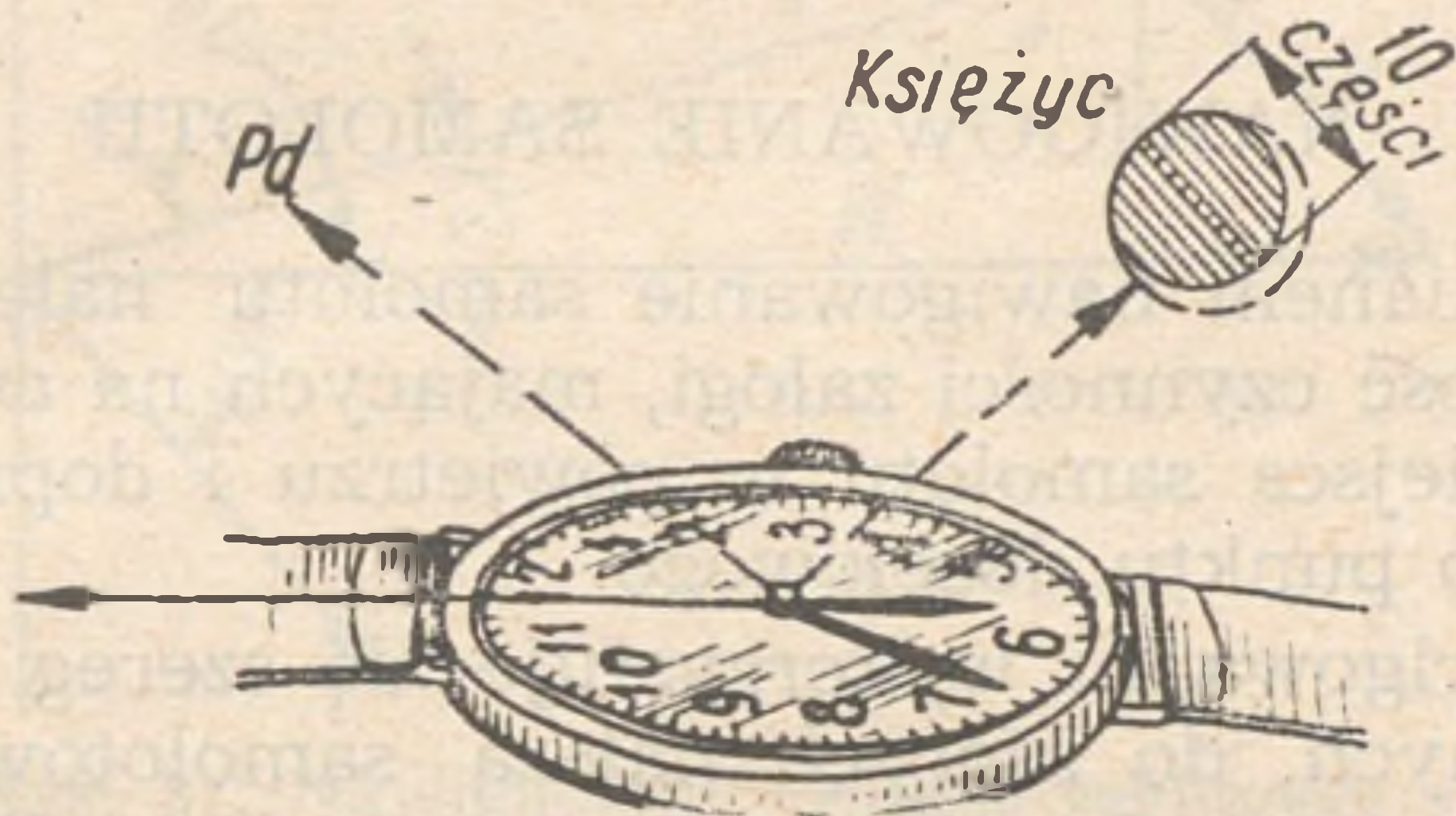
Przy określaniu stron świata tym sposobem należy:

- podzielić na oko wielkość promienia tarczy Księżyca na sześć równych odcinków i określić ile takich wielkości zawiera szerokość poprzeczna widzianego sierpa Księżyca;
- jeżeli Księżyca przybywa (widoczna prawa część tarczy), to otrzymaną wielkość należy odjąć od godziny obserwacji; jeśli Księżyca ubywa (widoczna lewa część tarczy), to wskazaną liczbę dodaje się do godziny obserwacji; otrzymana różnica lub suma da nam godzinę, o której w tym kierunku, gdzie w danym momencie znajduje się Księżyc, będzie znajdowało się Słońce;
- po określeniu tej godziny, przyjmując Księżyc za Słońce, znaleźć kierunek południowy w taki sposób, jak przy pomocy Słońca i zegarka z tym, że należy skierować na Księżyc nie małą wskazówkę, lecz cyfrę, która odpowiada obliczonej godzinie.

**Przykład:** czas obserwacji 5 godz. 30 min., widoczna część Księżyca (rys. 30). W poprzecznej osi Księżyca na oko mieści się  $10/6$  promienia Księżyca. Księżyca ubywa (widoczna lewa część). Zatem Słońce na miejscu Księżyca będzie o godz. 15 min. 30.

(5 godz. 30 min.  $\pm$  10 godz.), to znaczy wtedy, kiedy mała wskazówka zegarka wskaże godz. 3 min. 30.

Po ustawieniu tej godziny na tarczy w kierunku na Księżyc prosta dzieląca kąt pomiędzy nią i cyfrą 12 wskaże kierunek południowy.



Rys. 30. Określenie stron świata według Księżyca i zegarka

Jeżeli obserwację przeprowadza się w okresie pełni, to jasne jest, że do godziny obserwacji należy dodać 12 godzin (co odpowiada dwunastu częściom promienia tarczy). W tym wypadku na Księżyc należy skierować bezpośrednio małą wskazówkę.

## ROZDZIAŁ IV

### NAWIGOWANIE SAMOLOTU

Pod mianem nawigowanie samolotu należy rozumieć całość czynności załogi, mających na celu określenie miejsca samolotu w powietrzu i doprowadzenie go do punktu docelowego.

W nawigowaniu wykorzystuje się szereg środków technicznych, do których należą samolotowe nawigacyjne przyrządy i urządzenia oraz środki ziemnego zabezpieczenia lotów.

W dowolnej sytuacji lotu załoga obowiązana jest podczas nawigowania wykorzystywać wszystkie samolotowe i naziemne środki techniczne w komplecie.

#### NAWIGACYJNY TRÓJKĄT SZYBKOŚCI

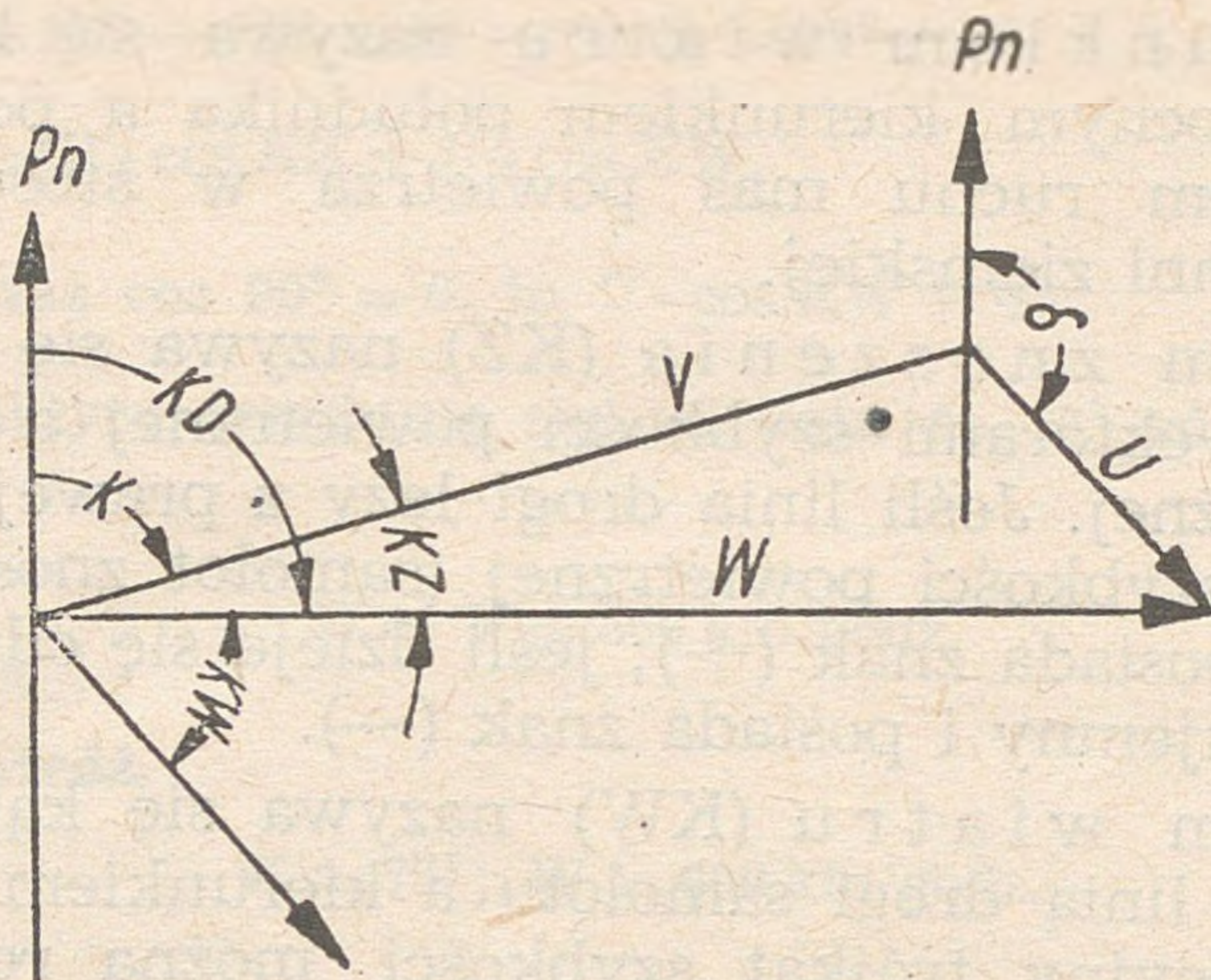
Nawigacyjny trójkąt szybkości składa się z trzech wektorów (rys. 31): szybkości powietrznej, szybkości podróżnej i szybkości wiatru.

Kierunek wektora szybkości powietrznej określa kurs, a jego długość — szybkość powietrzna.

Kierunek wektora szybkości podróżnej określa kąt drogi, a jego długość — szybkość podróżną.

Kierunek wektora wiatru określa kierunek wiatru, a jego długość — szybkość wiatru.

Szybkością powietrzną ( $V$ ) nazywa się szybkość ruchu samolotu w stosunku do masy powietrznej.



Rys. 31. Nawigacyjny trójkąt szybkości

Kursem samolotu ( $K$ ) nazywa się kąt zawarty pomiędzy podłużną osią samolotu a północnym kierunkiem południka. W zależności od rodzaju południka (geograficznego, magnetycznego, busolowego), od którego  $K$  jest mierzony, nosi on nazwę kursu geograficznego ( $KG$ ), magnetycznego ( $KM$ ), busoli ( $KB$ ).

Szybkością podróżną ( $W$ ) nazywa się szybkość ruchu samolotu w stosunku do powierzchni ziemi.

Kąt drogi ( $KD$ ) jest to kąt zawarty pomiędzy północnym kierunkiem południka a linią drogi samolotu. Analogicznie do kursu kąt drogi może być geograficzny ( $KDG$ ), magnetyczny ( $KDM$ ), busolowy ( $KDB$ ); oprócz tego rozróżnia się nakazany kąt drogi ( $NKD-G-M-B$ ) i rzeczywisty kąt drogi ( $RKD-G-M-B$ ).

Szybkość wiatru ( $U$ ) jest to pozioma szybkość poruszania się masy powietrza w stosunku do powierzchni ziemi.

Kierunkiem wiatru nazywa się kąt między północnym kierunkiem południka a poziomym kierunkiem ruchu mas powietrza w stosunku do powierzchni ziemskiej.

Kątem znoszenia (KZ) nazywa się kąt pomiędzy wektorami\* szybkości powietrznej a szybkości podróźnej. Jeśli linia drogi leży z prawej strony wektora szybkości powietrznej (samolot znosi w prawo) KZ posiada znak (+); jeśli dzieje się odwrotnie, KZ jest ujemny i posiada znak (—).

Kątem wiatru (KW) nazywa się kąt leżący pomiędzy linią drogi samolotu a kierunkiem wiatru.

Nawigacyjny trójkąt szybkości można rozwiązywać dwoma sposobami: analitycznym i graficznym na wiatromierzu.

Analitycznym sposobem nawigacyjny trójkąt szybkości rozwiązuje się według następujących wzorów

$$KW = \delta - KD$$

$$\sin KZ = \frac{U}{V} \sin KW$$

$$K = KD - KZ$$

$$W = V \cos KZ + U \cos KW.$$

#### Przykład.

Obliczyć kurs i szybkość podróźną, jeżeli:  $V = 360$  km/godz.;  $KD = 80^\circ$ ;  $\delta = 170^\circ$ ;  $U = 30$  km/godz.

#### Rozwiązanie.

$$1. KW = \delta - KD = 170^\circ - 80^\circ = 90^\circ;$$

$$2. \sin KZ = \frac{U}{V} \sin KW = \frac{30}{360} \cdot 1 = \frac{1}{12} = 0,0833;$$

$$KZ = + 5^\circ;$$

$$3. K = KD - KZ = 80 - (+ 5) = 75^\circ;$$

$$4. W = V \cdot \cos KZ + U \cdot \cos KW.$$

Ponieważ  $\cos 90^\circ = 0$ , to  $U \cdot \cos KW = 0$ ;

W praktyce przyjmuje się  $\cos$  kąta do  $10^\circ$  równy 1, stąd:

$$W = V = 360 \text{ km/godz.}$$

**Odpowiedź.**

$$K = 75^\circ; W = 360 \text{ km/godz.}$$

## Przykłady rozwiązywania zadań na wiatromierzu

### Przykład 1.

Obliczyć  $KM$ ,  $KZ$ ,  $W$ , jeżeli  $NKDM = 45^\circ$ ,  $\delta = 320^\circ$ ,  $U = 60 \text{ km/godz.}$ ,  $V = 360 \text{ km/godz.}$

### Rozwiązanie.

- wykreślić na wiatromierzu wektor wiatru;
- ustawić środek kręgu wiatromierza naprzeciw wielkości rzeczywistej szybkości powietrznej samolotu, w naszym przypadku naprzeciw 360 km/godz.;
- wykreślić przez cały krąg wiatromierza linię nakazanego kąta magnetycznego drogi;
- przesunąć krawędź linijki w punkt wiatru, dowrotem kręgu osiągnąć równoległość linijki z linią nakazanego kąta drogi;
- naprzeciwko kreski kursowej odczytać poszukiwany kurs magnetyczny, na skali kątów znoszenia na pracującej krawędzi linijki — kąt znoszenia, a naprzeciwko punktu wiatru na linijce — szybkość podróżną.

**Odpowiedź.**

$$KM = 55^\circ, KZ = -10^\circ, W = 358 \text{ km/godz.}$$

**Przykład 2.**

Określić  $\delta$  i  $U$ , jeżeli  $V = 360 \text{ km/godz.}$ ,  $KM = 75^\circ$ ,  $KZ = -6^\circ$ ,  $W = 390 \text{ km/godz.}$

**Rozwiązanie.**

- środek kręgu wiatromierza ustawić na  $V = 360 \text{ km/godz.}$ ;
- krąg obrócić na  $KM = 75^\circ$  (naprzeciwko kreski kursowej);
- linijkę ustawić prawą krawędzią naprzeciwko  $KZ = -6^\circ$ ;
- na kręgu zaznaczyć punkt naprzeciwko  $W = 390 \text{ km/godz.}$  odczytanej na linijce. Wykreślony punkt wskazuje koniec wektora wiatru.

**Odpowiedź.**

$$\delta = 22^\circ, U = 48 \text{ km/godz.}$$

**Przykład 3.**

Określić szybkość i kierunek wiatru, jeżeli  $V = 400 \text{ km/godz.}$ , przy  $KM = 260^\circ$ ;  $KZ = +6^\circ$ , a przy  $KM = 340^\circ$ ;  $KZ = +4^\circ$ .

**Rozwiązanie.**

- środek kręgu ustawić na  $V = 400 \text{ km/godz.}$ ,
- skrócić krąg na  $KM = 260^\circ$ , linijkę ustawić na  $KZ = +6^\circ$  i wykreślić wzdłuż pracującej krawędzi linijki, przez cały krąg linię;
- obrócić krąg na  $KM = 340^\circ$ ; linijkę ustawić na  $KZ = +4^\circ$  i wykreślić linię, jak poprzednio. Przecięcie się dwóch wykreślonych linii określa punkt wiatru.

**Odpowiedź.**

$$\delta = 22^\circ, U = 48 \text{ km/godz.}$$

## BŁĘDY BUSOLI

Dewiacja ( $\Delta B$ ) jest to kąt zawarty pomiędzy magnetycznym a busolowym południkiem. Dewiacja powstaje wskutek oddziaływania na nią samolotowego magnetycznego i elektromagnetycznego pola, przechyłów i przyspieszeń samolotu. Wielkość dewiacji określa się jako różnicę magnetycznego kursu samolotu i odczytu busoli (kursu busoli)

$$\Delta B = KM - KB.$$

Błąd północny busoli. Istota błędu północnego polega na tym, że przy skrętach samolotu pływak busoli podlega prawie takiemu samemu przechyłowi jak i samolot. Wskutek tego podlega wpływowi nie tylko poziomej, ale i pionowej składowej siły magnetyzmu ziemskiego.

W rezultacie pływak podczas skrętu wykonuje ruchy zależne od kąta inklinacji magnetycznej i kąta przechyłu samolotu. Ruch pływaka przy tym jest do tego stopnia energiczny, że korzystanie z busoli jest prawie niemożliwe. Najwyraźniej błąd ten występuje na kursach północnych i dlatego nazywa się północnym.

Dewiacja przechyłowa powstaje głównie przy podłużnych przechyłach samolotu, wskutek których wynika dodatkowa siła, oddziaływająca na pływak busoli. Błąd ten nie posiada dużego wpływu na nawigowanie współczesnych samolotów i dlatego w praktyce nie uwzględnia się go.

Dewiacja od przyspieszeń samolotu powstaje w wyniku oddziaływania na pływak busoli różnych przyspieszeń. Ten rodzaj dewiacji może być zmniejszony przez prawidłowe zamontowanie busoli na samolocie i dobrą jej amortyzację, a także dzięki utrzymywaniu przez pilota stałego reżimu lotu.

ZASADY KOMPENSACJI I OKREŚLANIA DEWIACJI  
ORAZ DOPUSZCZALNE BŁĘDY BUSOL  
MAGNETYCZNYCH

Dewiacyjne prace na samolocie wykonuje się w celu określenia i skompensowania błędu pozycyjnego i półokrężnej dewiacji oraz określenia dewiacji pozostałej. Błąd pozycyjny i półokrężną dewiację usuwa się na ziemi przy nie pracujących silnikach samolotu i z włączonymi elektro- i radio-urządzeniami, które są zasilane stałym prądem i pracują przez większą część lotu.

Pozostałą dewiację na jedno i dwusilnikowych samolotach z zasady określa się również na ziemi. Na czterosilnikowych samolotach ostateczną dewiację określa się zwykle w powietrzu.

Samoloty nie posiadające busol odległościowych podczas prac dewiacyjnych ustawia się w linii lotu.

W celu skompensowania błędu pozycyjnego należy określić dewiację na czterech głównych kursach magnetycznych ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ) i obliczyć błąd pozycyjny według wzoru

$$\Delta B = \frac{\Delta B_{0^\circ} + \Delta B_{90^\circ} + \Delta B_{180^\circ} + \Delta B_{270^\circ}}{4}$$

Jeżeli błąd pozycyjny przekracza  $2^\circ$ , należy go usunąć.

W tym celu:

- w busoli A-4 obrócić korpus;
- w busoli PDK-45 obrócić korpus razem z kardanicowym podwieszeniem w stosunku do podstawy;
- w busoli KI-11 skrócić korpus po ustawieniu diamagnetycznych podkładek pod mocującą obręcz; jeżeli błąd jest dodatni, korpus obraca się w prawo, jeżeli ujemny w lewo — na wielkość błędu.

Półokrężną dewiację kompensuje się stałymi magnesikami kompensatora na czterech głównych kursach magnetycznych ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ).

W celu skompensowania dewiacji tym sposobem należy:

- ustawić samolot na kurs magnetyczny  $0^\circ$  i pokręcaniem magnesika Pn.-Pd. sprowadzić dewiację do 0;
- ustawić samolot na kurs  $180^\circ$  i pokręcaniem tegoż magnesika sprowadzić dewiację do połowy jej wielkości;
- ustawić samolot na kurs magnetyczny  $90^\circ$  i pokręcaniem magnesika W—Z sprowadzić dewiację do 0;
- ustawić samolot na kurs magnetyczny  $270^\circ$  i pokręcaniem tegoż magnesika sprowadzić dewiację do połowy wartości.

Jeżeli początkowa dewiacja na kursach  $0^\circ$  i  $90^\circ$  nie przekracza  $10^\circ$ , to można postępować w ten sposób:

- na kursach magnetycznych  $0^\circ$  i  $90^\circ$  określić wartość dewiacji i zapisać ją;
- na kursie magnetycznym  $180^\circ$  sprowadzić dewiację do wielkości

$$\frac{\Delta B_0 + \Delta B_{180}}{2};$$

- na kursie magnetycznym  $270^\circ$  sprowadzić dewiację do wartości

$$\frac{\Delta B_{90} + \Delta B_{270}}{2}.$$

W busolach odległościowych typu PDK-45 półokrężną dewiację usuwa się drugim sposobem. Przy

tym należy przestrzegać, żeby w przeciwległe otwory była wkładana jednakowa ilość magnesików równej siły (jednego koloru).

Dewiację pozostałą określa się po skompensowaniu półokrężnej i usunięciu błędu pozycyjnego na pięciu kursach magnetycznych ( $0^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $145^\circ$ ,  $215^\circ$ ,  $290^\circ$ ) lub na ośmiu kursach magnetycznych ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  i tak dalej).

Podczas kompensacji i określania dewiacji na ziemi samolot ustawia się na kursy magnetyczne według:

- kursowego kąta oddalonego punktu orientacyjnego, którego peleng magnetyczny jest znany;
- pelengu magnetycznego w ogon, zmierzonego przy pomocy dewiacyjnego pelengatora (kiedy nie ma możliwości ustawienia pelengatora na samolocie).

Pozostałą dewiację podczas lotu określa się:

- przy pomocy astrobusoli;
- pelengowaniem linii orientacyjnej, której peleng jest znany;
- pelengowaniem cienia samolotu.

Określanie dewiacji w locie powinno się odbywać przy spokojnej pogodzie. Obliczenie pozostałej dewiacji według współczynników obowiązuje we wszystkich rodzajach lotnictwa. Jeżeli obliczona pozostała dewiacja różni się od zaobserwowanej w punktach obserwacji więcej niż o  $2^\circ$ , to obserwację i obliczenie ostatecznej dewiacji należy powtórzyć. Obliczoną dewiację wykreśla się na wykresie dewiacji, który sporządza się według kursu busoli. Dla obliczenia ostatecznej dewiacji należy na podstawie wyników obserwacji dewiacji na pięciu lub ośmiu kursach obliczyć przybliżone współczynniki dewiacji *A*, *B*, *C*, *D*, *E*. Ostateczną dewiację wylicza się na dwudziestu czterech kursach.

## KOMPENSACJA DEWIACJI ODLEGŁOŚCIOWEJ BUSOLI INDUKCYJNEJ (żyromagnetycznej)

Na odległościowo-indukcyjnych busolach dewiację kompensuje się mechanicznie z jednoczesnym usuwaniem błędów odległościowego przekaźnika.

Kompensację przeprowadza się na 24 kursach magnetycznych (co  $15^\circ$ ), na ziemi lub w powietrzu przez zmianę profilu taśmy kulaczkowego kompensatora. Profil taśmy zmienia się przez pokręcanie śrub kompensacyjnych na odwrotnej stronie głównego wskaźnika.

Należy wiedzieć, że podczas kompensowania dewiacji na dowolnym kursie nie narusza się regulacji na tych kursach, na których dewiacja została już skompensowana.

Podczas wykonywania prac związanych z kompensacją dewiacji trzeba uważać, żeby żyroskop dajnika był zawsze zwolniony i główna jego oś obrotu znajdowała się w pionowym położeniu.

### PRZEGLĄD I SPRAWDZANIE BUSOLI PRZED LOTEM

Podczas przeglądu należy sprawdzić:

- czy busola nie posiada zewnętrznych uszkodzeń;
- czy płyn busoli nie jest zanieczyszczony i czy nie posiada pęcherzyków;
- sprawność oświetlenia;
- działanie dewiacyjnego urządzenia i stopień zmniejszenia dewiacji;
- ostatni termin sprawdzenia busoli i obecność aktualnego wykresu dewiacji;
- prawidłowość zamocowania busoli na samolocie.

### PRZELICZANIE KURSÓW

Przy przeliczeniach kursów stosuje się następujące wzory:

## 1. W celu zamiany KB na KM

$$KM = KB + (\pm \Delta_B).$$

**Przykład.**  $KB = 240^\circ$ ;  $\Delta_B = -4^\circ$ .

**Rozwiązanie.**  $KM = 240^\circ + (-4) = 236^\circ$ .

## 2. W celu zamiany KM na KB

$$KB = KM - (\pm \Delta_B).$$

**Przykład.**  $KM = 84^\circ$ ;  $\Delta_B = +5^\circ$ .

**Rozwiązanie.**  $KB = 84 - (+5) = 79^\circ$ .

## 3. W celu zamiany KM na KG

$$KG = KM + (\pm \Delta_M).$$

**Przykład.**  $KM = 315^\circ$ ;  $\Delta_M = +9^\circ$ .

**Rozwiązanie.**  $KG = 315 + (+9) = 324^\circ$ .

## 4. W celu zamiany KG na KM

$$KM = KG - (\pm \Delta_M).$$

**Przykład.**  $KG = 29^\circ$ ;  $\Delta_M = -6^\circ$ .

**Rozwiązanie.**  $29 - (-6) = 35^\circ$ .

PRAKTYCZNE RADY DLA ZAŁOGI, DOTYCZĄCE  
POSŁUGIWANIA SIĘ BUSOŁĄ MAGNETYCZNĄ  
W SKRĘTACH

W celu ustawienia samolotu po skręcie na pożą-dany kurs należy:

- na kursach północnych od  $300^\circ$  do  $60^\circ$  wyprowa-dzać ze skrętu wcześniej o  $30^\circ$  przed dojściem wskaźnika (skali) do właściwego odczytu;
- na kursach południowych (od  $120^\circ$  do  $240^\circ$ ) wy-prowadzać później o  $30^\circ$  po przejściu właściwego

- odczytu, na przykład nakazany kurs  $150^\circ$ : przy lewym skręcie wyprowadzić przy odczycie  $120^\circ$ , przy prawym —  $180^\circ$ ;
- na kursach zbliżonych do  $90^\circ$  lub  $270^\circ$  skręt należy przerwać w momencie, kiedy odczyt busoli będzie równy nakazanemu kursowi, ponieważ błąd na tych kursach równa się zero.

#### OKREŚLANIE KĄTA ZNOSZENIA PODCZAS LOTU

Kąt znoszenia (KZ) w zależności od sytuacji nawigacyjnej i urządzenia nawigacyjnego określa się przez:

- pomiar przy pomocy celownika (przeziernika);
- pomiar przy pomocy środków radiotechnicznych;
- porównanie średniego kursu, utrzymywanego podczas lotu z kątem drogi wykreślonym na mapie;
- na oko.

Do sposobów mierzenia kątów znoszenia przy pomocy celownika (przeziernika) zaliczamy pomiary:

- według biegu Ziemi;
- obserwacją tylną;
- obserwacją przednią, pod kątem  $45^\circ$ ;
- obserwacją (pelengowaniem) punktu bocznego.

#### **Pomiar kąta znoszenia „według biegu Ziemi“ (biegu punktów obserwacji)**

Przy pomiarze kąta znoszenia celownik ustawia się na kąt kursowy  $180^\circ$ , pionowy kąt celownika na  $0^\circ$  (pętka w polu obserwacji — na podziałkę  $0^\circ$ ), pęcherzyk poziomnicy sprowadza się na środek skrzyżowania siatki celownika.

Przy pomocy okularu reguluje się ostrość obrazu.

Po wykonaniu wymienionych czynności nawigator podaje pilotowi komendę „Pomiar“, po której pilot

powinien z największą dokładnością utrzymać nakazane warunki lotu (kurs, szybkość, wysokość).

Kiedy pilot utrwali nakazane warunki lotu i busola uspokoi się, nawigator przystępuje do pomiaru. Obserwując teren przez celownik, dowrotami rury optycznej ustawia ją w takim położeniu, żeby przedmioty terenowe przesuwały się równoległe do kreski kursowej celownika, po czym zapisuje kurs busoli i odczyt ze skali znoszenia.

Takich pomiarów należy wykonać co najmniej trzy. Im większa będzie rozbieżność pomiarów, tym więcej należy ich wykonać. Możliwy błąd namiaru wykonanego wielokrotnie tym sposobem nie przekracza  $1-2^{\circ}$ .

Sposób ten stosuje się w locie koszącym i na małych wysokościach do 800 m.

### **Pomiar kąta znoszenia obserwacją tylną**

Przy pomiarach (KZ) tylną obserwacją należy ustawić celownik w ten sposób, żeby ruchomy pryzmat był zwrócony w kierunku ogona samolotu, po czym obracając pokrętkę kątów obserwacji ustawić „pętelkę“ na zero. Celownik utrzymywać w położeniu pionowym (pęcherzyk poziomnicy w skrzyżowaniu siatki). Pilot podczas pomiaru powinien utrzymać dokładnie nakazane warunki lotu.

Nawigator, utrzymując celownik dokładnie w pionowym położeniu, obserwuje teren. Kiedy w środku pęcherzyka pojawi się widoczny przedmiot terenowy, nawigator utrzymuje go w polu widzenia pokrętką kątów obserwacji i w momencie, kiedy oddali się on od pionu, szybkim obrotem celownika w pięćce chwytą go na kreskę kursową. W tym momencie nawigator odczytuje kurs na busoli i kąt znoszenia na pięćce celownika.

Praktycznie na wysokościach średnich lotu dostateczną dokładność pomiaru otrzymuje się przy pionowych kątach obserwacji  $40\text{--}50^\circ$ ; na wysokościach dużych — przy kątach  $25^\circ$  do  $35^\circ$ .

W celu otrzymania bardziej dokładnych wyników pomiar jednego punktu wykonać można dwa razy: pierwszy raz pod kątem  $20\text{--}30^\circ$  na średnich wysokościach i  $15\text{--}20^\circ$  na dużych wysokościach, drugi — pod kątem  $40\text{--}50^\circ$  na średnich i pod kątem  $25\text{--}35^\circ$  na dużych wysokościach.

Pomiar kąta znoszenia powtarza się kilkakrotnie, po czym na podstawie wszystkich pomiarów oblicza się średnią jego wartość i średni kurs pomiaru.

W przypadkach kiedy możliwe jest tylko jednokrotne wykonanie pomiaru, kąt znoszenia określa się sposobem „poprawionym“, który polega na tym, że w momencie wyboru punktu obserwacji pod samolotem przystępuje się do określenia średniego kursu samolotu.

W momencie maksymalnego oddalenia punktu obserwacji odczytuje się kurs i kąt znoszenia. Do zmierzonego kąta znoszenia dodaje się algebraicznie (jako poprawkę) różnicę pomiędzy ostatnim odczytem kursu i kursem średnim.

#### Przykład.

Kurs magnetyczny w momencie odczytu kąta znoszenia wynosi  $95^\circ$ . Średni kurs magnetyczny w czasie pomiaru równał się  $97^\circ$ . Zmierzony kąt znoszenia  $+ 8^\circ$ .

Znaleźć prawidłową wartość kąta znoszenia.

#### Rozwiązanie.

$$95^\circ - 97^\circ = -2^\circ.$$

$$KZ_1 = +8^\circ + (-2^\circ) = +6^\circ.$$

### Pomiar kąta znoszenia obserwacją przednią

Pomiar kąta znoszenia obserwacją przednią polega na tym, że pod pewnym kątem pionowym, przy kursowym kącie  $0^\circ$  (ruchomy pryzmat skierowany do przodu), wybiera się przed samolotem na linii kursu punkt obserwacji i w momencie jego przyścia na trawers samolotu określa się boczne odchylenie.

Kąt znoszenia oblicza się z wzoru

$$KZ = \frac{BO}{\text{tg KP}},$$

w którym BO — boczne odchylenie punktu obserwacji na trawersie samolotu;

KP — kąt pionowy obserwacji.

Boczne odchylenie wybranego punktu obserwacji określa się przy pomocy podziałki stopniowej poprzecznej kreski celownika.

Przy kącie pionowym  $45^\circ$  kąt znoszenia równa się boczному odchyleniu, przy kącie pionowym  $26,5^\circ$  —  $KZ = 2 BO$ , przy  $63,5^\circ$  —  $KZ = 0,5 BO$ . Znak kąta znoszenia określa się na podstawie tego, w którą stronę przesunął się punkt obserwacji.

Rozpatrzmy kolejność czynności załogi przy pomiarze kąta znoszenia tym sposobem.

Po komendzie nawigatora „Pomiar“ pilot utrzymuje z największą dokładnością warunki lotu. Nawigator po ustawieniu celownika na kąt kursowy  $0^\circ$  i kąt pionowy  $45^\circ$  ( $26,5^\circ$  lub  $63,5^\circ$ ) wybiera punkt obserwacji. Wybrany punkt powinien przejść przez środek pęcherzyka poziomicy.

Po przejściu punktu przez środek siatki celownika nawigator pokrętem kątów obserwacji utrzymuje go w przedniej części pola obserwacji celownika,

a po zajęciu przez wskaźnik kątów obserwacji (pętelkę) zerowego położenia, przestaje obracać pokrętkiem kątów obserwacji i w momencie przecięcia poprzecznej kreski celownika przez punkt obserwacji odczytuje boczne odchylenie i kurs samolotu.

Dla dokładności należy pomiar powtórzyć kilkakrotnie i otrzymane wyniki wypośredkować, a następnie na podstawie średniego kursu i bocznego odchylenia obliczyć kąt znoszenia.

Podany sposób stosuje się w nocy i na dużych wysokościach przy spokojnej pogodzie, a także przy wykorzystaniu przezierników, których konstrukcja nie pozwala określać kątów znoszenia obserwacją tylną.

### Określenie kąta znoszenia dwukrotnym pelengowaniem punktu obserwacji

Określenie kąta znoszenia dwukrotnym pelengowaniem punktu obserwacji wykonuje się w następujący sposób: pod pewnym kątem pionowym, na kącie kursowym  $45^\circ$  lub  $315^\circ$  wybiera się punkt obserwacji. Kiedy punkt obserwacji powtórnie znajdzie się pod tym samym kątem pionowym, określa się powtórnie jego kąt kursowy i oblicza KZ z następującego wzoru

$$KZ = \frac{KK_2 - 135}{2},$$

jeśli obserwacji dokonano z prawej burty, i

$$KZ = \frac{KK_2 - 225}{2},$$

jeśli obserwacji dokonano z lewej burty.

$KK_2$  we wzorze oznacza kąt kursowy powtórnej obserwacji.

Z zasady sposób ten stosuje się podczas lotów w nocy i nad morzem i to w tych przypadkach, kiedy nie można zmierzyć KZ obserwacją tylną lub według biegu Ziemi. Podczas pomiaru celownik ustawia się na kąt kursowy  $45^\circ$  w przypadku, jeśli punkt obserwacji znajduje się za prawą burtą samolotu i na kąt kursowy  $315^\circ$ , jeśli za lewą burtą.

Pomiar należy rozpoczynać po ustaleniu warunków lotu przez pilota i ustabilizowaniu się pływaka busoli. Niedużymi obrotami pokręćła kątów obserwacji, nie zmieniając kąta kursowego ( $45^\circ$  lub  $315^\circ$ ), uchwycić charakterystyczny punkt obserwacji w środek pęcherzyka poziomnicy, po czym zaprzestać obrotów pokręćłem.

Obracaniem celownika w pięćce utrzymywać punkt obserwacji na kresce kursowej. Początkowo obrany punkt odejdzie od pęcherzyka poziomnicy, a po przebyciu trawersu punktu przez samolot zacznie zbliżać się z powrotem do niego.

Obracaniem celownika w pięćce należy sprowadzić punkt obserwacji ponownie w środek pęcherzyka.

W momencie przejścia punktu przez środek pęcherzyka odczytać kurs na busoli i kąt kursowy na pięćce, po czym obliczyć KZ według podanych poprzednio wzorów.

Dokładność określenia kąta znoszenia tym sposobem wynosi  $2-3^\circ$ .

#### OKREŚLANIE RZECZYWISTEJ SZYBKOŚCI POWIETRZNEJ

Powietrzną szybkość rzeczywistą ( $V_r$ ) określa się na podstawie odczytu szybkościomierza, czyli szybkości przyrządowej ( $V_p$ ).

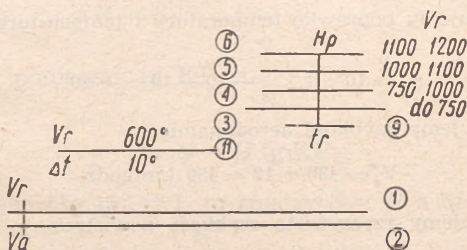
Ażeby z szybkości przyrządowej  $V_p$  otrzymać szybkość rzeczywistą  $V_r$ , należy:

- dodać do niej poprawkę przyrządową ( $\Delta V_p$ ), poprawkę aerodynamiczną ( $\Delta V_a$ );
- otrzymaną szybkość poprawić o błąd metodyczny (zmianę gęstości powietrza, ściśliwości powietrza, temperatury zahamowanego strumienia powietrza).

Kolejność przeliczania powietrznej szybkości na suwaku SN-2 jest następująca (rys. 32):

- według przybliżonej szybkości na skali 11 określić poprawkę odczytu termometra ( $\Delta t$ ) w zahamowanej strudze powietrza i odjąć ją od odczytu termometru  $t_p$ .

$$t_{rz} = t_p - \Delta t;$$



Rys. 32. Przeliczenie powietrznej szybkości na suwaku nawigacyjnym SN-2

- ustawić wizjer na podziałkę jednej z czterech skal „Wysokości przyrządowe dla szybkości“ (skale 3; 4, 5, 6), odpowiadającą przyrządowej wysokości lotu (przy ustawieniu skali ciśnienia wysokościomierza na 760 mm);
- przesuwać suwak doprowadzić pod wizjer podziałkę skali 9 („ $V_{rz}$  dla szybkości“ odpowiadająca

jąca wartości poprawionej temperatury na wysokości);

- ustawić wizjer na podziałkę skali 2 („Wysokość i szybkość przyrządowa“) odpowiadającą aerodynamicznej szybkości  $V_a$ ;
- odczytać pod wizjerem na skali 1 („Poprawiona wysokość i szybkość“) poszukiwaną powietrzną szybkość rzeczywistą.

#### Przykład.

Odczyt szybkościomierza 438 km/godz., suma przyrządowej i aerodynamicznej poprawki odczytana z wykresu +12 km/godz., wysokość 8000 m; odczyt termometru powietrza zewnętrznego — 10°, szybkość samolotu w przybliżeniu 800 km/godz. Obliczyć rzeczywistą szybkość powietrzną.

#### Rozwiązanie.

Znajdujemy poprawkę temperatury i temperaturę na wysokości

$$\Delta t_r = 10^\circ, t_{rz} = -10 - 10 = -20^\circ.$$

Znajdujemy szybkość aerodynamiczną

$$V_a = 438 + 12 = 450 \text{ km/godz.}$$

Znajdujemy rzeczywistą szybkość powietrza

$$V_{rz} = 698 \text{ km/godz.}$$

#### OKREŚLANIE SZYBKOŚCI PODRÓŻNEJ

Szybkość podrózną można określić na podstawie:

- czasu przebycia znanej odległości;
- wysokości lotu i czasu bazy katowej;
- dwukrotnego pelengowania bocznego punktu orientacyjnego;
- znanego wiatru na wiatromierzu;
- znanego wiatru na suwaku nawigacyjnym.

Ażeby określić szybkość podróżną na podstawie czasu przebycia znanej odległości, należy zaobserwować czasy przelotu jakichkolwiek dwóch punktów. Po zmierzeniu na mapie odległości między tymi punktami łatwo obliczyć szybkość podróżną ze wzoru:

$$W = \frac{S}{t}$$

Sposób określenia szybkości na podstawie wysokości ( $H$ ) i bazy katowej polega na obliczeniu długości odcinka  $S$ , odpowiadającego bazy katowej (KP) przy określonej wysokości, przez rozwiązanie trójkąta prostokątnego o przyprostokątnej ( $H$ ) przyległej do bazy katowej (KP) i przyprostokątnej przeciwnieległej do  $KP$  —  $S$ ,

$$\text{a ponieważ } \operatorname{tg} KP = \frac{S}{H},$$

$$\text{to } S = H \operatorname{tg} KP.$$

Ponieważ  $\operatorname{tg} 45^\circ = 1$ , to znaczy  $S = H$  a  $\operatorname{tg} 26,5^\circ = \frac{H}{2}$ , to znaczy  $S = \frac{H}{2}$  przy pomiarach najczęściej

używa się bazy katowej  $45$  lub  $26,5^\circ$ . Znając długość przebytego odcinka i czas jego przebycia, dalsze obliczenia wykonujemy jak w sposobie poprzednim. Ponieważ czas otrzymujemy tu zazwyczaj w sekundach, a wysokość w metrach, to w celu otrzymania szybkości podróżnej ( $W$ ) w km/godz. wynik musimy pomnożyć przez 3 600 (ilość sekund w 1 godz.) i podzielić przez 1 000 (ilość metrów w 1 km).

Kolejność określenia szybkości podróźnej na podstawie bazy kątowej przy pomocy celownika jest następująca:

1. Przy pomocy celownika typu OPB:

- ustawić sztoper w wyjściowe położenie;
- obrócić celownik pryzmatem w przód i kreskę kursową zorientować według biegu Ziemi;
- wyrzucić pole obserwacji (pętelkę) na kąt  $45^\circ$ ;
- ustawić celownik w pionie (pęcherzyk w skrzyżowaniu siatki);
- uchwycić w pęcherzyk punkt obserwacji i w momencie jego przejścia przez środek pęcherzyka włączyć sztoper;
- pokręćlęm kątów obserwacji utrzymać punkt przed skrzyżowaniem siatki, a po przyjsciu pętelki na  $0^\circ$  przestać obracać pokrętlę;
- w momencie przejścia punktu obserwacji przez kreskę poprzeczną celownika zatrzymać sztoper i odczytać czas przebycia odcinka bazy kątowej;

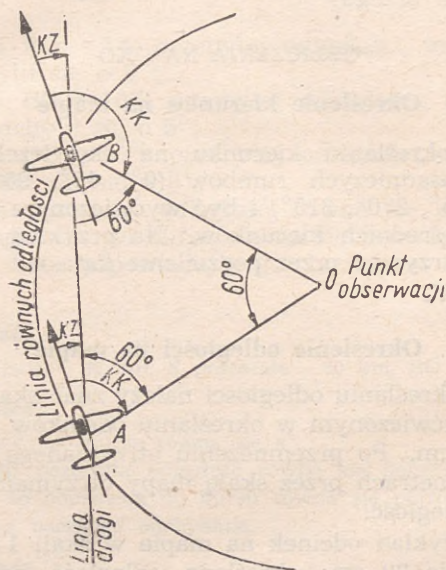
2. Przy pomocy urządzenia obliczeniowego celownika AB-52:

- zorientować podłużne linie siatki pola obserwacji według biegu Ziemi;
- obserwacją przez okular określić na sztoperze czas przebycia bazy przez wybrany punkt;
- na urządzeniu obliczeniowym zgrać podziałkę odpowiadającą czasowi sztopera w sekundach z podziałką odpowiadającą rzeczywistej wysokości lotu w metrach i naprzeciwko wskaźnika „W km/godz.“ odczytać szybkość podróźną.

W celu określenia szybkości podróźnej dwukrotnym pelengowaniem punktu położonego z boku przy kącie kursowym  $60^\circ + KZ$  z prawej burty lub  $300^\circ + KZ$  z lewej burty, punkt obserwacji wybiera się na kącie pionowym nie mniejszym niż  $60^\circ$ . W momencie przybycia punktu w środek pęcherzyka uru-

chamia się sztoper i zatrzymuje go w momencie powtórnego przyścia obserwowanego punktu na ten sam kąt pionowy (rys. 33).

Przebyta przez samolot odległość  $AB$  będzie się równać odległości od punktu orientacyjnego w momencie uruchomienia sztopera lub jego zatrzymania ( $AO$ ).



Rys. 33. Określanie szybkości podróży dwukrotnym pelengowaniem punktu bocznego

Odległość można określić na podstawie wysokości i kąta pionowego

$$S = H \operatorname{tg} KP.$$

Znając przebytą odległość pomiędzy dwoma namiarami punktu bocznego, pod równymi kątami pionowymi i czas przebycia tegoż odcinka, łatwo jest na suwaku nawigacyjnym określić szybkość podróży.

Sposób powyższy stosuje się podczas lotów na dużej wysokości, w nocy i nad morzem przy widoczności linii brzegu.

#### OBLICZENIA NA OKO

##### Określenie kierunku na mapie

Przy określaniu kierunku na oko trzeba znać osiem zasadniczych rumbów ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $145^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $315^\circ$ ) i być wyćwiczonym w określaniu pośrednich kierunków. Na przykład kąt  $15^\circ$  można otrzymać przez podzielenie kąta  $45^\circ$  na trzy równe kąty.

##### Określenie odległości na mapie

Przy określaniu odległości należy znać skalę mapy i być wyćwiczonym w określaniu odcinków 1, 5, 10, 15 i 20 cm. Po przemnożeniu otrzymanego odcinka w centymetrach przez skalę mapy otrzymamy określoną odległość.

Na przykład odcinek na mapie w skali 1 : 500 000 równa się 20 cm; określana odległość będzie się równała:

$$S = 20 \times 5 = 100 \text{ km.}$$

##### Poprawianie kursu według bocznego odchylenia

Przy poprawianiu kursu według bocznego odchylenia należy znać niżej zamieszczoną tabelkę.

Tabela 12

Przebyta odległość w km	Boczne odchylenie w stopniach na 1 km
25	2°
50	1°
100	0,5°
200	0,25°

- a) jeżeli  $BO = 5\%$  przebytej odległości, to samolot odchylił się o  $3^\circ$ ;  
 jeżeli  $BO = 10\%$  przebytej odległości, to samolot odchylił się o  $5^\circ$ ;  
 jeżeli  $BO = 15\%$  przebytej odległości, to samolot odchylił się o  $9^\circ$ ;
- b) jeżeli pozostała odległość równa się przebytej, to poprawka do kursu równa się podwójnej wartości kąta odpowiadającego boczemu odchyleniu.

**Przykład.**

$S$  przebyta = 80 km,  $S$  pozostała = 80 km,  $BO = 4^\circ$ .

**Odpowiedź.**

Poprawka do kursu równa się  $8^\circ$ .

- c) jeżeli pozostała odległość równa się połowie przebytej, to poprawka do kursu równa się potrójnej wielkości bocznego odchylenia.

**Przykład.**

$S$  przebyta = 100 km,  $S$  pozostała = 50 km,  $BO = 3^\circ$ .

**Odpowiedź.**

Poprawka do kursu równa się  $9^\circ$ .

- d) jeżeli pozostała odległość jest dwa razy większa od przebytej, to poprawka równa się 1,5 bocznego odchylenia.

**Przykład.**

$S$  przebyta = 60 km,  $S$  pozostała = 120 km,  $BO = 8^\circ$ .

**Odpowiedź.**

Poprawka do kursu równa się  $12^\circ$ .

e) jeżeli znana nam jest wielkość liniowa bocznego odchylenia, odległość przebyta i pozostała, to poprawkę do kursu możemy obliczyć na podstawie skróconego wzoru

$$\Delta K = \frac{BO \cdot 60}{S \text{ przebyta}} + \frac{BO \cdot 60}{S \text{ pozostała}}$$

lub

$$\Delta K = \alpha_1 + \alpha_2; \quad \text{tg} \cdot \alpha_1 = \frac{BO}{S \text{ przebyta}}; \quad \text{tg} \cdot \alpha_2 = \frac{BO}{S \text{ pozostała}}$$

### Obliczanie odległości do punktu przy pomocy kąta pionowego

Dla określenia odległości trzeba znać stosunek kąta pionowego (KP) do odległości ( $S$ ) wyrażony w wysokościach lotu.

Tabela 13

KP	$26^\circ$	$45^\circ$	$63^\circ$	$76^\circ$	$80^\circ$	$84^\circ$
$S$	0,5H	H	2H	4H	6H	10H

lub wzór

$$S = \text{tg KP} \cdot H$$

## OBLICZENIA W PAMIĘCI

## Określanie szybkości podróźnej, przebytej odległości i czasu lotu

1. Jeżeli znana jest nam szybkość podróźna ( $W$ ) i ogólny czas lotu ( $t$ ), to przebytą odległość można obliczyć następującymi sposobami:

Pierwszy sposób. Znając szybkość podróźną, od dzielić ostatnią cyfrę przecinkiem, otrzymując w ten sposób odległość przebytą w ciągu 6 minut. Następnie podzielić ogólny czas przez 6 i czas otrzymany pomnożyć przez odległość przebytą w ciągu sześciu minut.

**Przykład.**

$W = 420$  km/godz.,  $t = 24$  min. Określić  $S$ .

**Rozwiązanie.**

$$\frac{420}{10} = 42; \quad \frac{24}{6} = 4; \quad S = 42 \cdot 4 = 168 \text{ km.}$$

Drugi sposób. Znając szybkość podróźną i czas lotu, określić przebytą odległość w ciągu 1 min., a następnie za czas lotu.

**Przykład.**

$W = 420$  km/godz.,  $t = 12$  min. Określić  $S$ .

**Rozwiązanie.**

$$S = \frac{420 \cdot 12}{60} = 84 \text{ km.}$$

2. Jeżeli znana jest przebyta odległość i czas jej przelotu, to szybkość podróźną określa się w następujący sposób:

Pierwszy sposób. Określić, jaką częścią godziny jest czas przelotu, następnie przebytą odległość pomnożyć przez mianownik otrzymanego ułamka.

**Przykład.**

$S = 95$  km,  $t = 15$  min. Obliczyć  $W$ .

**Rozwiązanie.**

$$\frac{15}{60} = \frac{1}{4}; \quad W = 95 \cdot 4 = 380 \text{ km/godz.}$$

Drugi sposób. Podzielić przebytą odległość przez czas, by otrzymać ilość kilometrów, przebytych w ciągu jednej minuty. Następnie otrzymaną ilość pomnożyć przez 60 min.

**Przykład.**

$S = 64$  km,  $t = 8$  min. Określić  $W$ .

**Rozwiązanie.**

$$\frac{64}{8} = 8 \text{ km/min}; \quad W = 8 \cdot 60 = 480 \text{ km/godz.}$$

3. W celu określenia czasu lotu na podstawie znanej, przebytej odległości i szybkości podróźnej, trzeba obliczyć ilość kilometrów, przebytych w ciągu 1 min., a następnie pozostałą odległość podzielić przez otrzymaną ilość km, przebytych w ciągu 1 min.

**Przykład.**

$V = 300$  km/godz.,  $S = 67$  km. Określić  $t$ .

**Rozwiązanie.**

$$\frac{300}{60} = 5 \text{ km/min}; \quad t = \frac{67}{5} = 13 \text{ min.}$$

Zakręglenia czasu lotu należy dokonywać zawsze w mniejszą stronę.

### Określanie rzeczywistej i przyrządowej szybkości powietrznej

Szybkość rzeczywistą w pamięci oblicza się przez wprowadzenie do szybkości przyrządowej poprawki obliczonej w pamięci na podstawie niżej zamieszczonej tabeli.

Tabela 14

Wysokość lotu w metrach	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	8 000
Poprawka w procentach szybkości do odczytu przyrządu	5	10	15	20	30	50

#### Przykład.

Wysokość lotu 3 000 m, szybkość przyrządowa 420 km/godz.

#### Rozwiązanie.

Poprawka dla wysokości 3 000 m = 15%;

15% od 420 km/godz. = 63 km;

$$V_r = 420 + 63 = 483 \text{ km/godz.}$$

Jeżeli określa się szybkość przyrządową dla jakiejś szybkości rzeczywistej, to poprawkę odejmuje się.

#### Przykład.

Określić powietrzną szybkość przyrządową, jeśli nakazana szybkość powietrzna = 600 km/godz., a wysokość lotu = 2 000 m.

#### Rozwiązanie.

Dla wysokości 2 000 m poprawka równa się 10%; 10% od 600 = 60;

$$V_p = 600 - 60 = 540 \text{ km/godz.}$$

### Obliczenie magnetycznego powrotnego kursu lotu

Niekiedy załoga zmuszona jest przerwać wykonanie zadania i wracać na wyjściowy punkt trasy. W tym przypadku, znając kąt znoszenia na dotychczasowym kursie lotu, załoga oblicza powrotny kurs według następującego wzoru:

$$KM_2 = KM_1 \pm 180^\circ + (\pm 2 KZ).$$

Przykład:  $KM_1 = 30^\circ$   $KZ = +5^\circ$ . Obliczyć powrotny kurs magnetyczny.

Rozwiązanie:

$$KM_2 = 30^\circ + 180^\circ + 10^\circ = 220^\circ.$$

### OBLICZANIE ELEMENTÓW SKRĘTU

#### Skręt pojedynczego samolotu

##### 1. Kąt przechyłu ( $\beta^\circ$ )

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{g \cdot R} \quad \text{lub} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{2\pi v}{g \cdot t_{360}}$$

We wzorze tym  $\beta$  = kąt przechyłu;

$V$  = szybkość powietrzna;

$R$  = promień skrętu;

$g$  = przyspieszenie ziemskie;

$t_{360}$  = czas pełnego skrętu.

##### 2. Czas skrętu

a) pełny skręt

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

b) skręt na dowolny kąt

$$t_{ks} = \frac{2\pi R}{V} \cdot \frac{KS}{360^\circ}$$

lub

$$t_{ks} = \frac{2\pi V}{g \cdot \operatorname{tg} \beta} \cdot \frac{KS}{360^\circ}$$

We wzorze tym  $KS$  — kąt skrętu;  
 $t_{ks}$  — czas skrętu;

### Skręt grupą

Promień skrętu (rys. 34) i przechył.

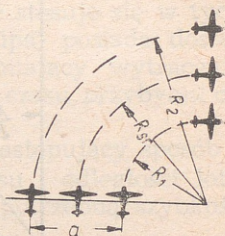
1. Dla samolotu wewnętrznego

$$R_1 = a \frac{V_1}{\Delta V}$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\Delta V \cdot V_1}{ga},$$

gdzie  $a$  — szerokość ugrupowania;

$\Delta V$  — różnica szybkości (wewnętrznego i zewnętrznego samolotu).



Rys. 34. Promień skrętu

2. Dla samolotu zewnętrznego

$$R_2 = a \cdot \frac{V_2}{\Delta V};$$

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{\Delta V \cdot V_2}{ga}$$

3. Dla samolotu środkowego

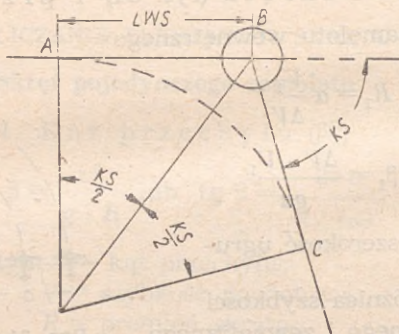
$$R_{sr} = a \frac{V_{sr}}{\Delta V};$$

$$\operatorname{tg} \beta_{sr} = \frac{\Delta V V_{sr}}{ga}$$

#### LINIOWE WYPREDZENIE SKRĘTU

W celu dokładnego wyjścia na linię nakazanego kursu, przy zmianie kursu więcej niż o  $30^\circ$  oblicza się liniowe wyprzedzenie skrętu (LWS) (rys. 35).

$$LWS = AB = BC = R \operatorname{tg} \frac{KS}{2}$$



Rys. 35. Skręt samolotu

LWS oblicza się przed lotem. Wielkość jego odkłada się od punktu zwrotnego trasy B wzdłuż linii AB i CB.

Skręt wykonuje się w następujący sposób:

- przed początkiem skrętu ustala się szybkość powietrzną (przyrządową) i nakazany kąt skrętu samolotu;

- nad punktem *A* wprowadza się samolot w skręt, uruchamiając jednocześnie sztoper (sekundomierz); kąt przechyłu ustala się według sztucznego horyzontu;
- po wyjściu samolotu w punkt *C* lub po upływie czasu skrętu samolot wyprowadza się ze skrętu i ustawia na kurs nakazany;
- szybkość kątowna skrętu kontroluje się przy pomocy sekundomierza, w związku z czym należy wcześniej obliczyć ile sekund trwa skręt na  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  i  $30^\circ$ .

## WYJŚCIE NA CEL W NAKAZANYM CZASIE

### 1. Manewrowanie szybkością

Sposób manewrowania szybkością w celu przybycia na cel w nakazanym czasie stosuje się w tych przypadkach, kiedy samolot (grupa) posiada dostateczny zakres szybkości, zapewniający wytracenie nadwyżki lub nadrobienie braku czasu przybycia do celu.

Zadanie to rozwiązuje się w następujący sposób:

- na podstawie pozostałego czasu i odległości lotu do celu (punktu) określa się potrzebną szybkość podrózną;
- znajduje się różnicę pomiędzy faktyczną i potrzebną szybkością podrózną z wzoru

$$\Delta W = W_{\text{pot}} - W_{\text{fakt}};$$

- otrzymaną różnicę dodaje się algebraicznie do poprzedniej rzeczywistej szybkości powietrznej; w wyniku otrzymuje się potrzebną, rzeczywistą szybkość powietrzną

$$V_{\text{pot}} = V + (\pm \Delta W).$$

**Przykład.**

Rzeczywista szybkość powietrzna wynosiła 280 km/godz., faktyczna szybkość podróżna — 300 km/godz., pozostały czas lotu do celu — 45 min; pozostała odległość — 215 km. Określić potrzebną rzeczywistą szybkość powietrzną.

**Rozwiązanie.**

$$W_{\text{pot}} = 285 \text{ km/godz.};$$

$$\Delta W = 285 - 300 = -15 \text{ km/godz.};$$

$$V_{\text{pot}} = 280 \text{ km/godz.} + (-15) = 265 \text{ km/godz.}$$

Żeby nie wykonywać obliczeń podczas lotu, należy przygotować wstępne obliczenia na ziemi. W tym celu należy określić odległość, na której możliwe jest zamortyzowanie nadwyżki lub braku czasu według wzoru

$$S_{\text{min}} = \frac{V \cdot V_{\text{maks}}}{\Delta V} \Delta t,$$

w którym  $S_{\text{min}}$  — minimalna odległość do celu;  
 $V$  — przelotowa szybkość powietrzna;  
 $V_{\text{maks}}$  — maksymalna szybkość powietrzna;  
 $\Delta V$  — różnica szybkości ( $V_{\text{maks.}} - V$ );  
 $\Delta t$  — maksymalnie możliwa nadwyżka lub brak czasu.

Na początku tej odległości wybiera się punkt kontrolny, obok którego oblicza się tabelę potrzebnych szybkości podróżnych dla wyjścia na cel w nakazanym czasie dla wszystkich możliwych przypadków (co dwie minuty).

Tabela 15

10,00	10,02	10,04	10,06	10,08
500	520	545	565	590

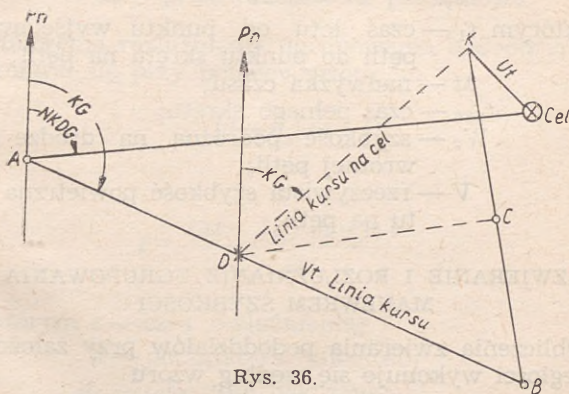
(D. c. tabeli 15)

10,10	10,12	10,14	10,16	10,18	10,20
615	640	670	695	730	760

## 2. Manewr zmianą kursu

Manewr zmianą kursu w celu przybycia na cel w nakazanym czasie stosuje się w tych przypadkach, kiedy posiadana nadwyżka czasu nie może być wytracona manewrowaniem szybkością, wskutek nie wystarczającego zakresu szybkości.

Zadania tego rodzaju rozwiązuje się na mapie lub schemacie (rys. 36) w następujący sposób:



Rys. 36.

- określa się pozostały czas ( $t$ ) lotu do celu;
- od celu w kierunku przeciwnym odkłada się wektor wiatru, odpowiadający pozostałości czasu lotu do celu ( $Ut$ );
- od punktu kontrolnego A wykreśla się linię przyjątego (dowolnie) kursu geograficznego i odkłada się w tym kierunku drogę powietrzną  $S_v = V \cdot t$ ;

— otrzymane punkty wiatru ( $K$ ) i kursu ( $B$ ) łączy się prostą, a ze środka jej wykreśla prostopadłą do przecięcia się jej z linią kursu  $AB$ ; punkt przecięcia  $D$  jest punktem skrętu do celu.

### 3. Wytracanie nadwyżki czasu na pętli

Manewr wytracania czasu na pętli polega na wydłużeniu drogi ( $S$ ) o odległość odpowiadającą nadwyżce czasu.

Obliczenia wykonuje się według następującego wzoru:

$$t_1 = \frac{W_2 (\Delta t - t_{360})}{2V},$$

w którym  $t_1$  — czas lotu od punktu wyjściowego pętli do punktu skrętu na pętli;

$\Delta t$  — nadwyżka czasu,

$t_{360}$  — czas pełnego skrętu;

$W_2$  — szybkość podróżna na drodze powrotnej pętli;

$V$  — rzeczywista szybkość powietrzna lotu na pętli.

### ZWIERANIE I ROZLUŻNIANIE UGRUPOWANIA MANEWREM SZYBKOŚCI

Obliczenia zwierania pododdziałów przy założonej odległości wykonuje się według wzoru

$$t_1 = \frac{(d_1 - d_2) \cdot (n - 1)}{\Delta V},$$

w którym  $t$  — czas zwierania ugrupowania;

$d_1$  — początkowa odległość;

$d_2$  — potrzebna odległość;

$n$  — ilość pododdziałów w kolumnie;

$\Delta V$  — szybkość zbliżenia.

Obliczenia zwierania pododdziałów przy założonej przerwie czasowej wykonuje się na podstawie następującego wzoru

$$t = \frac{(\Delta t - \Delta t_1) (n - 1) V_1}{\Delta V},$$

w którym  $V_1$  — szybkość prowadzącego pododdziału w czasie zwierania ugrupowania;

$\Delta t_1$  — przerwa czasowa, na którą należy zwrzeć ugrupowanie;

$\Delta t$  — przerwa czasowa początkowa.

Obliczenia rozluźnienia ugrupowania pododdziałów wykonuje się przy pomocy wzoru

$$t = \frac{(d - d_1) (n - 1)}{\Delta V};$$

$$t = \frac{(\Delta t - \Delta t_1) (n - 1) V}{\Delta V},$$

w którym  $t$  — czas rozluźniania;

$d$  — początkowa odległość;

$d_1$  — odległość nakazana;

$n$  — ilość pododdziałów w kolumnie;

$V$  — szybkość powietrzna ostatniego pododdziału;

$\Delta V$  — szybkość rozluźniania;

$\Delta t_1$  — nakazana przerwa czasowa;

$\Delta t$  — początkowa przerwa czasowa.

## WZORY DO OBLICZEŃ ZBLIŻENIA SAMOŁOTU

## 1. Spotkanie i pościg

## 1. Samoloty znajdują się na jednej wysokości

Określenie szybkości zблиżenia:

— podczas lotu na spotkanie

$$V_{\text{zbliz}} = V_m + V_b;$$

— podczas pościgu

$$V_{\text{zbliz}} = V_m - V_b;$$

potrzebny czas lotu na zблиżenie

$$t_{\text{zbliz}} = \frac{S}{V_{\text{zbliz}}} = \frac{S}{V_m + V_b},$$

droga przebyta przez samolot bombowy do momentu spotkania

$$S_a = V_m \cdot t;$$

droga przebyta przez samolot bombowiec do momentu spotkania

$$S_b = V_b \cdot t.$$

Spotkanie i pościg w nakazanym punkcie C:

— spotkanie

$$S = S_s \left( 1 + \frac{V_b}{V_m} \right);$$

— pościg

$$S = S_s \left( 1 - \frac{V_b}{V_m} \right).$$

Oznaczenia:

$S$  — wyjściowa odległość pomiędzy samolotami;

$S_s$  — odległość myśliwca do nakazanego punktu spotkania;

$V_m$  — szybkość powietrzna myśliwca;

$V_b$  — szybkość powietrzna bombowca;

$t_{zbliz}$  — czas potrzebny na zbliżenie.

## 2. Z uwzględnieniem wznoszenia się myśliwców na trasie

Określenie punktu spotkania

$$S_s = \frac{S - V_b \cdot t\varepsilon + n S_H}{1 + n}$$

Określenie punktu pościgu

$$S_s = \frac{S + V_b \cdot t\varepsilon - n S_H}{1 - n}$$

Przy rozwiązywaniu zadań według powyższych wzorów należy pamiętać, że w przypadku, kiedy suma lub różnica  $S \pm V_b t\varepsilon$  jest mniejsza od drogi myśliwca, przebytej za czas wznoszenia na trasie, wzory upraszcza się na

$$S_s = S - V_b t\varepsilon;$$

$$S_s = S + V_b t\varepsilon.$$

Spotkanie w nakazanym punkcie C

$$S = S_s = V_b \left( t\varepsilon + \frac{S_s - S}{V_{poż}} \right).$$

Dopędzenie w nakazanym punkcie C

$$S = S_s - V_b \left( t\varepsilon + \frac{S_s - S_H}{V_{\text{poz}}} \right).$$

Oznaczenia:

$S_s$  — odległość myśliwca od nakazanego punktu spotkania;

$S$  — wyjściowa odległość pomiędzy myśliwcem i bombowcem;

$S_H$  — droga samolotu podczas nabierania wysokości;

$V_{\text{poz}}$  — szybkość pozioma samolotu;

$t\varepsilon$  — całkowity czas od momentu wydania rozkazu wylotu do czasu nabrania nakazanej wysokości;

$n$  — stosunek szybkości bombowców do szybko-

$$\text{ści myśliwców } \frac{V_b}{V_m}.$$

## 2. Zbliżanie samolotów na kursach przecinających się

Rozwiązanie trójkąta zbliżenia (zasada):

$$\sin KK_m = \frac{V_b}{V_m} \sin KK_b;$$

krytyczny kąt kursowy pozwalający na zbliżenie w jednym punkcie

$$\sin KK_{kr} = \frac{V_m}{V_b}.$$

Oznaczenia:

$KK_b$  — kąt kursowy bombowca;

$KK_m$  — kąt kursowy myśliwca.

### 3. Zbliżenie metodą pogoni

Długość krzywej pogoni

$$S_{\text{pog}} = \frac{n \cdot S_{\text{zbltż}} (n - \cos \cdot KK_b)}{n^2 - 1},$$

gdzie

$$n = \frac{V_m}{V_b}.$$

Czas lotu na krzywej pogoni

$$t_{\text{pog}} = \frac{S_{\text{pog}}}{V_m}.$$

Punkt spotkania (odległość)

$$S_s = V_b t_{\text{pog}}.$$

## NAWIGOWANIE SAMOLOTU PRZY POMOCY ŚRODKÓW RADIOTECHNICZNYCH

### 1. Wzory zasadnicze

1. Wzory do obliczeń promienia koła prawdopodobnego miejsca samolotu

a) Przy pomocy układu kąтового

$$r = 0,0175 \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{\sin \Psi}} \Delta P$$

$r$  — promień koła prawdopodobnego miejsca samolotu;

$S_1$  i  $S_2$  — odległości od punktów radionawigacyjnych;  
 $\Delta P$  — błąd określenia pelengu;  
 $\psi$  — kąt przecięcia się pelengu.

b) Przy pomocy układu liniowego

$$r = \frac{\sqrt{2}}{\sin \Psi} \Delta S,$$

$\Delta S$  — błąd w określeniu odległości do punktu radionawigacyjnego.

c) Przy pomocy kątowno - liniowego układu

$$r = \sqrt{(S \cdot \Delta P)^2 + \Delta S^2}$$

$\Delta P$  — błąd określenia pelengu w radianach.

2. Długość fali w metrach

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/sek}}{f \left( \frac{1}{\text{sek}} \right)}$$

$\lambda$  = długość fali;

$C$  = szybkość rozchodzenia się fal (dokładnie  $299776 \pm 4 \text{ km/sek}$ );

$f$  = częstotliwość.

3. Zasięg ultrakrótkich fal radiowych

$$D = 3,57 \left( \sqrt{H_1} + \sqrt{H_2} \right),$$

gdzie  $D$  — zasięg w kilometrach;

$H_1$  i  $H_2$  — wysokość odbierającej i nadającej anteny  
liczona od ziemi w m.

#### 4. Poprawka zbieżności południków

Na mapach odwzorowania stożkowego poprawkę  $\sigma$  określa się według następującego wzoru:

$$\sigma = k (\lambda_r - \lambda_s).$$

Na mapach odwzorowania stożkowego o stożku siecznym współczynnik  $K$  oblicza się według wzoru

$$K = \sin \frac{\varphi_{siec_1} + \varphi_{siec_2}}{2}$$

$\varphi_{siec_1}$  i  $\varphi_{siec_2}$  — równoleżniki przecięcia się stożka z ziemią.

Na mapach odwzorowania stożkowego o stożku styczonym

$$K = \sin \varphi_{stycz}.$$

$\varphi_{stycz}$  — szerokość geograficzna styczności stożka z ziemią.

Praktycznie poprawkę zbieżności południków na mapach odwzorowania stożkowego oblicza się ze wzoru

$$\sigma = 0,8 (\lambda_r - \lambda_s).$$

Poprawkę na kąt zbieżności południków na sferze oblicza się według wzoru

$$\sigma = (\lambda_r - \lambda_s) \sin \frac{\varphi_r + \varphi_s}{2},$$

w którym  $\lambda_r$  i  $\varphi_r$  — współrzędne geograficzne PRN;  
 $\lambda_s$  i  $\varphi_s$  — współrzędne geograficzne przypuszczalnego rejonu położenia samolotu.

## 2. Obliczanie miejsca samolotu przy pomocy jednej radiostacji prowadzącej

Jeżeli załoga jednomiejscowego samolotu zna dane pracy i miejsce postoju jednej tylko radiostacji prowadzącej, to w wypadku konieczności określenia miejsca samolotu (w locie nad chmurami lub po utracie orientacji) postępuje ona w następujący sposób:

- stroi RPK (ARK) na radiostację, po czym dowrotem samolotu ustawia strzałkę wskaźnika kursu RPK (ARK) w zerowe położenie;
- odczytuje kurs magnetyczny ( $KM_1$ ) i zapisuje w dzienniku pokładowym;
- zmienia energicznie kurs lotu o  $30^\circ$  w prawo lub w lewo uruchamiając w momencie skrętu sekundomierz (strzałka wskaźnika kursu RPK wychyli się z zerowego położenia);
- po upływie 3 do 5 minut lotu ( $t_m$ ) ze zmienionym kursem, energicznym skrętem dowraca samolot ponownie na radiostację prowadzącą ustawiając wskaźnik kursu RPK (ARK) dokładnie w zerowe położenie;
- odczytuje czas lotu po prostej ze zmienionym o  $30^\circ$  kursem ( $KM_1 \pm 30^\circ$ ) oraz kurs lotu po zakończeniu manewru  $KM_2$ ;
- oblicza odległość od radiostacji ze wzoru

$$S = \frac{t^m \cdot V_{km/mIn}}{2 \sin \alpha}$$

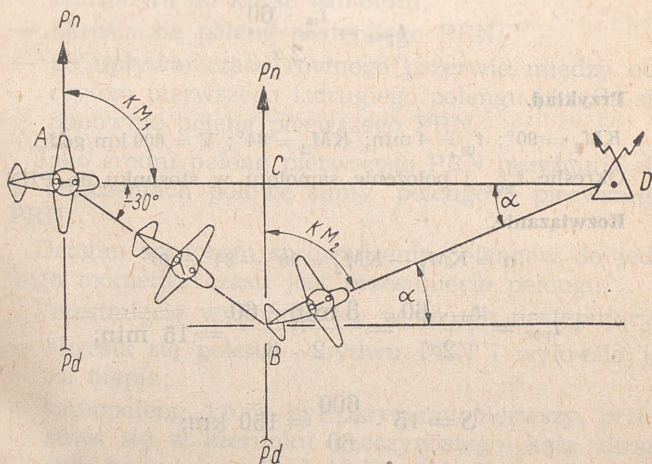
Wygodniej jest obliczyć pozostały czas lotu do radiostacji z uproszczonego wzoru

$$t_{\text{poz}} = \frac{t_m \cdot 60}{2\alpha^0};$$

we wzorach:  $t_m =$  czas manewru lotu z kursem  
 $= KM_1 \pm 30,$

$\alpha =$  różnica kursów przed rozpoczęciem manewru i po jego zakończeniu w stopniach ( $KM_1 - KM_2$ );

— odkłada od radiostacji otrzymaną odległość  $S = t_{\text{poz}} \cdot V$  w kierunku odwrotnym do  $KM_2$  ( $KM_2 \pm 180^\circ$ ). Otrzymany punkt wyznacza przybliżone miejsce samolotu w momencie zakończenia manewru (patrz rys. 37).



Rys. 37.

$$BC = AB \cdot \sin 30^\circ = \frac{AB}{2}$$

$$BD = \frac{BC}{\sin \alpha} = \frac{AB}{2 \sin \alpha}$$

Ponieważ odcinek  $AB$  możemy zastąpić  $(t_m \cdot V)$ , a odcinek  $BD$   $(t_{\text{poz}} \cdot V)$ , to otrzymamy

$$t_{\text{poz}} \cdot V = \frac{t_m \cdot V}{2 \sin \alpha}; \quad t_{\text{poz}} = \frac{t_m \cdot V}{2 \sin \alpha V} = \frac{t_m}{2 \sin \alpha}$$

Ponieważ kąt  $\alpha$  z zasady jest nieduży, możemy

przyjąć, że  $\sin 1^\circ \alpha = \frac{1}{60}$  i wówczas

$$t_{\text{poz}} = \frac{t_m \cdot 60}{2 \alpha}$$

#### Przykład.

$KM_1 = 90^\circ$ ;  $t_m = 4$  min;  $KM_2 = 84^\circ$ ;  $V = 600$  km/godz.

Określić  $t_{\text{poz}}$  i położenie samolotu w stosunku do PRN.

#### Rozwiązanie.

$$\alpha = KM_1 - KM_2 = 90^\circ - 84^\circ = 6^\circ;$$

$$t_{\text{poz}} = \frac{t_m \cdot 60}{2 \alpha} = \frac{3 \text{ min} \cdot 60}{2 \cdot 6} = 15 \text{ min};$$

$$S = 15 \cdot \frac{600}{60} = 150 \text{ km};$$

odwrócony  $KM_2 = 84^\circ + 180^\circ = 264^\circ$ .

Przybliżone miejsce samolotu znajduje się w odległości 150 km od radiostacji prowadzącej na azymucie  $264^\circ$ .

### 3. Określenie miejsca samolotu przy pomocy pelengów dwóch—trzech PRN

Podczas określenia miejsca samolotu należy przestrzegać następujących warunków:

- b) radiopelengi powinny być określone lub sprawdzone do jednego momentu czasu;
- b) kąty przecięcia się linii radiopelengów powinny być nie mniejsze niż  $30^\circ$  i nie większe niż  $150^\circ$ .

Sprawdzenie radiopelengów do jednego momentu czasu odbywa się w następujący sposób:

- określa się peleng PRN położonego na kierunku zbliżonym do kursu samolotu;
- określa się peleng następnego PRN;
- po upływie czasu równego przerwie między odczytem pierwszego i drugiego pelengu określa się ponownie peleng pierwszego PRN.

Jako średni peleng pierwszego PRN przyjmuje się w obliczeniach połowę sumy pelengów pierwszego PRN.

Drugim sposobem sprawdzenia pelengów do jednego momentu czasu jest przesunięcie pelengu.

Przesunięcie wykonuje się w sposób następujący:

- określa się pelengi obydwu PRN i wykreśla je na mapie;
- radiopeleng, który był określony pierwszy, przesuwa się w kierunku rzeczywistego kąta drogi (lub kursu) na odległość  $W_t$  (lub  $V_t$ ), w której  $t$  równa się przerwie czasu pomiędzy odczytami.

#### 4. Obliczanie zamierzonego KKR (ORK)

Zamierzony KKR zależy od wielkości nakazanego radiopelengu i zamierzonego kursu wyjścia na nakazaną linię.

Zależność ta wyraża się w następujący sposób

$$\text{NRPM} = \text{KM} + \text{KKR}_{\text{obl}},$$

$$\text{KKR} = \text{NRPM} - \text{KM}.$$

Jeżeli radiokompas posiada dewiację, to należy ją uwzględnić i wówczas oblicza się odczyt radiokompasu (ORK) według wzoru

$$\text{ORK}_{\text{obl}} = \text{KKR} - (\pm \Delta R), \text{ czyli}$$

$$\text{ORK}_{\text{obl}} = \text{NRPM} - \text{KM} - (\pm \Delta R).$$

#### 5. Określenie i kompensacja radiodewiacji

Wartość radiodewiacji zależy od kąta kursowego radiostacji (KKR) i określa się ją jako różnicę kątów KKR i ORK.

$$\Delta R = \text{KKR} - \text{ORK}.$$

Określanie radiodewiacji wykonuje się na 24 kątach kursowych ( $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  i tak dalej) przy pomocy radiostacji prowadzącej, odległej co najmniej 100 km od miejsca określania i pracującej na średnim zakresie częstotliwości ARK (RPK).

W wyjątkowych przypadkach określenie radiodewiacji na ziemi może być wykonane przy pomocy radiostacji widocznej, ale położonej nie bliżej niż wartość długości trzech fal.

### Przygotowanie do określania radiodewiacji

W okresie przygotowania do określenia radiodewiacji należy:

- wybrać radiostację, przy pomocy której będzie określona radiodewiacja, zapisać jej częstotliwość i sygnał rozpoznania oraz zamówić jej pracę;
- jeżeli nie ma kręgu dewiacyjnego, wybrać pole oddalone od hangarów, stoisk i innych urządzeń co najmniej o 150—200 m;
- nanieść na mapę 1 : 500 000 punkt znajdowania się radiostacji i określić jej peleng magnetyczny od miejsca spisywania dewiacji;
- przygotować ARK (RPK).

Przygotowanie ARK polega w zasadzie na ustawieniu kompensatora w wyjściowe położenie i usunięciu błędu pozycyjnego ramki.

Przygotowanie RPK polega na usunięciu błędu pozycyjnego (ustawienie) ramki.

### Ustawianie kompensatora ARK w położenie wyjściowe

Kolejność czynności podczas ustawienia kompensatora:

- zdjąć osłonę (kożuch) ramki, odkręcić zakrętki mocujące ją do podstawy ramki;
- odkręcić zakrętki mocujące kompensator radiodewiacji do korpusu ramki i wyjąć kompensator po uprzednim odłączeniu przewodników od kontaktowej tabliczki;
- zdjąć zawleczkę z tarczy kompensatora;
- ustawić zerową kreskę skali poprawek tarczy naprzeciwko zerowej podziałki skali kątów kursowych;

- pokręcaniem śruby regulacyjnej, odpowiadającej zerowej (lub sąsiedniej) podziałce skali kątów kursowych, ustawić wskazówkę kompensatora na podziałkę  $1-2^{\circ}$  w lewo od zera skali poprawek;
- ustawić zerową podziałkę tarczy naprzeciwko kąta  $15^{\circ}$  skali kątów kursowych i pokręcaniem śruby regulacyjnej, odpowiadającej kątowi  $15^{\circ}$ , przesunąć wskazówkę kompensatora na podziałkę  $1-2^{\circ}$  w lewo od zera skali poprawek;
- powtórzyć to samo na pozostałych 22 kątach kursowych i sprawdzić prawidłowość regulacji; jeżeli przy pokręcaniu tarczy wskazówka kompensatora na wszystkich 24 kątach kursowych utrzyma swoje położenie  $1-2^{\circ}$  w lewo od zera skali, to znaczy, że regulacja jest prawidłowa;
- złożyć ramkę, postępując w kolejności odwrotnej niż przy rozbieraniu.

### Usuwanie błędu pozycyjnego ramki

Ażeby określić błąd pozycyjny ramki, należy:

- wykołować samolot na pole kompensacji i ustawić go przy pomocy busoli na kurs równy w przybliżeniu magnetycznemu pelengowi radiostacji;
- przy pomocy dewiacyjnego pelengatora ustawić samolot dokładnie na  $KM = RPM$ ;
- nastroić ARK na częstotliwość radiostacji, odczytać i zamontować ORK.

Jeżeli ORK nie równa się zeru, to znaczy, że ramka posiada błąd pozycyjny.

W celu usunięcia błędu pozycyjnego ramki należy:

- zdjęć kompensator radiodewiacji nie odłączając przewodników;
- dowrotem tarczy kompensatora ustawić na wskaźniku kątów kursowych ORK, odpowiadający kursowemu kątowi radiostacji  $0^{\circ}$ ;

- rozluźnić zacisk mocujący wskazówkę na osi selsynu;
- nie naruszając położenia tarczy, śrubokrętem obrócić oś selsynu, tak żeby odczyt kąta kursowego radiostacji wynosił zero; radiokompas przy tym powinien być włączony;
- dokręcić zacisk wskazówki na osi selsynu, ustawić kompensator na miejsce i sprawdzić, czy ORK odpowiada zeru.

---

## BOMBARDOWANIE

### ZASADNICZE SYMBOLE I TERMINY

- $T$  — czas spadania bomby;
- $\Theta$  — charakterystyczny czas bomby;
- $A$  — donośność;
- $\Delta$  — zwłoka liniowa;
- $\gamma$  — kąt zwłoki;
- $\varphi$  — kąt celowania;
- $S$  — droga samolotu za czas spadania bomby;
- $W$  — szybkość podróżna;
- $U$  — szybkość wiatru;
- $\partial$  — boczne zniesienie bomby;
- $l$  — długość serii;
- $t_s$  — czas zrzucania serii;
- BK — bojowy kurs;
- BKDM — bojowy kąt drogi magnetycznej;
- BKOC — bojowy kąt obrotu celownika;
- PDB — początek drogi bojowej;
- EK — etap kontrolny;
- OP — odległość pozioma;
- $t_{OP}$  — czas przelotu odległości poziomej.

## BALISTYKA BOMBARDOWANIA

## 1. Spadanie bomby w próżni

Na wszystkie ciała spadające w próżni oddziałuje tylko siła przyciągania ziemskiego i dlatego spadają one ruchem jednostajnie przyspieszonym.

Przyspieszenie ziemskie dla średnich szerokości geograficznych wynosi  $9,81 \text{ m/sek}^2$  i oznacza się je literą  $g$ .

Bomba zrzucona z punktu nieruchomego, po jednej sekundzie swobodnego spadania osiągnie szybkość  $9,81 \text{ m/sek.}$ , po dwóch sekundach —  $19,62 \text{ m}$ , po upływie 7 sek., pionowa szybkość bomby wyniesie

$$V_{\text{pion}} = gt.$$

Końcowa szybkość bomby będzie się równać

$$V_{\text{kon}} = g \cdot T.$$

Średnia szybkość spadania bomby w próżni wyniesie

$$V_{\text{sr}} = \frac{V_{\text{kon}}}{2}.$$

Droga pionowa bomby  $Y$  za czas  $t$  równa się

$$Y = V_{\text{sr}} \cdot t.$$

Przyjmując  $Y = H$ , a  $t = T_2$ , otrzymamy

$$H = V_{\text{sr}} \cdot T = \frac{gT^2}{2}.$$

Skąd czas spadania bomby w próżni równa się

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Czas spadania bomby zrzuconej w próżni z wysokości 2 000 m równa się 20,193 sek.

Jeżeli bomba została zrzucona w locie poziomym z samolotu lecącego z szybkością powietrzną  $V$ , to spadając pod wpływem siły ciężkości, będzie ona jednocześnie przesuwać się poziomo z szybkością równą  $V$  i przez czas spadania pokona taką samą odległość co i samolot. Droga ta nazywa się *donośnością* bomby ( $A$ ) i równa się:  $A = VT$ .

Końcowa szybkość bomby, zrzuconej z lotu poziomego, będzie sumą geometryczną pionowej i poziomej szybkości bomby

$$V_{\text{kon}} = \sqrt{V^2 + V_{\text{pion}}^2} = \sqrt{V^2 + 2gH}.$$

Kątem upadku bomby ( $\theta$ ) nazywa się kąt zawarty pomiędzy wektorem szybkości bomby i horyzontem celu; oblicza się go ze wzoru

$$\text{tg } \theta = \sqrt{\frac{2g \cdot H}{V}}.$$

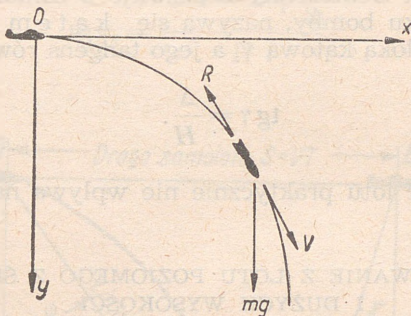
Wnioski: 1. Przy spadaniu bomby w próżni donośność i czas spadania bomby nie zależą od ciężaru i kształtu bomby.

2. W próżni wszystkie bomby niezależnie od ich kształtu i ciężaru spadają jednakowo.

## 2. Spadanie bomby w ciszy

Na bombę, spadającą w ośrodku powietrznym, oddziałują dwie siły: siła ciężkości  $mg$  i siła oporu powietrza  $R$  (rys. 38).

Siły oporu powietrza nie można wyrazić prostym i dokładnym wzorem otrzymanym na podstawie teoretycznych wyprowadzeń. Zazwyczaj opór powietrza określa się drogą doświadczalną w tunelu aerodynamicznym, przy czym ustala się współczynnik oporu ( $K$ ) będący wielkością proporcjonalną do naporu szybkościowego i siły tarcia powietrza o powierzchnię bomby.



Rys. 38. Działanie sił na bombę w ciszy

Współczynnik oporu ( $K$ ) jest wykładnikiem wartości balistycznych bomby. W praktyce jakość balistyczną bomby określa się charakterystycznym czasem bomby ( $\theta$ ).

Charakterystycznym czasem bomby nazywa się czas spadania bomby zrzuconej z samolotu w locie poziomym z wysokości 2 000 m, przy szybkości 144 km/godz. (40 m/sek), we wzorcowej atmosferze.

Hamujący wpływ oporu powietrza na lot bomby powoduje zwiększenie się czasu spadania bomby (w stosunku do próżni) oraz skracania donośności.

Różnica pomiędzy poziomą drogą, wykonaną przez samolot za czas spadania bomby i donośnością, nazywa się zwłoką bomby ( $\Delta$ ) i wyraża się wzorem

$$\Delta = VT - A.$$

Ze zwiększeniem się charakterystycznego czasu bomby zwłoka i czas spadania zwiększają się. Kąt, pod którym bombardier obserwuje z samolotu moment upadku bomby, nazywa się kątem zwłoki lub zwłoką kątową  $\gamma$ , a jego tangens równa się

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta}{H}.$$

Wysokość lotu praktycznie nie wpływa na zwłokę kątową.

#### BOMBARDOWANIE Z LOTU POZIOMEGO Z ŚREDNICH I DUŻYCH WYSOKOŚCI

Zasadnicze wzory:

— dla ciszy (rys. 39).

$$A = S - \Delta = VT - \Delta; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{A}{H} = \frac{VT - \Delta}{H},$$

— dla bombardowania z wiatrem bocznym (rys. 40).

$$A = WT - \Delta \cos KZ; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{A}{H} = \frac{WT - \Delta \cdot \cos KZ}{H}$$

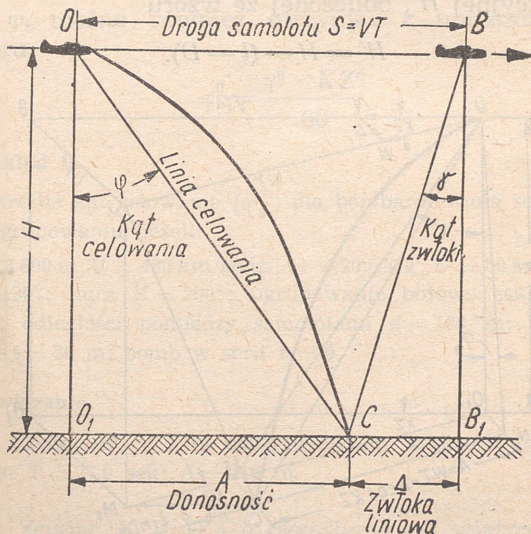
Ponieważ  $KZ$  zazwyczaj jest nieduży, praktycznie przyjmuje się, że  $\cos KZ = 1$  i wówczas

$$A = WT - \Delta;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{WT - \Delta}{H}$$

Przy bombardowaniach seryjnych kąt celowania poprawia się o pół długości serii, dodając ją do donośności

$$\operatorname{tg} \varphi_s = \frac{WT - \Delta + \frac{l}{2}}{H}$$



Rys. 39. Schemat bombardowania z lotu poziomego w ciszy



Boczne odchylenie bomby ( $\vartheta$ ) oblicza się ze wzoru

$$\vartheta = \Delta \sin KZ.$$

Kąt nachylenia płaszczyzny celowania oblicza się na podstawie jego tangensu

$$\operatorname{tg} \varphi^b = \frac{\vartheta}{H} = \frac{\Delta \sin KZ}{H}$$

lub

$$\operatorname{tg} \varphi_b = \operatorname{tg} \gamma \sin KZ,$$

kąt  $\varphi_b$  można również otrzymać z uproszczonego wzoru:

$$\varphi_b^0 = \frac{\gamma^0 \cdot KZ^0}{60}$$

### Przykład 1.

Określić kąt celowania ( $\varphi_{ss}$ ) dla bombardowania seryjnego w ugrupowaniu, jeżeli:

$H = 3\,600$  m;  $V = 400$  km/godz.;  $\Theta = 20,5$  sek;  $U = 50$  km/godz.;  
 $\delta = 130^\circ$ ; kurs  $K = 200^\circ$ ; ugrupowanie bojowe eskadry —  
 klin; odległości pomiędzy samolotami  $d = 100$  m; przerwa  
 serii  $t = 20$  m; bomb w serii  $n = 9$ .

### Rozwiązanie.

1) Znając  $H$ ,  $V$  i  $\Theta$  odczytujemy w tablicach balistycznych:  $T = 27,9$  sek;  $\Delta = 216$  m.

2. Znając  $K$ ,  $V$ ,  $U$  i  $\delta$  określamy na wiatromierzu szybkość podróżną

$$W = 420 \text{ km/godz.} = 117 \text{ m/sek.}$$

3. Obliczamy długość serii

$$l = i (n - 1) = 20 (9 - 1) = 160 \text{ m.}$$

4. Określamy głębokość ugrupowania

$$D = d (n_1 - 1) = 100 (4 - 1) = 300 \text{ m.}$$

5. Znajdujemy  $\text{tg } \varphi_{ss}$  ze wzoru

$$\text{tg } \varphi_{ss} = \frac{WT - \Delta + \frac{l - D}{2}}{H}$$

$$\text{tg } \varphi_{ss} = \frac{117 \cdot 27,9 - 216 + \frac{160 - 300}{2}}{3600} = 0,827$$

6. Znając  $\text{tg } \varphi_{ss}$  z tablic trygonometrycznych, odczytujemy

$$\varphi_{ss} = 39,5^\circ$$

### Przykład 2.

Określić kąt celowania ( $\varphi_{ss}$ ) z tablic balistycznych dla indywidualnych bombardowań pojedynczymi bombami w warunkach podanych w poprzednim przykładzie.

### Rozwiązanie.

1) Określamy fikcyjną wysokość  $H'$

$$H' = H - (l - D) = 3600 - (160 - 300) = 3740 \text{ m.}$$

2. Z tablicy kątów celowania dla bomb drugiej klasy i  $V = 400 \text{ km/godz.}$ , na podstawie znanych  $W = 420 \text{ km/godz.}$  i  $H = 3740 \text{ m}$ , określamy:

$$\varphi_{ss} = 39,5^\circ.$$



$X_0$  — poziomy rzut drogi samolotu od początkowego punktu wprowadzenia w nurkowanie do punktu zrzutu bomby;

$\varphi'_0$  — kąt wstępnego celowania (kąt zawarty między pionem i linią celowania w momencie wprowadzenia w nurkowanie);

$\Psi$  — kąt wyprzedzenia (kąt zawarty pomiędzy podłużną osią samolotu i linią celowania w momencie zrzutu bomby);

$\Delta\Psi$  — kąt zawarty między osią samolotu i kierunkiem wektora szybkości powietrznej w momencie zrzutu bomby;

$t$  — czas wykonania manewru od początku wprowadzenia w nurkowanie do momentu zrzutu bomby;

$T$  — czas spadania bomby z wysokości  $H_2$ ;

$T_p = (t + T)$  — czas od momentu wprowadzenia samolotu w nurkowanie do momentu upadku bomby.

Tangens kąta wstępnego celowania ( $\varphi'_0$ ) równa się

$$\operatorname{tg} \varphi'_0 = \frac{V_w \cdot T_p - \Delta_p}{H_w}$$

Tangens kąta celowania ( $\varphi_0$ ) równa się

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{A'_0}{H_2}$$

Kąt wyprowadzenia  $\Psi_0$  równa się

$$\Psi_0 = 90^\circ - \lambda - \varphi_0 - \Delta\Psi.$$

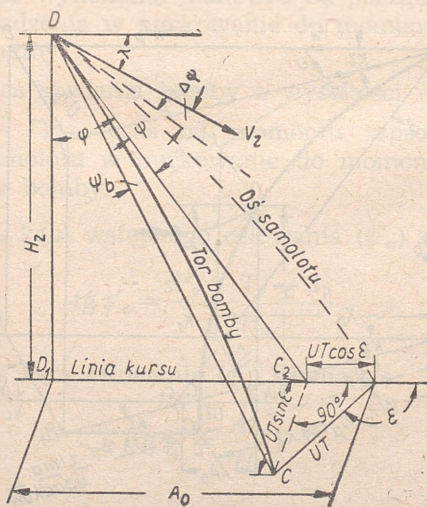


Jeżeli  $\cos KZ$  przyjmiemy  $= 1$ , to otrzymamy dwa zasadnicze wzory na określenie momentu wprowadzenia w nurkowanie

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{WT_p - \Delta_d}{H_w};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_b = \frac{\Delta_p \cdot \sin KZ}{H_w}.$$

- Moment zrzutu bomby określają dwa kąty (rys. 43)
- kąt wyprzedzenia  $\Psi$ ;
  - kąt bocznego wyprzedzenia  $\Psi_b$ .



Rys. 43. Schemat celowania pilota podczas bombardowania z lotu nurkowego

Z rys. 43 wynika

$$\Psi = 90 - \lambda - \varphi - \Delta\Psi;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A}{H_z} = \frac{A_0 + UT \cos \varepsilon}{H_z};$$

$$\operatorname{tg} \Psi_b = - \frac{UT \sin \varepsilon}{H_z} \cos \varphi.$$

### Przykład.

Określić kąt wstępnego celowania ( $\varphi'$ ), kąt nachylenia celownika ( $\varphi_b$ ), kąt wyprzedzenia ( $\psi$ ) i kąt bocznego wyprzedzenia ( $\psi_b$ ), jeżeli:

kąt nurkowania  $\lambda = 60$ ;  $H_w = 3000$  m;  $V_w = 320$  km/godz.;  
BK =  $164^\circ$ ; wiatr:  $\delta = 194^\circ$ ;  $U = 40$  km/godz.

### Rozwiązanie.

1) Wypisujemy z „Tablic wyjściowych danych do bombardowania z lotu nurkowego“ wartości:  $T_p = 26,1$  sek;  
 $\Delta_p = 600$  m;  $H_z = 2070$  m;  $T = 12,1$  sek;  $A = 755$  m.

2. Na wiatromierzu określamy wartość  $W$  i KZ:

$$W = 355 \text{ km/godz. (99 m/sek); KZ} = + 4^\circ.$$

3. Obliczamy

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{WT_p - \Delta_p \cdot \cos K\check{Z}}{H_z},$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{99 \cdot 26,1 - 600 \cdot 0,998}{3000} = 0,662$$

$$\varphi' = 33,5^\circ$$

4. Obliczamy

$$\operatorname{tg} \varphi_b = \frac{\Delta_p \cdot \sin KZ}{H_w} = \frac{600 \cdot 0,07}{3000} = 0,014;$$

$$\varphi_b = 0,8^\circ.$$

5. Określamy wartość kąta kursowego wiatru  $\varepsilon$

$$\varepsilon = \delta - BK = 194^\circ - 164^\circ = 30^\circ$$

6. Z tablic trygonometrycznych wypisujemy wartości  $\cos \varepsilon$  i  $\sin \varepsilon$

$$\cos 30^\circ = 0,866; \sin 30^\circ = 0,5.$$

7. Znajdujemy wartość  $\varphi$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A + UT \cos \varepsilon}{H_z} = \frac{755 + 11,1 \cdot 12,1 \cdot 0,866}{2070} = 0,41,$$

zatem  $\varphi = 22,5^\circ$ .

8. Określamy wartość  $\Psi$  (dla  $\lambda = 60^\circ$ ,  $\Delta\Psi = 2,5^\circ$ );

$$\Psi = 90^\circ - \lambda - \varphi - \Delta\Psi = 90^\circ - 60^\circ - 22,5^\circ - 2,5^\circ = 5^\circ.$$

9. Obliczamy  $\operatorname{tg} \Psi_b$  i  $\Psi_b$

$$\operatorname{tg} \Psi_b = \frac{UT \cdot \sin \varepsilon}{H_z} \cos \varphi = \frac{11,1 \cdot 12,1 \cdot 0,5}{2070} \cdot 0,92 = 0,03$$

$$\Psi_b \approx 2^\circ;$$

BOMBARDOWANIE W TRUDNYCH WARUNKACH  
METEOROLOGICZNYCH

W trudnych warunkach meteorologicznych bombardowanie może być wykonane:

- z celowaniem — przy złej widoczności celu;
- z celowaniem za pomocą radiotechnicznych środków;
- z celowaniem, po wyjściu z chmur ze znizeniem;
- według obliczonego czasu.

Bombardowanie za pomocą optycznych (mechanicznych) celowników przy słabej widoczności celu wykonuje się jak zwykle bombardowanie, ale wymaga ono od załogi specjalnej dokładności w określeniu wyjściowych danych (wysokości, szybkości podróży, kąta celowania, BKOC) oraz w utrzymaniu nakazanych warunków lotu na drodze bojowej.

Podczas przygotowania do lotu należy wybrać etap kontrolny (EK), najlepiej równoległy do drogi bojowej. Na EK zmierzyć wiatr i obliczyć BK, BKOC, kąt celowania i czas lotu na drodze bojowej  $t_b$ .

Czas  $t_b$  oblicza się według wzoru

$$t_b = \frac{OP}{W} - T.$$

Po przybyciu w rejon celu należy dokładnie przejść przez PDB z obliczonym BK i po zaobserwowaniu PDB na kącie zwłoki, uruchomić sekundomierz.

Na drodze bojowej nawigator powinien pilnować, żeby warunki lotu były dokładnie przestrzegane. Na 5—10 sek przed upływem  $t_b$ , odnaleźć cel w celowniku i wykonać boczne naprowadzenie.

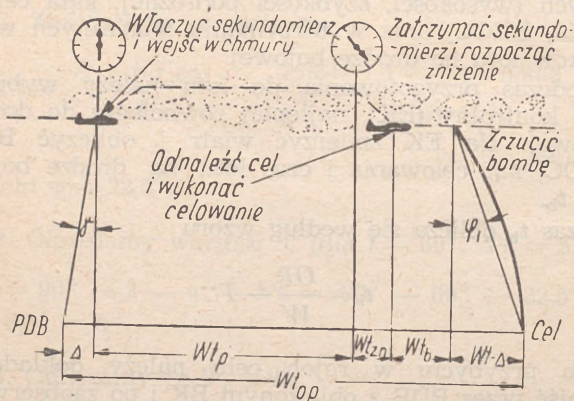
Jeżeli nie zdoła zobaczyć celu w celowniku, to należy zrzucić bomby po upływie czasu  $t_b$ .

Obliczenia i kolejność bombardowania z wykorzystaniem środków radiotechnicznych omawiają specjalne instrukcje.

Bombardowanie z celowaniem po wyjściu z chmur z niżeniem może być wykonane jako wymuszone lub zamierzone.

Przy podejściu do celu w chmurach lub nad chmurami należy zejść pod chmury i wykonać bombardowanie z celowaniem do celu widocznego (rys. 44).

Wyjście na cel w tym wypadku wykonuje się również, według obliczonego czasu, przyjmując za podstawę obliczeń dobrze widoczny punkt orientacyjny.



Rys. 44. Schemat profilu lotu i bombardowania przy wyjściu z chmur

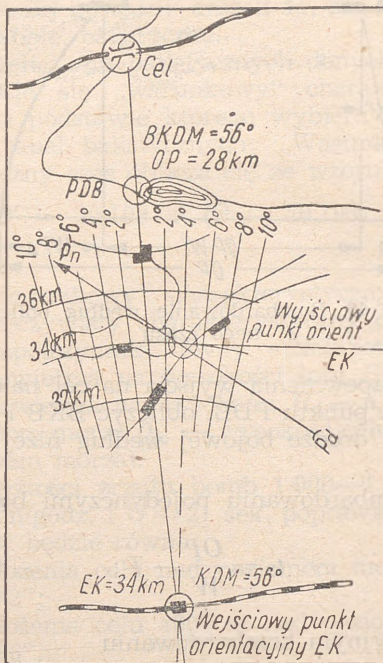
Z rys. 44 wynika

$$t'_p = t_{op} - (T + t_b + t_{zn});$$

$t'_p$  — czas lotu od PDB do początku zniżenia;

$t_{zn}$  — czas zniżania się samolotu.

Podczas przygotowania do lotu należy przygotować mapę rejonu celu, najlepiej w dużej skali, jak wskazuje rys. 45.

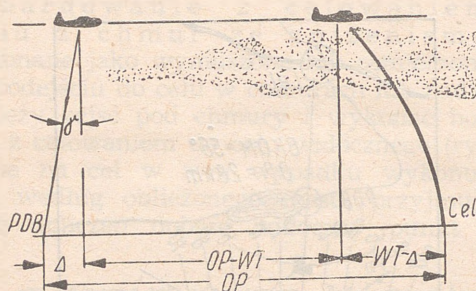


Rys. 45. Przygotowanie mapy do bombardowania w trudnych warunkach meteorologicznych

Bombardowanie według obliczonego czasu (rys. 46) wskutek niskiej celności do-

puszczalne jest tylko w tych przypadkach, kiedy:

- rozmiary celu zapewniają trafienie bomb przy danej długości drogi bojowej;
- lot nie jest zabezpieczony środkami radiotechnicznymi.



Rys. 46. Bombardowanie według obliczonego czasu

W celu zapewnienia wyjścia na cel należy określić BKDM z punktu PDB, obliczyć BKB i czas przebywania na drodze bojowej według niżej podanych wzorów:

- przy bombardowaniu pojedynczymi bombami

$$t_b = \frac{OP}{W} - T;$$

- przy seryjnym bombardowaniu

$$t_b' = \frac{OP}{W} - \left( T + \frac{t_s}{2} \right).$$

Przygotowanie mapy do pracy na EK jest analogiczne jak do bombardowania po wyjściu z chmur.

## BOMBARDOWANIE CELÓW POŁOŻONYCH NAD POZIOMEM MORZA

Przy bombardowaniu celów położonych nad poziomem morza należy przeliczyć dane balistyczne, ponieważ bomba w tych warunkach spada w ośrodku o mniejszej gęstości, aniżeli ta, dla której obliczone są tabele, balistyczne.

Przy przeliczaniu balistycznych danych zazwyczaj wykorzystuje się „warunkowy“ charakterystyczny czas  $\Theta'$ , na podstawie którego wybiera się dane ze zwykłych tabel balistycznych. „Warunkowy“ charakterystyczny czas oblicza się ze wzoru

$$\Theta' = 20,193 + (\Theta - 20,193) P,$$

w którym:

- $\Theta'$  — „warunkowy“ charakterystyczny czas;
- $\Theta$  — rzeczywisty charakterystyczny czas bomby;
- $P$  — współczynnik równy stosunkowi gęstości powietrza na wysokości lotu  $H_0$  do gęstości powietrza na wysokości  $H_0 - h_0$  nad poziomem morza ( $h_0$  — wysokość celu nad poziomem morza).

Dla wysokości zrzutu bomb 1 000—4 000 m przy  $V = 360$  km/godz. i  $\Theta = 21$  sek. poprawka w kąt celowania  $\Delta\varphi$  będzie równa:

- dla położenia celu nad poziomem morza 1000 m  $\Delta\varphi = 0,2^\circ$ ;
- dla położenia celu 4000 m nad poziomem morza  $\Delta\varphi = 0,6^\circ$ .

Przy bombardowaniu z celownikami nieautomatycznymi praktycznie uwzględniamy tylko przewyższenia celu nad poziomem morza wynoszące ponad 2000 m. Dostatecznie dokładna poprawka w kąt celowania dla wysokości od 2000—4000 m równa się  $0,5^\circ$ .

Tabela 16

Współczynniki określania „warunkowego” charakterystycznego czasu bomby

$$P = \frac{\gamma H_0}{\gamma H_0 - h_0}$$

$\frac{H_0, m}{h_0, m}$	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
500	0,950	0,949	0,948	0,947	0,946	0,945	0,943	0,940
1 000	0,904	0,902	0,899	0,897	0,894	0,892	0,887	0,882
1 500	0,860	0,856	0,853	0,850	0,847	0,843	0,839	0,832
2 000	0,818	0,814	0,810	0,807	0,803	0,798	0,792	0,783
2 500	0,778	0,774	0,768	0,764	0,760	0,755	0,748	0,740
3 000	0,741	0,737	0,731	0,726	0,720	0,715	0,708	0,698
3 500		0,701	0,696	0,689	0,683	0,677	0,671	0,660
4 000		0,668	0,662	0,656	0,649	0,643	0,635	0,625
4 500			0,630	0,624	0,616	0,610	0,602	0,592
5 000			0,600	0,594	0,584	0,579	0,572	0,560
6 000				0,538	0,530	0,523	0,514	0,503
7 000					0,481	0,473	0,464	0,453
8 000						0,429	0,420	0,409

## CELOWANIE PRZY ZRZUCANIU CIAŁ SPADAJĄCYCH POWOLI

### 1. Zasady ogólne

Zrzucone z samolotu ciało powoli spadające szybko wytraca swoją szybkość poziomą i przyspieszenie i posiadając jednostajną szybkość spadania, przesuwa się w stosunku do ziemi zgodnie z ruchem pośrednich warstw powietrza, przez które opada.

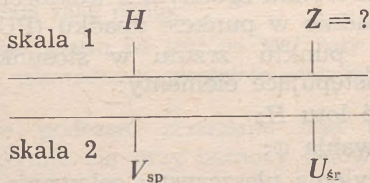
Rzut wykonanej pod wpływem wiatru drogi ciała na powierzchnię poziomą (ziemi) nazywa się znoszeniem ciała ( $Z$ ) i oblicza się na podstawie wzoru

$$Z = U_{\text{śr}} T_{\text{sp}} = \frac{HU_{\text{śr}}}{V_{\text{sp}}},$$

w którym

- $Z$  — wartość znoszenia w metrach;
- $T_{\text{sp}}$  — czas spadania ciała w sekundach;
- $U_{\text{śr}}$  — średnia szybkość wiatru w m/sek;
- $V_{\text{sp}}$  — średnia szybkość spadania ciała w m/sek;
- $H$  — wysokość zrzutu w metrach.

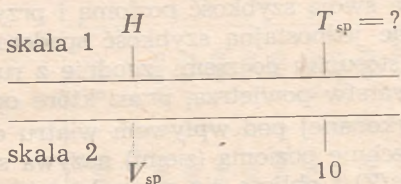
Na suwaku SN-1 wartość znoszenia oblicza się przy pomocy następującego klucza



Czas spadania ciała określa się z następującego wzoru

$$T_{sp} = \frac{H}{V_{sp}}$$

lub na suwaku SN-1 przy pomocy klucza



Średni wiatr do obliczeń zrzutu określa się:

- z pomiarów balonika pilotażowego;
- przez zrzucanie próbnego spadochronu;
- bezpośrednim pomiarem wiatru na pośrednich wysokościach co 500—1000 m, w zależności od wysokości zrzucania.

## 2. Schemat zrzucania ciał spadających powoli

Po zrzucie ciało wskutek otrzymanej od samolotu szybkości przesunie się w stosunku do powietrza w kierunku kursu samolotu na wielkość donośności  $A_0$ . Oprócz tego ciało wykona wspólnie z powietrzem drogę  $Z$  w kierunku zgodnym z wektorem średniego wiatru i upadnie w punkcie upadku (PU).

Położenie punktu zrzutu w stosunku do celu określają następujące elementy:

- wysokość lotu  $H$ ;
- kąt celowania  $\varphi$ ;
- kąt nachylenia płaszczyzny celowania  $\varphi_b$ .



Tabela 17

Kąty  $\varphi$  i  $\varphi_b$  dla ciał spadających powoli

$\varepsilon_{sr}$	$U_{sr}$		2 m/sek.		4 m/sek.		6 m/sek.		8 m/sek.		10 m/sek.		$U_{sr}$	$\varepsilon_{sr}$
	$\varphi$	$\varphi_b$	$\varphi$	$\varphi_b$	$\varphi$	$\varphi_b$	$\varphi$	$\varphi_b$	$\varphi$	$\varphi_b$	$\varphi$	$\varphi_b$		
$0^\circ$ i $360^\circ$	$14^\circ$	$0^\circ$	$26,5^\circ$	$0^\circ$	$37^\circ$	$0^\circ$	$46^\circ$	$0^\circ$	$51,5^\circ$	$0^\circ$	$180^\circ$			
$10^\circ$ i $350^\circ$	13	2,5	26	5	36	7,5	44	10	49	12	$170^\circ$ i $190^\circ$			
$20^\circ$ i $340^\circ$	12,5	5	25	10	34	14,5	41,5	19	47	23	$160^\circ$ i $200^\circ$			
$30^\circ$ i $330^\circ$	12	7	23	14	31	21	38	26,5	42	32	$150^\circ$ i $210^\circ$			
$40^\circ$ i $320^\circ$	10,5	9	19,5	17,5	27,5	25,5	33	32,5	36	39	$140^\circ$ i $220^\circ$			
$50^\circ$ i $310^\circ$	9	11	16,5	21	22,5	30	27	37,5	30	44	$130^\circ$ i $230^\circ$			
$60^\circ$ i $300^\circ$	7	12	13	22,5	17,5	33	21	40,5	23	47	$120^\circ$ i $240^\circ$			
$70^\circ$ i $290^\circ$	4,5	13,5	9	25	12	35	14	43	15,5	49,5	$110^\circ$ i $250^\circ$			
$80^\circ$ i $280^\circ$	2,5	14	4,5	26	6	36,5	7	44,5	8	50	$100^\circ$ i $260^\circ$			
$90^\circ$	0	14	0	26,5	0	37	0	45	0	51,5	$270^\circ$			

Ponieważ celownik typu OPB-1 nie pozwala na duże nachylenia w płaszczyźnie celowania na kąt  $\varphi_b$ , dlatego zrzucanie ciał spadających powoli należy wykonywać w płaszczyznach wiatru, najlepiej z wiatrem tylnym lub na kątach wiatru zbliżonych do zera.

We wszystkich pozostałych przypadkach zrzutu ciała wykonuje się przy pomocy pomocniczego punktu celowania (rys. 48).

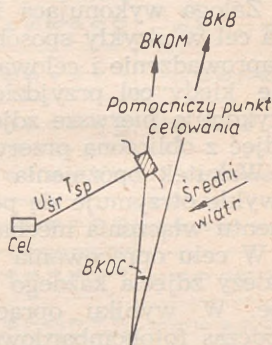
Pomocniczy punkt celowania oznacza się na mapie w dużej skali w odległości  $Z$  i kierunku odwrotnym do kierunku średniego wiatru.

Niezależnie od kierunku zajścia jako punkt celowania przyjmuje się punkt pomocniczy.

Zrzucone ciało za czas spadania pod wpływem średniego wiatru zostanie zniesione na wielkość  $Z$  i upadnie na cel.

Kąt celowania do punktu pomocniczego oblicza się na podstawie wartości  $A_0$ , która powinna być znana z doświadczenia lub wypisana z balistycznych tabel:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_0}{H}.$$



Rys. 48. Schemat celowania przy pomocy pomocniczego punktu

## FOTOBOMBARDOWANIE

Fotobombardowaniem nazywa się taki sposób szkolenia personelu w bombardowaniu, w którym zrzucanie bomb zastępuje się fotografowaniem celu.

Fotobombardowanie można wykonać zarówno z lotu poziomego jak i nurkowego.

Fotobombardowanie z lotu poziomego wykonuje się dwoma sposobami:

- sposobem zdjęcia trasowego;
- sposobem zdjęcia pojedynczego.

Przygotowanie do obliczeń fotobombardowania z lotu poziomego wykonuje się tylko dla sposobu zdjęcia trasowego, przy którym określa się  $N$  i  $t_i$  (patrz rozdz. VII „Fotografia lotnicza“).

Załoga wykonująca fotobombardowanie wychodzi na cel w zwykły sposób, następnie wykonuje boczne naprowadzenie i celowanie na donośność. W momencie kiedy cel przyjdzie na kąt celowania, załoga wykonuje pierwsze zdjęcie i następnie jeszcze kilka zdjęć z obliczoną przerwą czasową ( $t$ ).

Wskutek opóźnienia fotoaparatu pierwsze zdjęcie zwykle otrzymuje się po pewnym czasie ( $t_{sd}$ ) od momentu włączenia mechanizmu aparatu.

W celu opracowania wyników fotobombardowania należy zdjęcia każdego z zająć zmontować na kartonie. W wyniku opracowania zdjęć, otrzymanych podczas fotobombardowania z lotu poziomego, można ustalić:

- faktyczną wysokość „bombardowania“;
- faktyczną przeciętną szybkość podróży;
- faktyczny kąt znoszenia;
- faktyczny BKM i BKDM.
- wielkość radialnego uchylecia warunkowo zrzuconej bomby.

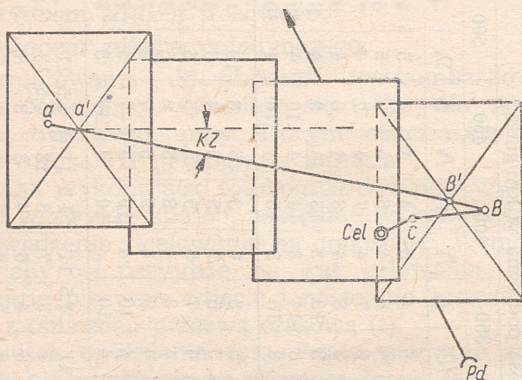
Zdjęcia należy opracowywać w następującej kolejności (rys. 49):

- określić skalę zdjęcia (przez zmierzenie odległości pomiędzy dwoma punktami na zdjęciu i ich odpowiednikami na mapie);



- obliczyć faktyczną wysokość bombardowania na podstawie wzoru

$$H_f = S_z \cdot F,$$



Rys. 49. Zdjęcia fotobombardowania wykonanego sposobem fotografowania trasowego

w którym:

$S_z$  — określona skala zdjęcia;

$F$  — odległość ogniskowa aparatu;

- wykreślić na zdjęciu kierunek magnetycznego południka;
- połączyć prostą środki pierwszego i ostatniego zdjęcia, otrzymując w ten sposób linię drogi samolotu;
- zmierzyć odległość pomiędzy środkami pierwszego i ostatniego zdjęcia i, mając faktyczny czas przebycia tej odległości, obliczyć faktyczną szybkość podróży

$$W_f = \frac{a'b' \cdot S_z}{t};$$

- ze środka pierwszego zdjęcia poprowadzić prostą równoległą do krótkiego boku zdjęcia, wyznaczając w ten sposób linię kursu samolotu;
- zmierzyć faktyczną wartość kąta znoszenia;
- według podrożnej szybkości, powietrznej szybkości i kąta znoszenia na wiatromierzu określić wiatr;
- określić na pierwszym zdjęciu punkt odwzorowania samolotu w momencie podejścia celu na kąt celowania, uwzględniając spóźnienie aparatu podczas fotografowania; w tym celu na przedłużeniu linii drogi bojowej ze środka pierwszego zdjęcia wykreślić w kierunku odwrotnym do kierunku lotu odcinek  $a a'$ , obliczony według wzoru

$$aa' = \frac{W_i t_{sp}}{S_z};$$

- odłożyć na linii drogi odcinek  $ab$ , równy

$$ab = \frac{W_i \cdot T}{S_z},$$

- równoległe do linii kursu, w kierunku odwrotnym do kierunku lotu, odłożyć odcinek  $bc$  równy

$$bc = \frac{\Delta}{S_z}$$

Punkt  $c$  na zdjęciu odpowiada punktowi upadku bomby w terenie. Odległość od punktu  $c$  do celu jest radialnym odchyleniem bomby.

Przy fotobombardowaniu sposobem pojedynczego zdjęcia zadanie załogi polega na włączeniu aparatu w momencie, kiedy powinna być zrzucona bomba.

Przy stosowaniu tego sposobu należy mieć fotoschemat rejonu celu lub mapę w dużej skali.

Wyniki fotobombardowania wykonanego tym sposobem opracowuje się w sposób następujący:

- określić skalę zdjęcia;
- obliczyć faktyczną wysokość bombardowania ze wzoru

$$H_f = S_z \cdot F;$$

- przeprowadzić przez środek zdjęcia linię kursu bojowego i wykreślić na nim punkt projekcji samolotu w momencie zrzutu, uwzględniając spóźnienie aparatu

$$aa' = \frac{V t_{sp}}{S_z}$$

- zorientować zdjęcie z fotoschematem (mapą) rejonu celu i przenieść ze zdjęcia na schemat punkt projekcji samolotu w momencie „zrzutu“ i linię kursu bojowego;
- zmierzyć faktyczny BKM;
- znając faktyczny wiatr (określony przez stację meteorologiczną) szybkość powietrzną i BKM, obliczyć na wiatromierzu faktyczną szybkość podrózną, kąt znoszenia i BKDM;
- z punktu projekcji samolotu w momencie zrzutu odłożyć w kierunku kursu bojowego donośność bomby:

$$A = VT - \Delta;$$

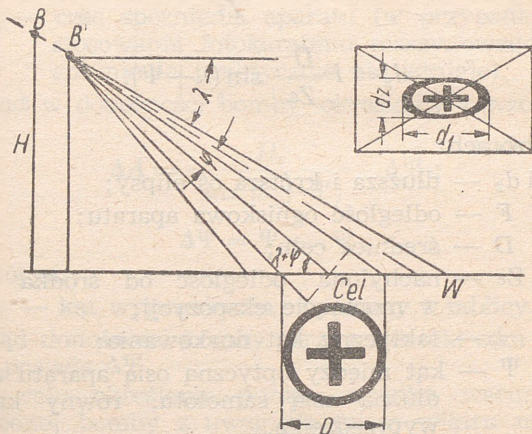
- od otrzymanego punktu odłożyć odcinek równy zniesieniu bomby przez wiatr, za czas spadania ( $U \cdot T$ ); otrzymany punkt określa miejsce upadku „bomby“.

Odległość od miejsca „upadku“ bomby do celu jest poszukiwanym odchyleniem bomby.

### Fotobombardowanie z lotu nurkowego

Fotobombardowanie z lotu nurkowego wykonuje się sposobem perspektywicznego fotografowania celu.

Teoretyczne uzasadnienie tego sposobu wynika z rozpatrzenia rys. 50. Samolot nurkuje pod kątem nurkowania po prostej  $BW$ . Optyczna oś aparatu tworzy z osią podłużną samolotu kąt wyprzedzenia  $\Psi$ , odpowiadający nakazanym warunkom bombardo-



Rys. 50. Schemat bombardowania z lotu nurkowego sposobem perspektywicznego fotografowania celu

wania. Wskutek tego optyczna oś aparatu jest równoległa do linii celowania, a środek zdjęcia przedstawia punkt, w który była skierowana linia celowania.

W punkcie  $B$ , w którym według obliczeń załogi powinna być zrzucona bomba, włącza się aparat. W wyniku spóźnienia aparatu, zdjęcie będzie wykonane nieco później, w jakimś punkcie  $B'$ .

Przypuśćmy, że fotobombardowanie było wykonane na poligonie do celu-koła o średnicy  $D$ . Na zdjęciu przedstawia się ono jako elipsa o osiach  $d_1$  i  $d_2$ .

Z rys. 44 wynika

$$d_1 = F \frac{D}{Z_\varepsilon},$$

$$d_2 = F \frac{D}{Z_\varepsilon} \cdot \sin(\lambda + \Psi),$$

we wzorach:

$d_1$  i  $d_2$  — dłuższa i krótsza oś elipsy;

$F$  — odległość ogniskowa aparatu;

$D$  — średnica celu;

$Z_\varepsilon$  — nachylona odległość od środka celu w momencie ekspozycji;

$\lambda$  — faktyczny kąt nurkowania;

$\Psi$  — kąt między optyczną osią aparatu a podłużną osią samolotu, równy kątowi wyprzedzenia.

Z wzorów możemy otrzymać

$$\sin(\lambda + \Psi) = \frac{d_2}{d_1}.$$

$$Z_\varepsilon = F \frac{D}{d_1}.$$

Z tablic trygonometrycznych określamy wartość sumy kątów  $(\lambda + \Psi)$ , od której odejmujemy znany kąt  $\Psi$  i otrzymujemy faktyczny kąt nurkowania  $\lambda$ .

Aby określić faktyczną wysokość zrzutu, należy uwzględnić czas spóźnienia aparatu, posługując się następującymi wzorami

$$Z_z = Z_\varepsilon + V_z t_{sp}; H_z = Z_z \sin(\lambda + \Psi),$$

w których:

$Z_z$  — nachylona odległość w momencie „zrzutu“;

$V_z$  — szybkość powietrzna w momencie „zrzutu“;

$t_{sp}$  — czas spóźnienia aparatu (w przypadku zastosowania fotokarabinu maszynowego czas spóźnienia praktycznie nie istnieje).

Błąd w donośności bomby określamy z wzoru

$$\Delta A = \frac{H_z}{\sin^2(\lambda + \Psi)} \cdot \Delta \Psi ;$$

$$\Delta \Psi = \Psi_T - \Psi ,$$

w którym

$\Psi_T$  — kąt wyprzedzenia wypisany z tablicy.

Błąd donośności bomby otrzymuje taki sam znak, jaki posiada  $\Delta \Psi$ .

W celu określenia punktu upadku warunkowo zrzuconej bomby z uwzględnieniem wiatru należy:

- na arkuszu czystego papieru odłożyć (w określonej skali) na linii kursu z punktu naprowadzenia (ze środka zdjęcia) wartość  $\Delta A$ . Koniec odcinka  $\Delta A$  wyznaczy nam punkt upadku bomby w ciszy; należy pamiętać, że jeśli  $\Delta A$  jest wartością dodatnią, to odcinek odkłada się w kierunku odwrotnym do kierunku zajścia, jeśli ujemną — to w kierunku zajścia;

- od otrzymanego punktu wykreślić wektor wiatru meteorologicznego *UT*. Koniec wektora wyznacza punkt upadku bomby;
- z punktu naprowadzenia w przyjętej skali nanieść położenie środka celu na podstawie wartości jego współrzędnych w stosunku do środka zdjęcia;
- określić odchylenie punktu upadku bomby od środka celu w kierunku i odległości i ocenić fotobombardowanie.

#### FOTOKONTROLA WYNIKÓW BOMBARDOWANIA

Zasadniczym i najbardziej obiektywnym sposobem kontrolowania wyników bombardowania jest fotografowanie.

Przy pomocy fotografowania można ustalić zarówno celność bombardowania, jak i wynik wykonania zadania bojowego w całości.

Stosuje się trzy rodzaje fotografowania wyników bombardowania:

- samokontrola załogi;
- samokontrola grupy;
- fotokontrola specjalna.

W celu osiągnięcia wysokiej jakości fotokontroli wyników bombardowania, należy:

- utrzymać nakazane warunki lotu podczas fotografowania;
- prawidłowo ustawić kąt nachylenia optycznej osi aparatu;
- rozmieścić racjonalnie w ugrupowaniu samoloty z aparatami;
- wybrać prawidłowo wielkość ekspozycji i przerw pomiędzy ekspozycjami.

Aparaty fotograficzne przeznaczone do fotografowań dziennych, niezależnie od metod bombardowa-

nia i typu foto-stanowisk, powinny mieć kąt nachylenia optycznej osi skierowany  $15\text{--}30^\circ$  do tyłu.

Przy samokontroli grupy, jeden z aparatów powinien być ustawiony pionowo lub pod kątem od  $0\text{--}10^\circ$  w przód, ażeby zapewnić sfotografowanie celu przed jego zbombardowaniem.

Na wszystkich aparatach zmontowanych na stanowiskach ruchomych — niezależnie od wysokości, i na stanowiskach nieruchomych — przy wysokościach do 1000 m, z zasady ustawia się pomiędzy ekspozycjami minimalną przerwę czasową.

Na aparatach o stanowiskach nieruchomych, przy fotografowaniu z wysokości większej niż 1000 m, przerwę czasową pomiędzy ekspozycjami oblicza się z uwzględnieniem 50 procentowego przekrycia zdjęć.

Podczas fotokontroli wyników bombardowania w dzień stosuje się następujące sposoby fotografowania:

- z lotu poziomego po prostej z nakazanej wysokości;
- z lotu nurkowego;
- w skrócie;
- z lotu po prostej po skrócie.

Fotografowanie z lotu poziomego po prostej z nakazanej wysokości jest najbardziej pewnym sposobem kontroli wyników bombardowania i stosuje się je we wszystkich przypadkach, gdy pozwala na to sytuacja.

Fotografowanie z lotu nurkowego stosuje się dla kontroli wyników bombardowania wykonanego z lotu nurkowego.

Fotografowanie celu i wybuchów w skrócie stosuje się w przypadku, jeśli po zrzućcie bomb samolot (grupa) rozpoczyna skręt w celu odejścia z kursem przeciwnym do kursu bojowego. Przy skrócie przechył nie powinien przewyższać  $30^\circ$ .

Fotografowanie z lotu po prostej po skręceniu stosuje się w tych samych przypadkach, co i fotografowanie w skręceniu, lecz jest ono bardziej pewne; w tym przypadku samolot (grupa) rozpoczyna skręt natychmiast po zrzuceniu bomb i przerywa go na 3—5 sekund przed momentem wybuchu bomb, po czym kontynuuje lot po prostej aż do zakończenia fotografowania.

W nocy fotokontrola wyników bombardowania odbywa się następującymi sposobami:

- podejściem do celu i fotografowaniem go z lotu poziomego;
- podejściem do celu lotem ślizgowym i fotografowaniem z lotu poziomego;
- podejściem do celu i fotografowaniem go z lotu ślizgowego.

We wszystkich przypadkach fotografowanie wykonuje się z oświetleniem celu specjalnymi bombami FOTAB.

Podczas samokontroli załogi w nocy fotografowanie wykonuje się bezpośrednio po wybuchu bomby. FOTAB zrzuca się jako ostatnią w serii bomb bojowych.

Podczas specjalnej fotokontroli FOTAB zrzuca się według kąta celowania określonego z następującego wzoru

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{W \cdot t_f}{H} \pm \operatorname{tg} \alpha,$$

w którym

$t_f$  — czas opóźnienia zapalnika FOTAB;

$\alpha$  — kąt nachylenia NAFA obliczony z wzoru

$$\alpha = \gamma - \beta - \alpha_1,$$

w którym

$\beta$  — połowa kąta obserwacji NAFA w płaszczyźnie linii drogi;

$\gamma$  — kąt zwłoki FOTAB;

$\alpha_1$  — wielkość kątowna zapewniająca rozbłysk FOTAB poza polem obserwacji NAFA.

Opóźnienie zapalników FOTAB ( $t_f$ ) przy automatycznej fotokontroli bombardowania określa się z uwzględnieniem czasu spadania bomby bojowej z wzorów:

— przy fotografowaniu celu przed wybuchem bomb bojowych

$$t_f = T - 2;$$

— przy fotografowaniu celu po wybuchu bomb bojowych

$$t_f = T + 2.$$

#### CELOWANIE PODCZAS BOMBARDOWANIA

Celowanie podczas bombardowania z lotu poziomego wykonuje się w strefie celowania, której granicą jest obwód koła o promieniu

$$R = V(T + t_b),$$

we wzorze —  $t_b$  oznacza czas potrzebny bombardierowi na wykonanie celowania.

Na granicy lub w pobliżu strefy celowania wybiera się charakterystyczne, dobrze widoczne z powietrza punkty orientacyjne, noszące nazwę początku drogi bojowej (PDB).

Celowanie podczas bombardowania z lotu poziomego składa się z dwóch zasadniczych elementów:

- celowania w kierunku (boczne naprowadzenie) mającego na celu zgranie linii upadków z celem;
- celowania na odległość, mającego na celu określenie momentu zrzutu bomby.

### Naprowadzenie boczne

Stosuje się trzy zasadnicze sposoby bocznego naprowadzenia: nawigacyjny, kątów wielokrotnych i bazy kątowej.

Sposób nawigacyjny stosuje się podczas bombardowania z nakazanego kierunku od PDB. BKOC i kąt celowania oblicza się i ustawia na celowniku przed wyjściem na PDB.

Nawigator po ustawieniu celownika na BKOC podaje komendy pilotowi, wykonującemu dowroty samolotem do momentu zgrania kreski kursowej z celem. Przy dokładnie obliczonej wartości BKOC, dokładnym wyjściu na PDB i utrzymaniu nakazanego kursu cel będzie przesuwac się po kresce kursowej — boczne naprowadzenie na tym kończy się.

W wypadku jeżeli cel zejdzie z kreski kursowej (nieodkładnie utrzymany któryś z elementów bocznego naprowadzenia), należy wykonać jeden—dwa dowroty w celu ponownego uchwycenia bombardowanego obiektu na kreskę kursową.

Sposób kątów wielokrotnych i bazy kątowej.

Przy tych sposobach naprowadzenia BKOC dobiera się sposobem wielokrotności na podstawie przesuwania się celu w polu obserwacji celownika.

Nawigator po określeniu kątowej wielkości odchylenia celu od kreski kursowej (na poprzecznej kresce celownika) mnoży otrzymaną wartość przez pewien stały współczynnik  $K$ , otrzymując w ten sposób poprawkę kursu, którą podaje pilotowi jako wielkość kąta dowrotu samolotu

$$\Delta K = K\mu,$$

we wzorze:

$\Delta K$  — kąt dowrotu samolotu w stopniach;

$\mu$  — kąt odchylenia celu od kreski kursowej celownika w stopniach.

Wartości współczynnika  $k$  w zależności od bazy kątowej i początkowego kąta obserwacji określa się z tabeli 19.

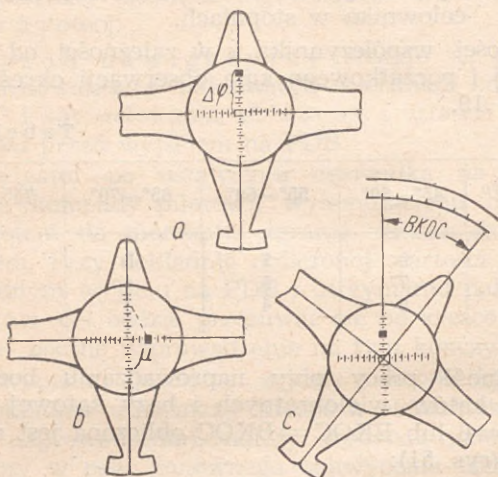
Tabela 19

$\Delta\varphi \backslash \varphi_0$	45°—50°	55°—60°	65°—70°	75°—80°
5°	9	7	5	3
7°	7	5	4	2
10°	5	4	3	1

Kolejność pracy przy naprowadzaniu bocznym metodą kątów wielokrotnych i bazy kątowej przy BKOC = 0 lub BKOC = BKOC obliczona jest następująca (rys. 51):

- skrzętem samolotu zgrać kreskę kursową celownika z celem (rys. 51a);
- obracaniem pokrętła kątów obserwacji umieścić cel przed skrzyżowaniem siatki celownika na wielkość  $\Delta\varphi$ ;
- nie ruszając pokrętła kątów obserwacji, śledzić przesuwanie się celu w polu obserwacji celownika;
- w momencie przecięcia poprzecznej kreski celownika przez cel określić wielkość kąta odchylenia (rys. 51b) i pomnożyć ją przez odpowiedni współczynnik wielokrotności; podać pilotowi komendę, na ile stopni wykonać dowrót samolotu (dowrót wykonuje się zawsze w stronę odchylenia celu);

— po zakończeniu skrętu samolotu obrotem celownika w piętkę zgrać kursową linię z celem (rys. 51c).



Rys. 51. Położenie celu w polu obserwacji celownika podczas naprowadzenia bocznego

Jeżeli po pierwszym dowrocie samolotu cel w dalszym ciągu schodzi z linii kursowej celownika, dowrót powtórzyć bez wytrzymania bazy katowej z wielokrotnością nie większą niż 2.

### Celowanie na odległość

Celowanie na odległość przy pomocy celowników nieautomatycznych przeprowadza się po zakończeniu naprowadzenia bocznego. Boczne naprowadzenie powinno być zakończone najpóźniej na 5—7° przed przyjsciem celu na kąt celowania. Po zakończeniu

bocznego naprowadzenia cel należy utrzymywać na kursowej linii w przedniej części pola obserwacji celownika 8—10° przed skrzyżowaniem siatki.

W momencie zgrania się kąta celowania z kątem obserwacji (pętelki z trójkącikiem) obracanie pokrętelem kątów obserwacji należy przerwać i prawą rękę przenieść na przycisk celownika. Żadnych dowrotów samolotu w tym czasie wykonywać nie należy.

W momencie wejścia celu w środek pęcherzyka poziomicy zrzucić bombę.

#### ROZRZUT PRZY BOMBARDOWANIU

Podczas bombardowania punkty upadków bomb układają się koło punktu celowania na jakiejś płaszczyźnie (określonych rozmiarów), której kontury przypominają elipsę. To zjawisko nazywa się rozrzutem.

Środek pola, na którym układają się bomby, nazywa się środkiem rozrzutu.

Współrzędne środka rozrzutu równają się

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n};$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n};$$

we wzorach:

$\Sigma$  — znak sumowania (suma);

$X_0$  — podłużna oś współrzędnych pola rozrzutu;

$Y_0$  — poprzeczna oś współrzędnych pola rozrzutu;

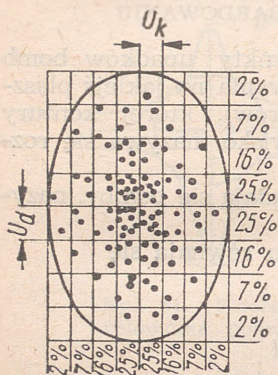
$x_i$  — uchylenie bomby od punktu celowania w odległości;

$y_i$  — uchylenie bomby od punktu celowania w kierunku;

$n$  — ilość zrzuconych bomb.

Współrzędne pola rozrzutu ( $X_0$  i  $Y_0$ ) charakteryzują celność bombardowania.

Gęstość położenia punktów upadków bomb w stosunku do środka rozrzutu charakteryzuje skupienie bombardowania. Celność i skupienie w sumie określają dokładność bombardowania.



Rys. 52. Elipsa rozrzutu dla małych wysokości bombardowania

Środek pola rozrzutu zazwyczaj nie pokrywa się z punktem celowania i osie elipsy rozrzutu bywają odchylone w stosunku do linii kursu bojowego. Jednakże przy obliczeniach bombardierskich i przy ocenie wyników bombardowania jako środek pola rozrzutu przyjmuje się punkt celowania, a odchylenia osi elipsy nie bierze się pod uwagę.

Jako miarę charakteryzującą pole rozrzutu i celność bombardowania przyjęto uchylenie prawdopodobne, które zależy od wysokości bombardowania, szybkości lotu i kąta nurkowania:

- $U_d$  — uchylenie prawdopodobne w donośności;
- $U_k$  — uchylenie prawdopodobne w kierunku.

Uchyleniem prawdopodobnym nazywa się połowa szerokości centralnego pasa elipsy, zawierającego 50% wszystkich trafień.

Pole rozrzutu bomb dzieli się na osiem pasów lub uchyień prawdopodobnych, zawierających około 100% wszystkich punktów upadków bomb (rys. 52). Doświadczalnie ustalono, że przy bombardowaniu z lotu poziomego i nurkowego z małych wysokości (do 1000 m), pole rozrzutu bomb jest wyraźnie wydłużone w kierunku lotu i swoim kształtem przypomina elipsę.

Przy bombardowaniu z wysokości od 1000—8000 m pole rozrzutu bomb zbliżone jest bardzo do koła i  $U_d = U_k = UR$ .

Na podstawie teoretycznych badań wyników bojowych i szkolnych bombardowań ustalono znormalizowane wzory do obliczeń prawdopodobnych uchyień.

Wzory te określają rozrzut dla załóg z dobrym wyszkoleniem bombardierskim.

Dla załóg z bardzo dobrym wyszkoleniem dopuszcza się rozrzut nie większy niż dwie trzecie normy rozrzutu dla załóg przygotowanych dobrze, to znaczy:

$$UR_{bd} = 0,67 UR_{db}$$

Dla załóg z dostatecznym przygotowaniem bombardierskim dopuszcza się rozrzut przewyższający normy dla załóg dobrze przygotowanych o dwie trzecie, to znaczy:

$$UR_{dost} = 1,67 UR_{db}$$

## TAKTYCZNE OBLICZENIA BOMBARDIERSKIE

Taktyczne obliczenia bombardieryskie mają na celu ustalić:

- najbardziej odpowiedni dla danego celu typ i kaliber bomb oraz typ i opóźnienie zapalników;
- konieczną ilość trafień celu bombami wybranego kalibru dla osiągnięcia nakazanego wyniku zniszczenia;
- metodę bombardowania najbardziej właściwą dla konkretnych warunków zadania;
- ilość samolotów potrzebną do wykonania zadania.

Obliczenie bombardieryskie należy wykonać również w tych przypadkach, kiedy ilość sił i środków określono z góry w zadaniu, ale należy określić oczekiwany wynik lub ocenić celność bombardowania na podstawie faktycznej ilości trafień.

Taktyczne obliczenia bombardieryskie wykonuje się przy pomocy tabel „Obliczeń bombardieryskich“, tabel „Oczekiwanej ilości trafień“ i tabel „Norm rażenia celów typowych“.

Pełne taktyczne obliczenie bombardieryskie z wykorzystaniem tabel bombardieryskich wykonuje się w następującej kolejności:

— Określa się:

1. Nazwę celu.....
2. Wymiary celu  $G_c = \dots\dots B_c = \dots\dots$
3. Ilość rzędów samolotów w ugrupowaniu  $n$  i odstęp pomiędzy nimi  $J = \dots\dots$
4. Typ bomby..... zapalnika..... opóźnienie.....
5. Taktyczną normę rażenia bomby  $f_b = \dots\dots$

6. Konieczną ilość trafień  $M_{tr} = \frac{G_c \cdot B_c}{f_b}$
7. Ilość bomb na samolocie  $n' = \dots\dots$
8. Ilość bomb w serii  $n = \dots\dots$
9. Sposób celowania i bombardowania  $\dots\dots$
10. Wysokość zrzutu  $H_z = \dots\dots$ ; szybkość zrzutu  $V_z = \dots\dots$
11. Kąt nurkowania  $\lambda = \dots\dots$
12. Stopień wyszkolenia załóg  $\dots\dots$
13. Uchylenia prawdopodobne:  $U_d = \dots\dots$   $U_k = \dots\dots$
14. Rozmiary celu w uchyleniach prawdopodobnych:  $K_d = \frac{G_c}{U_d} = \dots\dots$ ;  $K_k = \frac{B_c}{U_k} = \dots\dots$
15. Odstęp pomiędzy samolotami w ugrupowaniu bojowym w uchyleniach prawdopodobnych:  
 $K_i = \frac{S}{U_k} = \dots\dots$
16. Procent trafień na donośność  $d_{min} = \dots\dots$  %;  
w kierunku  $k_{min} = \dots\dots$  %;
17. Procent trafień w cel  $f_{min} = \frac{d_{min} \cdot k_{min}}{1000} = \dots\dots$  %;  
odstęp serii  $K_i = \dots\dots$ ;  $i = K_i \cdot U_d = \dots\dots$
18. Oczekiwana ilość trafień bomb zrzuconych z jednego samolotu,  $M = \frac{n' \cdot f_{min}}{100}$
19. Potrzebna ilość samolotów  $N = \frac{M_{tr}}{M} = \dots\dots$
20. Faktyczna ilość trafień  $M_f = \dots\dots$

### OCENA WYNIKÓW INDYWIDUALNYCH I GRUPOWYCH BOMBARDOWAŃ SZKOLNYCH

Indywidualne bombardowania szkolne wykonane pojedynczymi bombami ocenia się następująco:

- do wysokości 1 000 m — według średnich arytmetycznych uchyień  $X_{\text{sr}}$  (w odległości) i  $Y_{\text{sr}}$  w kierunku;
- przy bombardowaniach z wysokości 1 000 m i większych — według średnich uchyień radialnych  $U_{\text{sr}}$ .

Ocenę przeprowadza się drogą porównania otrzymanych faktycznych średnich arytmetycznych uchyień z uchyleniami obliczonymi według norm na „bardzo dobrze“, „dobrze“ i „dostatecznie“.

Faktyczne średnie uchylenie określa się na podstawie informacji z poligonu:

- dla wysokości do 1 000 m według wzorów

$$X_{\text{sr}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)}{n}; \quad Y_{\text{sr}} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{n};$$

w których

$\Sigma$  — znak sumowania (proste nawiasy oznaczają, że dodawanie należy wykonać bez uwzględnienia znaków);

$n$  — ilość bomb;

- dla wysokości ponad 1 000 m według wzoru:

$$U_{\text{sr}} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n},$$

w którym

$r_i$  — wartość uchylenia radialnego dla każdego ocenionego punktu upadku bomby.

Ogólna ocena indywidualnych szkolnych bombardowań, wykonanych z wysokości mniejszych niż 1 000 m składa się z ocen celności na donośność i w kierunku. Wyprowadza się ją zgodnie z tabelą 20.

Ocena celności na donośność (lub w kierunku)	Ocena celności w kierunku (lub na donośność)	Ocena ogólna
1	2	3
bardzo dobrze	bardzo dobrze	bardzo dobrze
„ „	dobrze	dobrze
„ „	dostatecznie	„
„ „	niedostatecznie	niedostatecznie
dobrze	dobrze	dobrze
„	dostatecznie	dostatecznie
„	niedostatecznie	niedostatecznie
dostatecznie	dostatecznie	dostatecznie
„	niedostatecznie	niedostatecznie

Grupowe bombardowania szkolne, wykonywane na sygnał prowadzącego pojedynczymi bombami lub seriami, indywidualne bombardowania seryjne oraz bombardowania wykonywane podczas ćwiczeń lotno-taktycznych ocenia się na podstawie porównania ilości faktycznych trafień w cel z ilością możliwych trafień, określonych dla konkretnych warunków bombardowania.

Ilość możliwych trafień w nakazany cel zależy od:

- wymiarów i konfiguracji celu;
- wysokości i szybkości bombardowania;
- metody bombardowania;
- ilości bomb w serii lub w salwie;
- ilości wykonanych przez każdy samolot zajęć na cel;

- rodzaju ugrupowania bojowego przy grupowym bombardowaniu;
- stopnia wyszkolenia bombardierskiego załóg prowadzących, a przy bombardowaniu indywidualnym — od wyszkolenia każdej załogi z osobna.

Celność bombardowania ocenia się na zasadzie przyjętego ogólnie stopniowania: „bardzo dobrze“, „dobrze“, „dostatecznie“, „niedostatecznie“.

Wyniki wszystkich bombardowań każdego nawigatora i pilota odnotowuje się wraz z oceną w arkuszu ewidencji indywidualnych i grupowych bombardowań.

---

## ROZDZIAŁ VI

### STRZELANIE POWIETRZNE

#### TERMINY I SYMBOLE ELEMENTÓW TORU POCISKU

(rys. 53)

Tor pocisku — krzywa, opisywana środkiem ciężkości pocisku.

Punkt wylotu — (O) środek ścięcia lufy w momencie wystrzału.

Poziom wylotu — płaszczyzna pozioma, przechodząca przez punkt wylotu.

Linia położenia celu — prosta, łącząca punkt wylotu z celem.

Absolutna linia rzutu — przedłużenie osi lufy w momencie wystrzału; prosta, wzdłuż której oddziałuje wektor absolutnej szybkości początkowej.

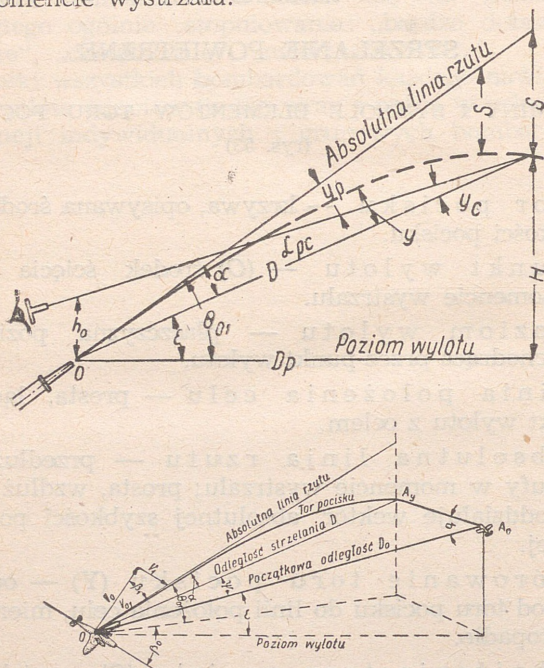
Górowanie toru pocisku (Y) — odległość od toru pocisku do linii położenia celu, mierzona prostopadłe.

Obniżenie toru pocisku (S) — wielkość, na którą pod wpływem ciężkości obniża się pocisk w stosunku do linii rzutu, mierzona pionowo.

Odległość początkowa ( $D_0$ ) — odległość celu od punktu wylotu w momencie wystrzału (odległość obserwacji).

Przeniesienie liniowe ( $A$ ) — odchylenie pocisku od płaszczyzny rzutu pod wpływem szybkości własnego samolotu.

Początkowy punkt położenia celu ( $A_0$ ) — punkt, w którym znajduje się samolot — cel w momencie wystrzału.



Rys. 53. Elementy toru pocisku przy strzelaniu powietrznym

Punkt spotkania ( $A_v$ ) (punkt wyprzedzenia) — punkt, w którym pocisk spotyka się z celem.

Odległość strzelania ( $D$ ) — odległość od punktu wylotu ( $O$ ) do punktu spotkania  $A_v$ .

Wyprzedzona linia celu — linia łącząca punkty  $O$  i  $A_v$ .

Wyprzedzenie liniowe ( $L$ ) — droga samolotu-celu przebyta w czasie lotu pocisku od punktu wylotu do punktu spotkania.

Kąt położenia celu ( $\epsilon$ ) — kąt zawarty między linią położenia celu i poziomem wylotu.

Absolutny kąt rzutu ( $\Theta_{01}$ ) — kąt zawarty między poziomem wylotu i absolutną linią rzutu.

Kąt celowania ( $\alpha$ ) — kąt zawarty między linią położenia celu i absolutną linią rzutu.

Względny nachylony burtowy kąt broni ( $\beta_0$ ) — kąt zawarty pomiędzy kierunkiem wektora powietrznej szybkości samolotu  $V_1$  i kierunkiem do celu (mierzy się od 0 do  $180^\circ$ ).

Kąt przeniesienia ( $\beta_1$ ) — kąt zawarty pomiędzy wektorem  $V_0$  i  $V_{01}$ .

Kąt wyprzenia ( $\psi$ ) — kąt zawarty pomiędzy początkową linią położenia celu i wyprzedzoną linią celu.

Sylwetka celu ( $q$ ) — sinus kursowego kąta celu — kąt zawarty między początkową linią położenia celu, a kursem celu.

Kąt nachylenia celownika ( $Y_c$ ) — kąt zawarty pomiędzy osią celownika i linią położenia celu.

Kąt celownika ( $Y_v$ ) — kąt zawarty pomiędzy osią celownika i osią lufy.

Szybkość początkowa pocisku ( $v_0$ ) — szybkość pocisku wystrzelonego na ziemi w punkcie wylotu.

Szybkość powietrzna strzelca ( $V_1$ ) — szybkość samolotu, z którego wykonuje się strzelanie w powietrzu.

Absolutna szybkość początkowa pocisku ( $v_{01}$ ) — geometryczna suma wektorów szybkości początkowej pocisku ( $V_0$ ) i szybkości samolotu strzelającego ( $V_1$ ).

Szybkość celu ( $V_c$ ) — szybkość samolotu nieprzyjaciela.

Czas lotu pocisku do celu ( $t$ ).

Średnia szybkość lotu pocisku ( $V_{sr}$ ) — przeciętna szybkość lotu pocisku na drodze do celu.

#### ELEMENTY TORU POCISKU

##### Uwzględnienie szybkości własnej ( $V_1$ )

Podczas strzelania z lecącego samolotu przy obliczeniach strzeleckich należy uwzględnić szybkość własnego samolotu ( $V_1$ ), wskutek której zmienia się szybkość początkowa pocisku oraz powstaje przesilenie liniowe i kątowe.

Szybkość absolutną pocisku obliczamy z następujących wzorów:

— przy strzelaniu w kierunku lotu (do przodu)

$$V_{01} = V_0 + V_1;$$

— przy strzelaniu w odwrotnym kierunku lotu (do tyłu)

$$V_{01} = V_0 - V_1;$$

— przy strzelaniu z względnym nachylonym burtowym kątem broni różnym od  $0^\circ$  i  $180^\circ$ .

$$V_{01} = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + 2V_0 V_1 \cdot \cos \beta_0}$$

**Przykład.**

$$V_0 = 800 \text{ m/sek}; V_1 = 150 \text{ m/sek};$$

$$\beta_0 = 45^\circ (\cos 45^\circ = 0,7).$$

**Rozwiązanie.**

$$V_{01} = \sqrt{800^2 + 150^2 + 2 \cdot 800 \cdot 150 \cdot 0,7} = 864 \text{ m/sek.}$$

### Przeniesienie liniowe

Przeniesienie liniowe pocisku określa się ze wzoru

$$A = \frac{DV_1}{V_0}$$

**Przykład.**

$$D = 400 \text{ m}; V_1 = 140 \text{ m/sek. } V_0 = 700 \text{ m/sek.}$$

**Rozwiązanie.**

$$A = \frac{400 \cdot 140}{700} = 80 \text{ m}$$

Kąt przeniesienia  $\beta_1$  w broni na stanowiskach ruchomych uwzględnia się automatycznie.

### Uwzględnienie szybkości celu ( $V_c$ )

Ponieważ samolot nieprzyjaciela posiada pewną szybkość ( $V_c$ ) i za czas lotu pocisku ( $t$ ) wykona pew-

na drogę, to żeby go trafić, należy punkt celowania przenieść w kierunku wektora jego szybkości na odległość ( $L$ ), zwaną wyprzedzeniem liniowym, które oblicza się z wzoru

$$L = V_c \cdot t.$$

**Przykład.**

$$V_c = 170 \text{ m/sek}; t = 0,74 \text{ sek.}$$

**Rozwiązanie.**

$$L = 170 \cdot 0,74 = 126 \text{ m.}$$

W praktyce zazwyczaj posługujemy się kątem wyprzedzenia, który otrzymujemy w tysięcznych z następującego wzoru

$$\Psi^T = \frac{V_c \cdot t}{D} \cdot 1\,000 \sin q = \frac{V_c}{V_{sr}} \cdot 1\,000 \cdot \sin q$$

**Przykład.**

$$V_c = 170 \text{ m/sek (611 km/godz.)}; t = 0,6 \text{ sek};$$

$$D = 400 \text{ m}; q = 50^\circ (\frac{3}{4}).$$

**Rozwiązanie.**

$$\Psi^T = \frac{170 \cdot 0,6}{400} 2\,000 \cdot 0,77 = 196 \text{ tys.}$$

W powietrzu kąt wyprzedzenia możemy obliczyć z wystarczającą dokładnością przy pomocy uproszczonego wzoru:

$$\Psi^T = V'_c \cdot R,$$

w którym

$R$  — licznik sylwetki samolotu (1, 2, 3, 4);

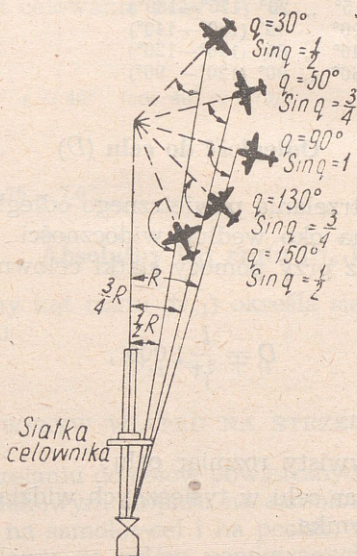
$V'_c$  — szybkość samolotu-celu w dziesiątkach km/godz.

**Przykład.**

dane wyjściowe z poprzedniego przykładu.

**Rozwiązanie.**

$$\psi^T = 61 \cdot 3 = 183 \text{ tys.}$$

**Sylwetka celu**

Rys. 54. Określenie sylwetki celu

Sylwetkę celu określa się w ćwiartkach na podstawie widzianego skrót (rzutu) kadłuba samolotu-celu. (rys. 54).

W praktyce jako wystarczająco dokładne odpowiedniki kątów kursowych samolotu-celu przyjęto następujące sylwetki:

Kąty kursowe samolotu celu	Sylwetki
od 0° do 5° (180°—175°)	0,4
„ 5° „ 20° (175°—160°)	1,4
„ 20° „ 40° (160°—140°)	2,4
„ 40° „ 60° (140°—120°)	3,4
„ 60° „ 90° (120°— 90°)	4,4

### Odległość do celu ( $D$ )

W czasie strzelania powietrznego odległość do celu określa się na oko według widoczności szczegółów samolotu oraz przy pomocy siatki celownika według wzoru

$$D = \frac{l}{\gamma^T} 1000 ,$$

w którym

$l$  — rzeczywisty rozmiar celu;

$\gamma^T$  — rozmiar celu w tysięcznych widziany w siatce celownika.

**Przykład.**

$$l = 10 \text{ m}; \gamma^T = 20 \text{ tys.}$$

**Rozwiązanie.**

$$D = \frac{10}{20} \cdot 1000 = 500 \text{ m.}$$

### Kąt położenia celu ( $\varepsilon$ )

Zmiana kąta położenia celu wpływa na kształtowanie się toru pocisku, a w związku z tym i na kąt celowania. Zależność kąta celowania od kąta położenia celu wypływa z następującego wzoru

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \cos \varepsilon,$$

w którym

$\alpha_0$  — kąt celowania przy  $\varepsilon = 0$ .

**Przykład.**

$$\alpha_0 = 10^\circ, \quad \varepsilon = 40^\circ \quad (\cos 40^\circ = 0,76).$$

**Rozwiązanie.**

$$\alpha = 10 \cdot 0,76 = 7,6^\circ.$$

### Absolutny kąt rzutu ( $\Theta_{01}$ )

Absolutny kąt rzutu ( $\Theta_{01}$ ) określa się z następującego wzoru

$$\Theta_{01} = \varepsilon + \alpha$$

### WPLYW WIATRU NA STRZELANIE

Przy strzelaniu do celów powietrznych wiatr wpływa w jednakowym stopniu na samolot prowadzący strzelanie, na samolot-cel i na pocisk, wskutek czego przy strzelaniu do celów powietrznych wiatru nie uwzględnia się.

Podczas strzelania do celów naziemnych wiatr na cel nie wpływa, dlatego wiatr należy uwzględniać przez przesunięcie punktu celowania w stronę naziemną od celu na wielkość wektora wiatru za czas lotu pocisku ( $U \cdot t$ ).

## WPLYW WYSOKOŚCI LOTU

Wpływ kształtu pocisku, jego obciążenia poprzecznego i gęstości powietrza na siłę oporu uwzględnia się przy pomocy balistycznego współczynnika  $C$ . Zależność współczynnika balistycznego od wysokości lotu samolotu strzelającego wyraża się wzorem

$$C_H = C\Delta,$$

w którym

$C$  — współczynnik balistyczny przy ziemi,

$\Delta$  — stosunek gęstości powietrza na wysokości do jego gęstości na ziemi.

Wartości współczynnika  $\Delta$  podane są w tabeli 21, wartości  $C$  — w tabeli 22.

Lekki pocisk karabinowy posiada długość wartości około 4 kalibrów i obciążenie poprzeczne

$$\frac{q}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} \approx 20 \text{ g/cm}^2$$

Ciężki pocisk karabinowy ma długość wartości około 5 kalibrów i obciążenie poprzeczne

$$\frac{q}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} \approx 25 \text{ g/cm}^2;$$

we wzorze:  $q$  — ciężar pocisku;  $d$  — kaliber.

W celu nadania pociskowi prawidłowego lotu (grotem w przód) nadaje się mu ruch obrotowy wokół jego podłużnej osi.

W wyniku współdziałania sił tarcia i ciężkości powstaje zjawisko zbroczenia toru pocisku — odchy-

lenia pocisku od płaszczyzny rzutu w kierunku obrotu (w prawo — jeśli kierunek obrotu pocisku jest zgodny z kierunkiem ruchu wskazówek zegara). Podczas strzelania powietrznego na małe odległości zбочerzenie toru pocisku jest nieduże i dlatego się go nie uwzględnia.

#### OBLICZANIE KĄTA CELOWANIA ( $\alpha$ )

Kąt celowania  $\alpha$  zależy od czterech wielkości:

- absolutnej szybkości początkowej pocisku  $V_{01}$ ;
- odległości strzelania  $D$ ;
- kąta położenia celu  $\varepsilon$ ;
- połączonego współczynnika balistycznego pocisku  $C_H$ .

Kąt celowania w minutach oblicza się według wzoru:

$$\alpha = \frac{F}{C_H} \cos \varepsilon .$$

Współczynnik  $F$  określa się przy pomocy tabeli 23 w zależności od iloczynu  $C_H \cdot D$  i od  $V_{01}$ .

#### Przykład.

Obliczyć kąt celowania dla pocisku lekkiego i wysokości strzelania 6 000 m, jeżeli  $D = 525$  m;

$$V_{01} = 850 \text{ m/sek}; \varepsilon = 25^\circ; V_c = 195 \text{ m/sek (700 km/godz).}$$

#### Rozwiązanie.

1. W tabeli 21 odczytujemy współczynnik dla wysokości  $H = 6 000$  m.

$$\Delta = 0,53.$$

2. Określamy współczynnik balistyczny pocisku dla wysokości 6 000 m

$$C_H = C \cdot \Delta = 3,6 \cdot 0,53 = 1,9.$$

3. Znajdujemy iloczyn  $C_H$  i  $D$

$$C_H \cdot D = 1,9 \cdot 525 \approx 1000.$$

4. W tabeli 23 na podstawie wartości  $V_{01}$  i iloczynu  $C_H \cdot D$  znajdujemy współczynnik  $F$

$$F = 29.$$

5. Obliczamy kąt celowania

$$\alpha = \frac{29}{1,9} \cos 25^\circ = \frac{29}{1,9} \cdot 0,91 = 14'$$

Czas lotu pocisku

$$t = \frac{D}{V_{\text{sr}}}$$

Średnią szybkość pocisku określamy z wzoru

$$V_{\text{sr}} = \frac{V_{01}}{K_t}$$

Współczynnik  $K_t$  określa się przy pomocy tabeli 24 na podstawie iloczynu  $C_H \cdot D$ .

**Przykład.**

Z poprzedniego przykładu:

$$C_H \cdot D = 1000,$$

z tabeli:

$$K_t = 1,2;$$

$$V_{\text{sr}} = \frac{850}{1,2} = 709 \text{ m/sek.}$$

$$t = \frac{525}{709} = 0,74 \text{ sek.}$$

Dla  $V_c = 700$  km/godz. (195 m/sek.) i  $q = 30^\circ$

$$\Psi_T = \frac{V_c \cdot t}{D} 1000 \cdot \sin q = \frac{195 \cdot 0,74}{525} \cdot 1000 \cdot 0,5 = 137 \text{ tys.}$$

### PIONOWE OBNIŻENIE TORU POCISKU

Dla dowolnej odległości pionowe obniżenie toru pocisku oblicza się ze wzoru

$$S = \frac{DF}{3440CH}$$

lub według wzoru uproszczonego

$$S = 4,9 t^2.$$

#### Przykład.

Obliczyć pionowe obniżenie toru pocisku  $S$  na podstawie danych poprzedniego przykładu.

#### Rozwiązanie.

$$S = \frac{525 \cdot 29}{3440 \cdot 1,9} = 2,35 \text{ m}$$

lub

$$S = 4,9 \cdot 0,74^2 = 2,7 \text{ m.}$$

Tabela 21

Wartości współczynnika  $\Delta$

$H$	$\Delta$	$H$	$\Delta$
1	2	3	4
0	1,00	7 000	0,48
1 000	0,90	8 000	0,43
2 000	0,81	9 000	0,38
3 000	0,73	10 000	0,35
4 000	0,66	11 000	0,31
5 000	0,59	12 000	0,28
6 000	0,53		

Tabela 22

Współczynnik balistyczny  $C$ 

Rodzaj pocisku	Kaliber	$C$
Pocisk karabinowy lekki	7,62	3,6
Pocisk karabinowy ciężki	7,62	2,8
Pocisk karabinowy dużego kalibru	12,7	1,4
Pocisk do działka	20,0	4,4

Tabela 23

Wartości współczynnika  $F$ 

$C_{HD}$	$V_{01}$													
		600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100		
0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500		26	22	19	17	15	13	12	10	9	8	8		
1 000		60	51	43	38	33	29	26	23	20	18	17		
1 500		102	87	75	65	56	49	44	39	35	31	28		
2 000		155	133	114	99	86	75	66	58	52	47	42		
2 500		220	189	163	143	124	108	95	84	75	67	59		
3 000		296	258	225	198	172	151	133	117	104	92	82		
3 500		384	337	297	263	232	205	181	159	141	126	112		
4 000		482	428	380	338	301	268	239	211	189	168	150		

Tabela 24

Współczynnik  $K_t$ 

$C_{HD}$	$K_t$	$C_{HD}$	$K_t$
0	1,0	2 500	1,5
500	1,1	3 000	1,7
1 000	1,2	3 500	1,8
1 500	1,3	4 000	1,9
2 000	1,4		

---

ROZDZIAŁ VII

FOTOGRAFIA LOTNICZA

SYMBOLE I SKRÓTY STOSOWANE W FOTOGRAFII  
PIONOWEJ

- $F$  — odległość ogniskowa obiektywu aparatu fotograficznego w cm;
- $H$  — wysokość fotografowania w m;
- $H_{min}$  — minimalnie dopuszczalna wysokość fotografowania, gwarantująca wystarczającą ostrość zdjęcia, w m;
- $l$  — skala liczbowa zdjęcia;
- $S_z$  — podziałka liniowa zdjęcia (metrów w 1 centymetrze);
- $S_m$  — podziałka liniowa mapy, m w 1 cm;
- $E$  — ekspozycja migawki aparatu w setnych sekund;
- $E_{maks}$  — maksymalnie dopuszczalna ekspozycja zapewniająca ostrość zdjęcia;
- $W$  — szybkość podróży samolotu w m/sek. lub km/godz.;
- $l$  — długość boku zdjęcia w cm ( $l_{18}$  — długość boku zdjęcia 18 cm);
- $a$  — wykorzystana długość boku zdjęcia w cm, po odjęciu pokrycia podłużnego (zgodnego z kierunkiem lotu);

- $b$  — wykorzystana długość boku zdjęcia w cm, po odjęciu pokrycia poprzecznego;
- $L_a$  — długość terenu objętego zdjęciem, odpowiadająca jego bokowi leżącemu w osi lotu, w metrach;
- $L_b$  — szerokość terenu objętego zdjęciem, odpowiadająca jego bokowi leżącemu na osi lotu, w metrach;
- $P$  — bok szablonu w cm ( $P$  18 — długość boku szablonu dla boku zdjęcia 18 cm);
- $t$  — przerwa czasowa pomiędzy ekspozycjami podczas fotografowania trasy, w sekundach;
- $N_z$  — ilość zdjęć w szeregu;
- $S$  — długość fotografowanej trasy w km;
- $\lambda$  — dopuszczalne poruszenie zdjęcia w mm (0,1 mm);
- $l_m$  — odległość pomiędzy punktami mierzona na mapie w cm;
- $l_z$  — odległość pomiędzy punktami mierzona na zdjęciu w cm (odpowiednik 1 m);
- $L_o$  — rzeczywiste wymiary obiektu w m;
- $l_o$  — wymiary obiektu  $L_o$  na zdjęciu w cm;
- $N_t$  — ilość tras (zajść);
- $Z$  — szerokość fotografowanej płaszczyzny w km;
- $N_f$  — ilość tras wahadłowego podwieszenia aparatu lub ilość aparatów na samolocie przeznaczonym do jednoczesnego fotografowania tras;
- $Z_f$  — szerokość pasa fotografowanego w jednym nalocie przy pomocy aparatu na wahadłowym podwieszeniu lub kilku aparatów.

## OKREŚLENIE ZASADNICZYCH ELEMENTÓW PIONOWEGO FOTOGRAFOWANIA

Pionowym fotografowaniem lotniczym nazywa się takie fotografowanie, przy którym optyczna oś obiektywu aparatu fotograficznego nie odchyła się od poziomu więcej niż  $5^\circ$ .

### WZORY ZASADNICZE

#### Skala zdjęcia

a) Skala liczbowa

$$\frac{1}{S_z} = \frac{1}{H:F}$$

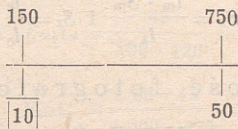
**Przykład.**

$H = 7\,500$  m :  $F = 50$  cm. Określić  $\frac{1}{S_z}$ .

**Rozwiązanie.**

$$\frac{1}{S_z} = \frac{1}{7\,500 : 0,5} = \frac{1}{15\,000};$$

2) Na suwaku nawigacyjnym



b) Podziałka liniowa

$$S_z = \frac{H}{F}$$

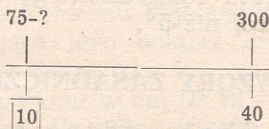
**Przykład.**

$H = 3\,000$  m,  $F = 40$  cm. Określić  $S_z$ .

**Rozwiązanie.**

$$S_z = \frac{3\,000}{40} = 75 \text{ m w 1 cm};$$

2) Na suwaku nawigacyjnym



c) Aby zamienić skalę liczbową w podziałkę liniową (metrową), należy mianownik skali liczbowej podzielić przez 100

**Przykład.**

$$\frac{1}{S_z} = \frac{1}{15\,000} \cdot \text{Określić } S_z.$$

**Rozwiązanie**

$$S_z = 15\,000 : 100 = 150 \text{ m w 1 cm}.$$

Oprócz tego  $S_z$  można określić na podstawie wzorów

$$S_z = \frac{l_m \cdot S_m}{l_z} \text{ i } S_z = \frac{l_0}{l_0}$$

Wysokość fotografowania

$$H = F \cdot S_z.$$

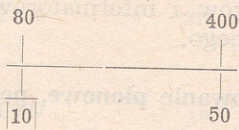
**Przykład.**

$F = 50 \text{ cm}$ ,  $S_z = 80 \text{ m w 1 cm}$ . Określić wysokość fotografowania  $H$ .

**Rozwiązanie**

1)  $H = 50 \cdot 80 = 4\,000 \text{ m};$

2) Na suwaku nawigacyjnym



Różnica faktycznej i obliczonej wysokości fotografowania nie może przekraczać 100 m w locie i 200 m w ziemie.

Maksymalnie dopuszczalna ekspozycja

$$E_{\text{maks}} = \frac{S_z}{100 W \text{ m/sek.}}$$

$$\text{lub } E_{\text{maks}} = \frac{36 S_z}{1000 W \text{ km/godz.}}$$

**Przykład**

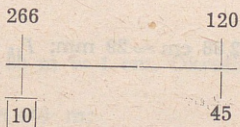
$W = 120$  m/sek. (433 km/godz.),  $S_z = 45$  m. Określić  $E_{\text{maks}}$ .

**Rozwiązanie**

$$1) E_{\text{maks}} = \frac{45}{100 \cdot 120} = \frac{1}{266};$$

$$2) E_{\text{maks}} = \frac{36 \cdot 45}{1000 \cdot 433} = \frac{1}{266};$$

3) Na suwaku nawigacyjnym



Do określenia ekspozycji zdjęć lotniczych służą tabele podręczników i informatorów służby rozpoznania fotograficznego.

### Fotografowanie pionowe, pojedyncze

Wymiary zdjęcia w terenie

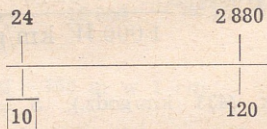
$$L = l \cdot S_z.$$

#### Przykład

$l = 24$  cm,  $S_z = 120$  m w 1 cm. Określić  $L$ .

#### Rozwiązanie

- 1)  $L = 24 \cdot 120 = 2880$  m;
- 2) Na suwaku nawigacyjnym



### Boki pola szablonu

#### Przykład

$L_{24} = 2880$  m,  $S_m = 1000$  m w 1 cm,  $L_{18} = 2160$  m.  
Określić  $P$ .

#### Rozwiązanie

$$1) \quad P_{24} = \frac{2880}{1000} = 2,88 \text{ cm} \approx 29 \text{ mm}; \quad P_{18} = \frac{2160}{1000} =$$

$$= 2,16 \text{ cm} \approx 21 \text{ mm};$$

2) Na suwaku nawigacyjnym

288	2 880	216	2 160
<hr/>			
10	1 000	10	1 000

### Fotografowanie pionowe, szeregowe

Szeregowym fotografowaniem nazywa się fotografowanie pasa terenu szeregiem kolejno następujących po sobie zdjęć i posiadających wspólną oś — linię drogi samolotu. W celu uniknięcia ewentualnych przerw pomiędzy zdjęciami wskutek niedokładności pilotowania i wpływu czynników meteorologicznych podczas fotografowania szeregowego stosuje się podłużne pokrycie zdjęć, które z zasady wynosi 30%.

Przy fotografowaniu stereoskopowym pokrycie wynosi co najmniej 60%.

Trasa lotu przy fotografowaniu szeregowym może być prosta lub krzywa i głównie zależy od kształtu fotografowanego obiektu.

Wymiary terenu objętego bokiem  
wykorzystanej części zdjęcia

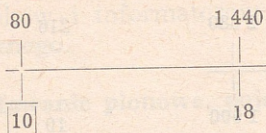
$$L = a S_z.$$

#### Przykład

$a = 18$  cm,  $S_z = 80$  m w 1 cm. Określić  $L$ .

1)  $L = 18 \cdot 80 = 1\,440$  m;

2) Na suwaku nawigacyjnym



Ilość zdjęć w szeregu

$$N_z = \frac{S}{L}$$

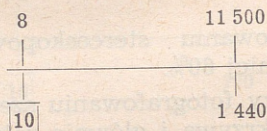
**Przykład**

$S = 11\,500$  m,  $L = 1\,440$  m. Obliczyć  $N_z$ .

**Rozwiązanie**

$$1) N_z = \frac{11\,500}{1\,440} = 8 \text{ zdjęć};$$

2) Na suwaku nawigacyjnym



Szablon szeregowy (trasowy) wykonuje się przyjmując za podstawę obliczeń rozmiary pola pojedynczego zdjęcia z uwzględnieniem pokrycia.

Przerwa pomiędzy ekspozycjami

$$t = \frac{36a S_z}{10 W \text{ km/godz.}} \quad \text{lub} \quad t = \frac{a \cdot S_z}{W \text{ m/sek.}}$$

$$\frac{a S_z}{W} = \frac{L}{W};$$

we wzorze:

$L$  — długość terenu uchwyconego bokiem zdjęcia równoległym do osi lotu po odrzuceniu pokrycia wyrażona w metrach.

### Przykład

$a = 120$  m,  $S_z = 130$  m w 1 cm,  $W = 400$  km/godz. (111 m/sek.).

### Rozwiązanie

$$1) t = \frac{36 \cdot 12 \cdot 130}{10 \cdot 400} = 14 \text{ sek};$$

$$2) t = \frac{12 \cdot 130}{111} = \frac{1560}{111} = 14 \text{ sek};$$

3) Na suwaku nawigacyjnym

$$\begin{array}{ccc} 1560 & & 400 \\ | & & | \\ \hline & & \\ | & & | \\ 14 & & 36 \end{array}$$

Minimalnie dopuszczalna wysokość fotografowania przy nakazanym pokryciu zdjęć

$$H_{\min} = \frac{t_{\min} \cdot W \cdot F}{a}$$

### Przykład

$t_{\min} = 2$  sek,  $W = 140$  m/sek,  $F = 50$  cm,  $a = 14$  cm.  
Obliczyć  $H_{\min}$ .

### Rozwiązanie

$$H_{\min} = \frac{2 \cdot 140 \cdot 50}{14} = 1000 \text{ m.}$$

Przy obliczeniu wysokości minimalnej według tego wzoru należy pamiętać, że minimalna wysokość zależy nie tylko od wielkości minimalnej przerwy czasowej pomiędzy ekspozycjami, ale również od wartości minimalnie dopuszczalnej ekspozycji dla danych warunków fotografowania, która gwarantowałaby wystarczającą ostrość zdjęcia.

### Przykład

Przy powyżej założonych warunkach fotografowania

$$E = \frac{1}{255} = 0,005 \text{ sek}, \quad H_{\min} = 100 \quad WEF = 100 \cdot 140 \cdot 0,005 = \\ = 3\,500 \text{ m.}$$

Fotografowanie lotnicze trasy krzywej wykonuje się fotografowaniem szeregu krótkich tras prostych z dowrotami bez przechyłu lub ze skretami i wchodzeniem na wyjściowe punkty fotografowanych odcinków po ustabilizowaniu się samolotu w prostoliniowym locie poziomym.

Dla każdego z fotografowanych odcinków trasy łamanej należy obliczać szybkość podróżną, kurs busoli, przerwę między ekspozycjami, a przy fotografowaniu z dowrotami należy przerwę zmniejszyć dwu- trzykrotnie.

### Fotografowanie pionowe dużych powierzchni

Fotografowanie pionowe dużych powierzchni polega na fotografowaniu terenu kilku równoległymi pasmami zdjęć szeregowych pokrywających się częściowo nawzajem.

Przy fotografowaniu dużych powierzchni przez jeden lub kilka samolotów posiadających na pokła-

dzie po jednym aparacie pokrycie tras powinno wynosić 50%. Przy stosowaniu kilku aparatów na jednym samolocie lub wahadłowych podwieszach konieczne pokrycie wynosi 20—25%.

Ilość tras (zajść) ( $N_t$ ) koniecznych dla sfotografowania nakazanej płaszczyzny przez jeden samolot jednym aparatem oblicza się według wzoru

$$N_t = \frac{Z}{Z_b} = \frac{Z}{b S_z}$$

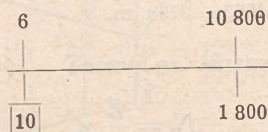
#### Przykład

$Z = 10\,800$  m,  $b = 15$  cm;  $S_z = 120$  m w 1 cm. Obliczyć  $N_t$ .

#### Rozwiązanie

$$1) N_t = \frac{10\,800}{15 \cdot 120} = \frac{10\,800}{1\,800} = 6;$$

2) Na suwaku nawigacyjnym



Przy fotografowaniu powierzchni z samolotu posiadającego kilka aparatów na nieruchomych podwieszaniach lub aparat na wahadłowym podwieszeniu, szerokość obejmowanego terenu w jednym nalocie  $Z_f$  można obliczyć z wystarczającą dokładnością przy pomocy uproszczonego wzoru

$$Z_f = b \cdot S_z \cdot N_f$$

**Przykład**

$b = 12$  cm,  $S_z = 80$  m w 1 cm,  $N_f = 2$ . Określić  $Z_f$ .

**Rozwiązanie**

$$Z_f = 12 \cdot 80 \cdot 2 = 1920 \text{ m}$$

(w praktyce przyjęto, że trasy fotografowane są pionowe). Bardziej dokładnym wzorem jest

$$Z_f = 2H \operatorname{tg} \frac{\beta}{2},$$

w którym  $\beta$  — kąt pomiędzy skrajnymi promieniami obiektywów aparatów, ustawionych na jednym samolocie, lub kąt pomiędzy skrajnymi promieniami aparatu na wahadłowym zawieszeniu przy jego maksymalnych wychyleniach.

**Przykład**

$\beta = 50^\circ$ ,  $H = 3000$  m,  $\operatorname{tg} \frac{50}{2} = 0,4663$ . Określić  $Z_f$ .

**Rozwiązanie**

$$Z_f = 2 \cdot 3000 \cdot 0,4663 = 2798 \text{ m.}$$

Ilość tras obliczamy ze wzoru

$$N_t = \frac{Z}{Z_f}.$$

**Przykład**

$Z = 20000$  m,  $Z_f = 2800$  m. Określić  $N_t$ .

**Rozwiązanie**

$$1) N_t = \frac{20000}{2800} = 7,5,$$

zaokrąglamy  $N_t = 8$  tras;



- $1$  — skala liczbowa zdjęcia na jego przednim horyzoncie;  
 $S_{ph}$  — podziałka liniowa na przednim horyzoncie zdjęcia;  
 $1$  — skala liczbowa na tylnym horyzoncie zdjęcia;  
 $S_{th}$  — podziałka liniowa na tylnym horyzoncie zdjęcia;  
 $H$  — wysokość fotografowania skośnego w metrach;  
 $F$  — odległość ogniskowa obiektywu aparatu w cm;  
 $\alpha$  — kąt wychylenia osi optycznej aparatu od pionu;  
 $\alpha_1$  — kąt wychylenia od pionu promienia łączącego obiektyw z przednim horyzontem zdjęcia;  
 $\alpha_2$  — kąt wychylenia z pionu promienia, łączącego obiektyw z tylnym horyzontem fotografowania;  
 $l_k$  — długość boku zdjęcia nachylonego do horyzontu;  
 $NE$  — linia głównego horyzontu zdjęcia;  
 $O$  — środek zdjęcia (główny punkt zdjęcia);  
 $F$  — odległość ogniskowej obiektywu;  
 $F_o$  — optyczny środek obiektywu;  
 $F'_o$  — pionowy rzut optycznego środka obiektywu na powierzchnię ziemi;  
 $P_o$  — punkt obserwacji (środek fotografowanego obiektu);  
 $D_{ph}$  — odległość punktu rzutu ogniska obiektywu  $F'_o$  od przedniego horyzontu;

- $D_{gh}$  — odległość od punktu rzutu ogniska ( $F'_o$ ) do linii głównego horyzontu;  
 $D_{th}$  — odległość od punktu rzutu ogniska do tylnego horyzontu zdjęcia;  
 $G$  — głębokość fotografowania (na szkicu  $KL$ );  
 $AB$  — długość sfotografowanego odcinka na linii przedniego horyzontu;  
 $CD$  — długość sfotografowanego odcinka na linii tylnego horyzontu;  
 $ABCD$  — powierzchnia sfotografowanego terenu;  
 $\varphi$  — kąt widzenia obiektywu aparatu odpowiadający poprzecznemu bokowi zdjęcia (w stosunku do osi lotu);  
 $a$  — bok zdjęcia równoległy do osi lotu w cm;  
 $t$  — przerwa czasowa pomiędzy ekspozycjami w sekundach;  
 $W$  — szybkość podróżna samolotu w m/sek.;  
 $L_1$  — szerokość terenu w m od przedniego skraju zdjęcia do linii pokrycia zdjęcia przez następne zdjęcie przy 50% pokryciu

$$L_1 = D_{gh} - D_{ph}.$$

### Zasady obliczania podstawowych elementów fotografowania skośnego

#### Wysokość fotografowania

$$H = S_z \cdot F \cdot \cos \alpha.$$

**Przykład**

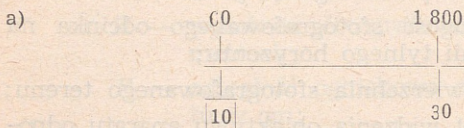
$S_z = 60$  m w 1 cm,  $F = 30$  cm,  $\alpha = 65^\circ$  ( $\cos 65^\circ = 0,4226$ .)

Określić  $H$ .

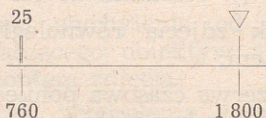
**Rozwiązanie**

1)  $H = 60 \cdot 30 \cdot 0,4226 \approx 760$  m;

2) Na suwaku nawigacyjnym



b) na skali sinusów



$25^\circ$  jest dopełnieniem do  $90^\circ$ , czyli

$$90^\circ - 65^\circ = 25^\circ.$$

Minimalne dopuszczalne wysokości skośnego fotografowania bocznego, przy których zachowuje się wystarczająca ostrość zdjęć podaje tabela 25.

Główną skalę skośnego zdjęcia (na linii głównego horyzontu) oblicza się ze wzoru

$$\frac{1}{S_{zgh}} = \frac{F}{H} \cos \alpha$$

lub

$$S_{zgh} = \frac{H}{F \cos \alpha}$$

Tabela 25

Kąt wychylenia osi aparatu	W = 360 km/godz.		
	AFA — IM	AFA — 34/75	AFA — 3s/50
	$E = \frac{1}{400}$ sek.	$E = \frac{1}{300}$ sek.	$E = \frac{1}{200}$ sek.
minimalna wysokość fotografowania			
55°	40	—	—
65°	30	—	—
70°	—	120	120
75°	25	—	—
80°	—	85	—
82°	—	—	70

Minimalne skale zdjęć skośnych w zależności od ich przeznaczenia podaje tabela 26.

Skale pomocnicze zdjęć skośnych oblicza się według następujących wzorów:

1) na linii przedniego horyzontu

$$\frac{1}{S_{zph}} = \frac{F}{H} \cdot \cos \alpha,$$

lub

$$S_{zph} = \frac{H}{F \cos \alpha_1},$$

2) na linii tylnego horyzontu

$$\frac{1}{S_{zth}} = \frac{F}{H} \cdot \cos \alpha_2;$$

lub

$$S_{zth} = \frac{H}{F \cos \alpha_2}.$$

Tabela 26

Przeznaczenie zdjęcia	Dopuszczalnie minimalna skala	Wysokość fotografowania w m						
		AFA — IM wychylenie		AFA — 33/73 wychylenie		AFA — 3s/50 wychylenie		
		55°	65°	57°	70°	80°	70°	82°
Do orientowania wojsk naziemnych	1 : 3 000	360	260	160	750	400	500	200
Do rozpoznania taktycznego	1 : 10 000	1 200	900	550	2 500	1 300	1 600	700
Do rozpoznania operacyjnego	1 : 15 000	1 800	1 300	800	3 750	2 000	2 600	1 050
Do studiowania celów dla lotnictwa bombowego	1 : 25 000	3 000	2 200	1 400	6 300	3 250	4 200	1 750
Do studiowania celów dla lotnictwa szturmowego	1 : 15 000	1 800	1 300	800	3 750	2 000	2 600	1 050

**Przykład**

$H = 200$  m,  $\alpha = 65^\circ$ ,  $\varphi = 34^\circ$ ,  $F = 21$  cm. Określić  $S_{zgh}$ ,  $S_{zph}$  i  $S_{zth}$ .

**Rozwiązanie**

$$1) \alpha_1 = \alpha - \frac{1}{2} \varphi = 65^\circ - 17^\circ = 48^\circ.$$

$$2) \alpha_2 = \alpha + \frac{1}{2} \varphi = 65^\circ + 17^\circ = 82^\circ,$$

$$3) S_{zgh} = \frac{200}{21 \cdot \cos 65^\circ} = \frac{200}{21 \cdot 0,422} = 22,56 \text{ m w 1 cm};$$

$$4) S_{zph} = \frac{200}{21 \cdot \cos 48^\circ} = \frac{200}{21 \cdot 0,669} = 14,23 \text{ m w 1 cm};$$

$$5) S_{zth} = \frac{200}{21 \cdot \cos 82^\circ} = \frac{200}{21 \cdot 0,013} = 68,51 \text{ m w 1 cm}.$$

Na suwaku nawigacyjnym skalę zdjęć skośnych obliczamy w sposób następujący:

**Przykład**

$H = 600$  m,  $F = 50$  cm,  $\alpha = 70^\circ$ ,  $\varphi = 20^\circ$ . Określić  $S_{zgh}$ ,  $S_{zph}$  i  $S_{zth}$ .

**Rozwiązanie**

1) Określamy  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$ .

$$\alpha_1 = 70^\circ - 10^\circ = 60^\circ;$$

$$\alpha_2 = 70^\circ + 10^\circ = 80^\circ;$$

2) Dopełnienie do  $90^\circ$  dla  $\alpha = 20^\circ$ , dla  $\alpha_1 = 30^\circ$ , dla  $\alpha_2 = 10^\circ$ .

- 3) Znajdujemy na suwaku nawigacyjnym pośrednią wielkość  $X$ , stosunek wysokości  $H$  do odległości ogniskowej  $F$

12		600
10		50

- 4) Ustawiamy kolejno wielkość  $X$  naprzeciw kątów dopełniających ( $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $10^\circ$ ) i naprzeciw trójkąta odczytujemy skalę

20	sinusy	▽
12		35

$$S_{zgh} = 35 \text{ m w 1 cm};$$

30	sinusy	▽
12		24

$$S_{zph} = 24 \text{ m w 1 cm.}$$

10	sinusy	▽
12		70

$$S_{zth} = 70 \text{ m w 1 cm.}$$

Długość terenu sfotografowanego na przednim horyzoncie

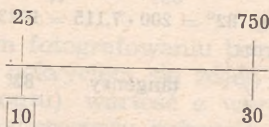
$$AB = S_{zph} \cdot l$$

**Przykład**

$S_{zph} = 25$  m w 1 cm,  $l = 30$  cm. Określić AB.

**Rozwiązanie**

- 1)  $AB = 25 \cdot 30 = 750$  m;
- 2) Na suwaku nawigacyjnym



Długość terenu sfotografowanego na tylnym horyzoncie oblicza się w ten sam sposób ze wzoru:

$$CD = S_{zth} \cdot l.$$

Odległość punktu rzutu ogniska aparatu od linii poszczególnych horyzontów zdjęć

$$D_{ph} = H \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$D_{gh} = H \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

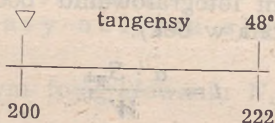
$$D_{th} = H \cdot \operatorname{tg} \alpha_2$$

**Przykład**

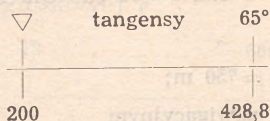
$F = 21$  cm,  $H = 200$ ,  $\varphi = 34^\circ$ ,  $\alpha = 65^\circ$ . Określić  $D_{ph}$ ,  $D_{gh}$  i  $D_{th}$ .

**Rozwiązanie**

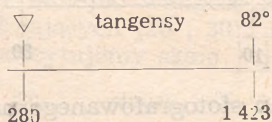
- 1) Znajdujemy  $\alpha_1 = 48^\circ$ ,  $\alpha_2 = 82^\circ$ .
- 2) Obliczamy  $D_{ph} = 200 \cdot \operatorname{tg} 48^\circ = 200 \cdot 1,11 = 222$  m lub na suwaku nawigacyjnym



3)  $D_{gh} = 200 \cdot \operatorname{tg} 65^\circ = 200 \cdot 2,144 = 428,8$  m lub na suwaku nawigacyjnym



4)  $D_{th} = 200 \cdot \operatorname{tg} 82^\circ = 200 \cdot 7,115 = 1423$  m lub na suwaku nawigacyjnym



Głębokość skośnego fotografowania

$$G = D_{th} - D_{ph}.$$

Określamy  $G$  dla poprzedniego przykładu

$$G = 1\,423 - 222 = 1\,201 \text{ m.}$$

Dla obliczeń skośnego fotografowania używa się z reguły map w skali 1 : 50 000 lub 1 : 100 000.

Wymiary szablonu (w cm) skośnego fotografowania oblicza się przez podzielenie odpowiednich wielkości przez podziałkę liniową mapy.

Wyjściowy punkt fotografowania wybiera się na linii drogi 5—10 km przed punktem obserwacji ( $P_0$ ).

Przerwę czasową przy skośnym fotografowaniu szeregowym oblicza się według następujących wzorów:

— przy skośnym fotografowaniu bocznym (oś aparatu wychylona w bok):

$$t = \frac{a \cdot S_{zph}}{W}.$$

**Przykład**

$a = 30$  cm,  $S_{zph} = 20$  m w 1 cm,  $W = 120$  m/sek. Określić  $t$ .

**Rozwiązanie**

$$t = \frac{a \cdot S_{zph}}{W} = \frac{30 \cdot 20}{120} = 5 \text{ sek.}$$

- przy skośnym fotografowaniu bocznym „na styk“ (z zerowym pokryciem się zdjęć na linii przedniego horyzontu) wartość  $a$  wprowadza się bez uwzględnienia procentu pokrycia;
- przy fotografowaniu skośnym przednim (oś optyczna aparatu wychylona w przód)

$$t = \frac{L_1}{W}.$$

**Przykład**

$L_1 = 1400$  m,  $W = 130$  m/sek. Określić  $t$ .

$$t = \frac{L_1}{W} = \frac{1400}{130} \approx 10 \text{ sek.}$$

Procent pokrycia poprzecznego (odpowiadającego kątowi widzenia aparatu) z zasady przyjmuje się 50% i w tym przypadku

$$L_1 = D_{gh} - D_{ph}.$$

Potrzebną ilość zdjęć dla fotografowania trasy oblicza się ze wzorów

— przy bocznym fotografowaniu  $N_z = \frac{S}{a \cdot S_{zph}}$

**Przykład**

$S = 8 \text{ km}$ ,  $a = 20 \text{ cm}$ ,  $S_{zph} = 25 \text{ m}$  w  $1 \text{ cm}$ .

**Rozwiązanie**

$$N_z = \frac{S}{a \cdot S_{zph}} = \frac{8000}{20 \cdot 25} = 16 \text{ zdjęć.}$$

— przy fotografowaniu przednim

$$N_z = \frac{S}{L_1}$$

Skośne fotografowanie dużych powierzchni wykonuje się równoczesnym fotografowaniem w przód przy pomocy kilku aparatów. Wszystkie aparaty włączone są do jednego przyrządu kierowniczego. Obliczenia do tego rodzaju fotografowania wykonuje się tak jak i dla skośnego zdjęcia szeregowego. Pokrycie i skalę oblicza się dla głównego horyzontu środkowej trasy (zdjęcia).

**FOTOGRAFOWANIE W NOCY****Symbole**

$I$  — natężenie światła w świecach (św) lub kandelach (cd);

$E$  — natężenie oświetlenia powierzchni w luksach — stosunek strumienia świetlnego do pola oświetlonej płaszczyzny;

$N_{o\acute{s}w}$  — ilość światła oddziałującego na błonę w luksach;

$$N_{o\acute{s}w} = E \cdot t;$$

$t$  — czas oświetlenia w sekundach;

$t_{maks}$  — maksymalnie dopuszczalny czas ekspozycji w sekundach;

$\Delta$  — poruszenie obrazu na zdjęciu w mm;

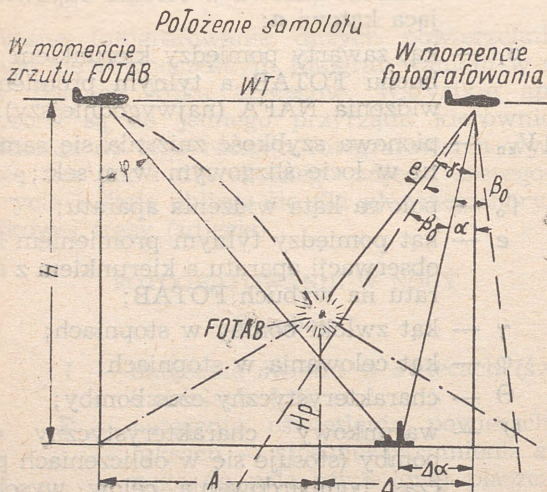
- $m$  — mianownik skali liczbowej fotografowania
- $H_{s_w}$  — wysokość wybuchu FOTAB nad ziemią w m;
- $H_{s_{wd}}$  — dopuszczalna wysokość wybuchu FOTAB w m;
- $\alpha$  — kąt wychylenia osi optycznej aparatu z pionu;
- $\Delta\alpha$  — wielkość liniowa w terenie odpowiadająca kątowni  $\alpha$ ;
- $\alpha_1$  — kąt zawarty pomiędzy kierunkiem wybuchu FOTAB a tylnym promieniem widzenia NAFA (najwygodniejszy);
- $V_{zn}$  — pionowa szybkość zniżania się samolotu w locie ślizgowym w m/sek.;
- $\beta_0$  — połowa kąta widzenia aparatu;
- $e$  — kąt pomiędzy tylnym promieniem kąta obserwacji aparatu a kierunkiem z aparatu na wybuch FOTAB;
- $\gamma$  — kąt zwłoki bomby w stopniach;
- $\varphi$  — kąt celowania w stopniach;
- $\Theta$  — charakterystyczny czas bomby;
- $\Theta'$  — warunkowy charakterystyczny czas bomby (stosuje się w obliczeniach podczas bombardowania celów wysokościowych i podczas nocnego fotografowania);
- $h$  — nadwyżka wysokości w m;
- $W_{s1}$  — szybkość podróży samolotu w locie ślizgowym w m/sek.;
- $H_{s1}$  — wysokość rozpoczęcia lotu ślizgowego w m;

$H_n$  — nakazana wysokość fotografowania w m;

$S$  — odległość pozioma od punktu wprowadzenia w lot ślizgowy do celu w m.

### Właściwości fotografowania w nocy

Przy fotografowaniu w nocy teren oświetla się przy pomocy bomb lotniczych FOTAB (rys. 56).



Rys. 56. Schemat zrzutu FOTAB podczas fotografowania przy pomocy aparatu wychylonego osią w tył

U w a g a.

W zimie we wszystkich wypadkach racjonalna wysokość wybuchu bomby fotograficznej — równa jest połowie wysokości fotografowania.

Tabela 27  
**Najlepsze wysokości wybuchu FOTAB-50-35 w okresie letnim**

Wysokość fotografowania $H$ w m	Wysokość wybuchu FOTAB w m
800—2 000	400— 700
2 000—3 000	700— 900
3 000—4 000	1 100—1 200
4 000—5 000	1 200—1 400

Dla dokładnego fotografowania nakazanych obiektów FOTAB zrzuca się przy kącie celowania obliczonym na podstawie „warunkowego czasu charakterystycznego bomby“ w sposób podany w niżej zamieszczonym przykładzie według wzoru

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{WT \pm \Delta\alpha}{H},$$

w którym

$$\Delta\alpha = \operatorname{tg}\alpha \cdot H.$$

#### Przykład

$$H = 4\,000 \text{ m}, W = 112 \text{ m/sek (440 km/godz)}$$

$$\Theta_{\text{FOTAB}} = 23, H_{\text{sw}} = 3\,000 \text{ m}, \beta_0 = 17^\circ. \text{ Określić } \alpha \text{ i } \varphi.$$

#### Rozwiązanie

Na podstawie  $H_{\text{sw}} = 3\,000 \text{ m}$  i  $\Theta = 23$  określamy warunkowy czas charakterystyczny bomby  $\Theta' = 22,25$ . Na podstawie  $\Theta'$ ,  $W$  i  $H - H_{\text{sw}} = 1\,000 \text{ m}$  odczytujemy w tabelach balistycznych

$$\gamma \approx 23^\circ, T \approx 15,55 \text{ sek.}$$

Następnie kolejno obliczamy:

$$\alpha = 17 + 2 - 23 = -4^\circ; \operatorname{tg} 4^\circ = 0,07;$$

$$\Delta\alpha = 0,07 \cdot 4\,000 = -280 \text{ m.}$$

( $\Delta\alpha$  posiada zawsze ten sam znak co  $\alpha$ , w naszym przykładzie minus);

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{122 \cdot 15 \cdot 55 - 280}{4000} = \frac{1617}{4000} = 0,4.$$

Przerwa czasowa zrzucania FOTAB równa się przerwie pomiędzy ekspozycjami przy dziennym szeregowym fotografowaniu, ponieważ fotografowanie wykonuje się w momencie wybuchu bomby.

Granice dopuszczalnych odchyień od obliczonych warunków lotu są: w ziemie  $\pm 300$  m wysokości i  $\pm 10\%$  szybkości, w lecie  $\pm 150$  m wysokości i  $\pm 5\%$  szybkości.

#### FOTOMELDUNKI

W lotniczej służbie fotograficznej stosuje się trzy rodzaje fotomeldunków: pisemny fotomeldunek, fotoszkic i oleata fotoszkiacu.

W każdym z fotomeldunków powinno być wskazane:

- a) oddział, który wykonał fotografowanie;
- b) nazwiska i stopnie członków załogi;
- c) data i godzina fotografowania;
- d) rejon i punkty fotografowania;
- e) skala i godło mapy fotografowanego rejonu;
- f) czas opracowania i odesłania fotomeldunków;
- g) nazwiska odczytujących zdjęcia.

ROZDZIAŁ VIII

WAŻNIEJSZE WIADOMOŚCI Z MATEMATYKI  
I FIZYKI

MATEMATYKA

Zamiana miary stopniowej na radialną (lukową)

Tabela 28

Długość łuków koła o promieniu równym jednostki

Kąt	Łuk (arc) w częściach jedności	Kąt	Łuk (arc) w częściach jedności
1	2	3	4
1''	0,000005	8''	0,000039
2	0,000010	9	0,000044
3	0,000015	10	0,000048
4	0,000019	20	0,000097
5	0,000024	30	0,000145
6	0,000029	40	0,000194
7	0,000034	50	0,000242
1'	0,000291	8'	0,002327
2	0,000582	9	0,002618
3	0,000873	10	0,002909
5	0,001164	20	0,005818
5	0,001454	30	0,008727
6	0,001745	40	0,011636
7	0,002036	50	0,014544
1°	0,017453	40°	0,698132
2	0,034907	50	0,872665
3	0,052360	60	1,047198
4	0,069813	70	1,221730

1	2	3	4
5°	0,087266	80	1,396263
6	0,104720	90	1,570796
7	0,122173	100	1,745329
8	0,139626	150	2,617994
9	0,157080	200	3,490659
10	0,174533	250	4,363323
20	0,349066	300	5,235988
30	0,523599	360	6,283185

Kąt łuku równego promieniowi koła równa się  $57^{\circ} 17' 44''$ , 806 i nazywa się radianem.

Wzory zamiany miar łukowych na stopnie i odwrotnie:

$$\alpha^{\circ} = \frac{180}{\pi} \text{arc } \alpha$$

$$\text{arc } \alpha = \frac{\pi}{180^{\circ}} \alpha^{\circ}$$

### Algebra

Uprozczone wzory działań na wielomianach

Podnoszenie sumy do kwadratu

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2.$$

Podnoszenie różnicy do kwadratu

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2.$$

Podnoszenie sumy do sześcianu

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3.$$

Podnoszenie różnicy do sześciannu

$$(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

Mnożenie sumy przez różnicę

$$(a + b) \cdot (a - b) = a^2 - b^2.$$

Mnożenie sumy dwóch wielkości przez niepełny kwadrat różnicy

$$(a + b) \cdot (a^2 - ab + b^2) = a^3 + b^3.$$

Mnożenie różnicy dwóch wielkości przez niepełny kwadrat sumy

$$(a - b) \cdot (a^2 + ab + b^2) = a^3 - b^3.$$

### Potęgowanie

$$(a + b)^n = a^n + na^{n-1}b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2}b^2 + \\ + \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{n-3}b^3 + \dots + b^n.$$

### Wzory stosowane przy potęgowaniu

1)  $(abc\dots)^n = a^n b^n c^n \dots$

2)  $\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$

3)  $a^n \cdot a^m = a^{n+m}$

4)  $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$

5)  $(a^n)^m = a^{nm}$ .

## Rozwiązywanie równań drugiego stopnia

Zasadnicze postaci równań drugiego stopnia.

$$x^2 + px + q = 0;$$

$$x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

$$ax^2 + bx + c = 0;$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

lub

$$x = \frac{-\frac{b}{a} \pm \sqrt{\left(\frac{b}{a}\right)^2 - \frac{c}{a}}}{1}$$

Ostatni wzór wygodniej jest stosować, jeśli liczba  $b$  jest parzysta.

Właściwości pierwiastków równania kwadratowego

$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a} = -p; \quad x_1 \cdot x_2 = \frac{c}{a} = q.$$

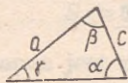
### Geometria

Suma dwóch boków trójkąta jest zawsze większa od długości trzeciego boku

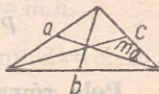
$$b + c > a.$$

Suma kątów trójkąta.

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ.$$



Rys. 57.



Rys. 58.

Środkową trójkąta nazywa się prosta, łącząca wierzchołek ze środkiem przeciwległego boku trójkąta.

Dwusieczną kąta w trójkącie nazywa się prosta, dzieląca wewnętrzny kąt trójkąta na pół. Punkt przecięcia się dwusiecznych jest środkiem koła wpisanego.

Wysokością trójkąta nazywa się prostopadła spuszczone z wierzchołka trójkąta na jego podstawę.

Podobnymi nazywają się trójkąty, które spełniają jeden z, niżej podanych warunków:

- trzy boki jednego trójkąta są proporcjonalne do trzech boków drugiego trójkąta;
- dwa kąty jednego trójkąta równe są dwóm kątom drugiego trójkąta;
- dwa boki jednego trójkąta proporcjonalne są do dwóch boków drugiego trójkąta, a kąty zawarte między nimi są sobie równe.

### Pole trójkąta ( $S$ )

$$S = 0,5bh_b = 0,5ab \sin \gamma = 0,5r \cdot (a + b + c) =$$

$$= a \cdot b \cdot c \cdot 4R = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

We wzorze:

$r$  — promień koła wpisanego;

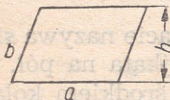
$R$  — promień koła opisanego;

$$p = \frac{a + b + c}{2}$$

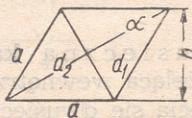
**Pole równoległoboku** (rys. 59)

$$S = ah.$$

**Romb** (rys. 60)



Rys. 59.



Rys. 60.

$$d_1 = 2a \cos \frac{\alpha}{2}; \quad d_2 = 2a \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$d_1^2 + d_2^2 = 4a^2.$$

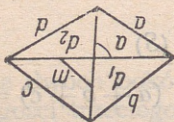
$$S = ah = a^2 \sin \alpha = 0,5 d_1 d_2.$$

**Czworobok** (rys. 61).

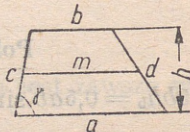
$$a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = d_1^2 + d_2^2 + 4m^2;$$

we wzorze  $m$  — odcinek łączący środki przekątnych.

$$S = 0,5 \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \sin \alpha$$



Rys. 61.



Rys. 62.

## Trapez (rys. 62)

$$m = 0,5(a + b)$$

$$S = 0,5(a + b)h = m \cdot h.$$

Jeśli trapez jest równoramienny  $d = c$ , to w tym wypadku:

$$S = (a - c \cdot \cos \gamma) c \cdot \sin \gamma = (b + c \cdot \cos \gamma) c \cdot \sin \gamma$$

## Koło

$$C = 2\pi r \approx 6,283r; \quad C = 2\sqrt{\pi S} \approx 3,545\sqrt{S};$$

$$C = \pi d \approx 3,142d;$$

$$S = \pi r^2 \approx 3,142r^2; \quad S = \frac{\pi d^2}{4} \approx 0,785d^2;$$

$$S = \frac{Cd}{4} = 0,25Cd;$$

$$r = \frac{C}{2\pi} \approx 0,159C$$

$$d = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} \approx 1,128\sqrt{S}.$$

We wzorach:

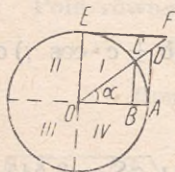
$r$  — promień;

$d$  — średnica;

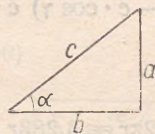
$c$  — obwód.

## Trygonometria

Trygonometryczne funkcje kąta  $\alpha$  (rys. 63 i 64) określa się z trójkąta prostokątnego, a przebieg ich zmienności przy pomocy koła trygonometrycznego o promieniu  $R=1$ .



Rys. 63.



Rys. 64.

$$\sin \alpha \text{ (sinus)} = BC = \frac{a}{c};$$

$$\cos \alpha \text{ (cosinus)} = OB = \frac{b}{c};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \text{ (tangens)} = AD = \frac{a}{b};$$

$$\operatorname{ctg} \alpha \text{ (cotangens)} = EF = \frac{b}{a};$$

$$\sec \alpha \text{ (secans)} = OD = \frac{c}{b};$$

$$\operatorname{cosec} \alpha \text{ (cosecans)} = OF = \frac{c}{a};$$

Każda funkcja może być wartością dodatnią lub ujemną w zależności od tego, w której ćwiartce koła

znajduje się ruchomy promień koła  $OC$ . Zmienność znaków funkcji ilustruje tabela:

Ćwiartka	Wielkość kąta	sin	cos	tg	ctg	sec	cosec
I	od $0^\circ$ do $90^\circ$	+	+	+	+	+	+
II	od $90^\circ$ do $180^\circ$	+	-	-	-	-	+
III	od $180^\circ$ do $270^\circ$	-	-	+	+	-	-
IV	od $270^\circ$ do $360^\circ$	-	+	-	-	+	-

Granice przebiegu zmian:

sin i cos od  $-1$  do  $+1$ ; tg i ctg od  $-\infty$  do  $+\infty$ ;

sec i cosec od  $-\infty$  do  $-1$  i od  $+1$  do  $+\infty$ ;

Jeżeli kąt jest ujemny, to funkcje sprowadza się do funkcji kąta dodatniego według następujących wzorów:

$$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha;$$

$$\cos(-\alpha) = \cos \alpha;$$

$$\operatorname{tg}(-\alpha) = -\operatorname{tg} \alpha;$$

$$\operatorname{ctg}(-\alpha) = -\operatorname{ctg} \alpha.$$

#### Zasady sprowadzania funkcji kąta

Funkcja	Kąt			
	$90 \pm \alpha$	$180 \pm \alpha$	$270 \pm \alpha$	$360 - \alpha$
sin	$\pm \cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$
cos	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$	$+\cos \alpha$
tg	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$
ctg	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$

## Podstawowe wzory trygonometryczne

Wartości funkcji kąta:

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \quad \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha; \quad \sin \alpha \cdot \operatorname{cosec} \alpha = 1;$$

$$\sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1; \quad \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha; \quad \cos \alpha \cdot \sec \alpha = 1;$$

$$\operatorname{cosec}^2 \alpha - \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1; \quad \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \alpha = 1.$$

Zamienność funkcji kąta:

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Funkcje sumy i różnicy dwóch kątów:

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta;$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \pm \sin \alpha \sin \beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \pm 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$$

Funkcje wielokrotności kąta:

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha; \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha;$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad \operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha};$$

$$\sin 3\alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha; \quad \cos 3\alpha = 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha;$$

$$\sin 4\alpha = 8 \cos^3 \alpha \sin \alpha - 4 \cos \alpha \sin \alpha;$$

$$\cos 4\alpha = 4 \cos^4 \alpha - 8 \cos^2 \alpha + 1.$$

Funkcje kąta połówkowego:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}; \quad \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}.$$

### Rozwiązywanie trójkąta

Trójkąt prostokątny:  $a$  i  $b$  — przyprostokątne;  $c$  — przeciwprostokątna;  $A$  i  $B$  kąty naprzeciwległe do boków  $a$  i  $b$ .

Zasadnicze zależności:

$$a = c \sin A = c \cos B;$$

$$a = b \operatorname{tg} A = b \operatorname{ctg} B.$$

Wiadome	Wzory obliczenia pozostałych niewiadomych		
$c, A$	$B = 90^\circ - A$	$a = c \sin A$	$b = c \cos A$
$a, A$	$B = 90^\circ - A$	$b = a \operatorname{ctg} A$	$c = \frac{a}{\sin A}$
$a, c$	$\sin A = \frac{a}{c}$	$b = c \cdot \cos A$	$B = 90^\circ - A$
$a, b$	$\operatorname{tg} A = \frac{a}{b}$	$c = \frac{a}{\sin A}$	$B = 90^\circ - A$

Trójkąt dowolny:  $a, b, c$  — boki  $A, B$  i  $C$  — przeciwległe im kąty,  $S$  — pole,  $R$  — promień koła opisanego,  $r$  — promień koła wpisanego,  $p$  — połowa sumy boków (obwodu):

$$p = \frac{1}{2} (a + b + c)$$

a) zasadnicze proporcje:

Twierdzenie sinusów:

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R;$$

Twierdzenie cosinusów (wzór Carnota):

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A;$$

Twierdzenie tangensów:

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A+B)}{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A-B)};$$

Pole trójkąta:

$$s = \frac{1}{2} ab \sin C = 2R^2 \sin A \sin B \sin C = rp = \\ = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

b) pozostałe proporcje:

$$\operatorname{tg} A = \frac{a \sin B}{c - a \cos B}; \quad \sin \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}}; \\ \cos \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{p(p-a)}{bc}}; \quad \operatorname{tg} \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}}$$

Wiadome	Sposób obliczania niewiadomych
1	2
Bok $a$ i dwa kąty ( $A$ i $B$ )	$C = 180^\circ - A - B; \quad b = \frac{a \cdot \sin B}{\sin A};$ $c = \frac{a \sin c}{\sin A}; \quad S = \frac{1}{2} ab \cdot \sin C$
Dwa boki ( $a, b$ ) i zawarty między nimi kąt ( $C$ )	$\frac{A+B}{2} = 90^\circ - \frac{c}{2}; \quad \operatorname{tg} \frac{1}{2}(A-B) =$ $= \frac{a-b}{a+b} \operatorname{ctg} \frac{1}{2} C;$ $c = \frac{a \sin C}{\sin A}; \quad S = \frac{1}{2} ab \cdot \sin C$
Dwa boki i kąt naprzeciwległy do jednego z nich ( $a, b, A$ )	$\sin B = \frac{b \sin A}{a}; \quad C = 180^\circ - (A+B)$ $c = \frac{a \sin C}{\sin A}; \quad S = \frac{1}{2} ab \cdot \sin C$

1	2
Trzy boki ( $a, b, c$ )	$r = \sqrt{(p-a)(p-b)(p-c) : p};$ $\operatorname{tg} \frac{A}{2} = \frac{r}{p-a}; \quad \operatorname{tg} \frac{B}{2} = \frac{r}{p-b};$ $\operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{r}{p-c}; \quad S = rp =$ $= \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

c) obliczanie pomocniczych linii w trójkącie:  
Wysokość do boku  $a$ :

$$h_a = b \sin C = c \cdot \sin B.$$

Środkowa boku  $a$ :

$$m_a = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cdot \cos A}.$$

Dwusieczna kąta  $A$ :

$$l_A = \frac{bc \cdot \cos \frac{A}{2}}{b+c}.$$

Promień koła opisanego:

$$R = \frac{a}{2 \sin A} = \frac{b}{2 \sin B} = \frac{c}{2 \sin C}.$$

Promień koła wpisanego:

$$r = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{p}} =$$

$$= p \cdot \operatorname{tg} \frac{A}{2} \operatorname{tg} \frac{B}{2} \operatorname{tg} \frac{C}{2} = 4R \cdot \sin \frac{A}{2} \sin \frac{B}{2} \sin \frac{C}{2}.$$

### Trygonometria sferyczna

Zasadnicze właściwości trójkąta sferycznego.

Suma kątów  $A + B + C$  zawsze jest większa od  $180^\circ$ .

Różnica  $(A + B + C) - \pi = \sigma$  wyrażona w radiach nazywa się pozostałością sferyczną.

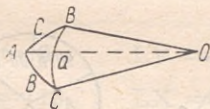
Pole trójkąta sferycznego oblicza się ze wzoru:

$$S = R^2 \sigma,$$

w którym

$R$  — promień sfery;

$\sigma$  — pozostałość sferyczna.



Rys. 65.

### Wzory trygonometrii sferycznej

$A, B$  i  $C$  — kąty trójkąta;  $a, b$  i  $c$  — boki trójkąta.

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C};$$

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A;$$

$$\cos A = \cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a;$$

$$\sin a \cdot \cos b = \cos a \sin b \cdot \cos C + \sin a \cos B;$$

$$\sin a \operatorname{ctg} b = \operatorname{ctg} B \sin C + \cos a \cos C;$$

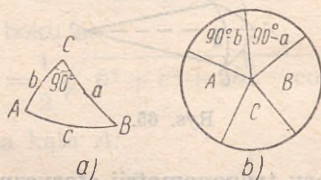
$$\sin A \cos B = \cos b \sin C - \cos c \sin B \cos A;$$

$$\sin A \operatorname{ctg} B = \sin C \operatorname{ctg} b - \cos c \cos A.$$

Przy rozwiązywaniu prostokątnego trójkąta sferycznego ( $a$  i  $b$  — przyprostokątne,  $c$  — przeciwprostokątna,  $C = 90^\circ$ ) postępuje się według następującej zasady: przyprostokątne trójkąta sferycznego zastępuje się ich dopełnieniem do  $90^\circ$ , następnie pięć elementów trójkąta  $A$ ,  $C$ ,  $B$ ,  $(90^\circ - a)$  i  $(90^\circ - b)$ , nie biorąc pod uwagę kąta prostego  $C$ , rozmieszcza się w kole (rys. 66).

1. Cosinus każdego z elementów równa się iloczynowi cotangensów dwóch przyległych do niego elementów, na przykład:  $\cos A = \operatorname{ctg} (90^\circ - b) \operatorname{ctg} c$ .

2. Cosinus każdego z elementów równa się iloczynowi sinusów dwóch elementów nieprzyległych, na przykład:  $\cos (90^\circ - a) = \sin c \sin A$ .



Rys. 66.

### Cyfry rzymskie

Oprócz zwykłych cyfr, zwanych arabskimi, w niektórych wypadkach używa się cyfr rzymskich.

Główne cyfry rzymskie:

$$I = 1$$

$$L = 50$$

$$V = 5$$

$$C = 100$$

$$X = 10$$

$$D = 500$$

$$M = 1000$$

Wszystkie pozostałe wartości wyraża się przez użycie kombinacji wyżej zamieszczonych cyfr, według następujących zasad:

1. Jeżeli z lewej strony cyfry oznaczającej większą wartość stoi znak o wartości mniejszej, to obniża on wartość cyfry większej o swoją wartość, na przykład:

$$IV = 4 \qquad XL = 40$$

$$IX = 9 \qquad VL = 45$$

2. Znak stojący z prawej strony większego znaku podnosi wartość liczby o swoją wartość, na przykład:

$$VI = 6 \qquad LV = 55$$

$$XV = 15 \qquad LX = 60$$

3. Jeżeli znak powtarza się kilkakrotnie, to liczba oznacza sumę wartości wszystkich znaków, na przykład:

$$XX = 20 \qquad CCC = 300$$

$$XXX = 30 \qquad MM = 2000$$

4. Przykłady wyrażania wartości liczbowych cyframi rzymskimi:

$$18 = XVIII \qquad 400 = CD$$

$$29 = XXIX \qquad 800 = DCCC$$

$$80 = LXXX \qquad 1949 = MCMXLIX$$

$$99 = IC \qquad 1941 = MCMXLI$$

**FIZYKA I MECHANIKA**  
**Jednostki miarowe stosowane w fizyce i mechanice**

Układ miarowy	Jednostka miary		Współzależność pomiędzy różnymi jednostkami
	miano	skrót	
1	2	3	4
Czas	sekunda	sek*	
Długość	centymetr metr	cm m	1/100 m 1/40 000 000 południka ziemskiego.
Szybkość (prędkość)	1 cm na sek. 1 m na sekundę	cm/sek m/sek	
Przyspieszenie	1 cm na sek <sup>2</sup> 1 m na sek <sup>2</sup>	cm/sek <sup>2</sup> m/sek <sup>2</sup>	
Masa	gram kilogram tona	g kg t	1 g = 0,001 kg 1 kg = 1 000 g 1 t = 1 000 kg
Siła	dyna sten kilogram siły gram siły	dn sn kG G	1 gcm/sek <sup>2</sup> 1 sn = 10 <sup>8</sup> dn 1 kG = 980665 dn 1 dyna = 980,665 dn

\* W nowych publikacjach jako symbolu sekundy używa się także s.

1	2	3	4
Praca i energia	erg dżul kilogramometr kaloria gramowa	erg (J) kGm cal	1 erg = 1 dn/cm = 1 gcm <sup>2</sup> /sek <sup>2</sup> 1 J = 10 <sup>7</sup> erg 1 kGm = 9,80665 · 10 <sup>7</sup> e = 9,80665 J cal = 4,185 · 10 <sup>7</sup> erg = 4,185 J = 0,4185 kGm
Moc (dzielność)	erg na sekundę wat kilowat koń mechaniczny kilogramometr na sekundę	erg/sek W kW KM kGm/sek	e/sek = 1 gcm <sup>2</sup> /sek <sup>3</sup> 1 W = 1 J/sek = 10 <sup>7</sup> e/sek 1 kW = 1 000 W 1 KM = 75 kGm/sek = 735,5 W 1 kGm/sek = 981 · 10 <sup>-5</sup> kW
Ciśnienie (obciążenie właściwe powierzchnio- we)	baria (dyna na cm <sup>2</sup> ) bar atmosfera techniczna atmosfera fizyczna	b at atm	1 b = 1 g/cm sek <sup>2</sup> = dyn/cm <sup>2</sup> 1 bar = 10 <sup>6</sup> b 1 at = 1 kG/cm <sup>2</sup> = 980665 dyn/cm <sup>2</sup> 1 atm = 1,033 kG/cm <sup>2</sup> = 1013250 dyn/cm <sup>2</sup>

## Jednostki praktyczne miar elektrycznych

Wielkość	Nazwa jednostki technicznej	Symbol jednostki	Zawiera jednostek		Technicznych
			elektrostatycznych	bezwzględnych elektromagnetycznych	
Ilość elektryczności (ładunek elektryczny)	{ kulomb { ampero- { godzina	C	$3 \cdot 10^9 \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$	$0,1 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2}$	1
	amper	Ah	$108 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$	$360 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2}$	3 600 C
Natężenie prądu	{ wolt { kilowolt	A	$3 \cdot 10^9 \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-2}$	$0,1 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$	1
	{ om { megom	V kV	$1/360 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$ $100 \cdot 36 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-1}$	$10^8 \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-2}$ $10^{11} \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sek}^{-2}$	1 1 000 V
Opór	{ farad { mikrofarad	Ω MΩ	$1/9 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^{-1} \text{ sek}$ $1/9 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1} \text{ sek}$	$10^9 \text{ cm} \text{ sek}^{-1}$ $10^{15} \text{ cm} \text{ sek}^{-1}$	1 $10^6 \Omega$
	{ henr { dżul { kilowat- { godzina	F μF	$9 \cdot 10^{11} \text{ cm}$ $9 \cdot 10^5 \text{ cm}$	$10^{-9} \text{ cm}^{-1} \text{ sek}^2$ $10^{-15} \text{ cm}^{-1} \text{ sek}^2$	1 $10^{-6} \text{ F}$
Pojemność	{ henr { dżul { kilowat- { godzina	H	$1/9 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^{-1} \text{ sek}^2$	$10^9 \text{ cm}$	1
	{ wolt { kilowat- { godzina	J	$10^7 \text{ cm}^2 \text{ g} \text{ sek}^{-2}$	$10^7 \text{ cm}^1 \text{ g} \text{ sek}^{-2}$	1
Praca	{ wolt { kilowat- { godzina	kWh	$36 \cdot 10^{12} \text{ cm}^2 \text{ g} \text{ sek}^{-2}$	$36 \cdot 10^{12} \text{ cm}^2 \text{ g} \text{ sek}^{-2}$	$36 \cdot 10^5 \text{ J}$
	{ wolt { kilowat	W kW	$10^7 \text{ cm}^2 \text{ g} \text{ sek}^{-3}$ $10^{10} \text{ cm}^2 \text{ g} \text{ sek}^{-3}$	$10^7 \text{ cm}^2 \text{ g} \text{ sek}^{-3}$ $10^{10} \text{ cm}^2 \text{ g} \text{ sek}^{-3}$	1 1 000 W

## RUCH CIAŁ

## 1. Ruch jednostajny

Jednostajnym ruchem ciała nazywa się taki rodzaj ruchu, przy którym ciało przebywa jednakowe od-cinki drogi w jednakowych odstępach czasu.

Szybkość ruchu jednostajnego jest równa stosun-kowi przebytej drogi  $s$  do okresu czasu  $t$ ;

$$V = \frac{s}{t}.$$

## Ruch jednostajnie przyspieszony

Ruchem jednostajnie przyspieszonym nazywa się taki ruch, przy którym szybkość ciała wzrasta pro-porcjonalnie do czasu

$$v = v_0 + at;$$

$$s = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2}$$

we wzorze

$v_0$  = szybkość początkowa;

$a$  = przyspieszenie.

## ZASADNICZE PRAWA DYNAMIKI

1. Ciało pozostaje w spokoju lub w jednostajnym ruchu prostoliniowym dopóki nie zostanie z niego wytracone przez działanie nań siły zewnętrznej.

2. Przyspieszenie nadane ciału z pewną siłą jest wprost proporcjonalne do siły, która nadała mu przyspieszenie i odwrotnie proporcjonalne do masy ciała.

3. Każdemu działaniu jednego ciała na drugie towarzyszy równe mu przeciwdziałanie drugiego ciała, skierowane w kierunku odwrotnym.

### Zasadnicze równania dynamiki

Siła ( $F$ ) równa się iloczynowi masy ( $m$ ) i przyspieszenia ( $a$ )

$$F = ma.$$

### Praca

Siła  $F$ , poruszająca ciało po pewnej drodze  $S$ , wykonuje pracę; jeżeli kierunek siły zgodny jest z kierunkiem ruchu, to

$$A = Fs;$$

jeżeli siła skierowana jest pod kątem  $\alpha$  do kierunku ruchu ciała; to

$$A = Fs \cos \alpha.$$

### Moc

Moc (dzielność) jest to praca przypadająca na jednostkę czasu

$$P = \frac{A}{t}.$$

### Ciężar właściwy

Ciężarem właściwym ciała nazywa się ciężar  $1 \text{ cm}^3$  tegoż ciała.

### Gęstość

Gęstością (masą właściwą) nazywa się masa jednego mililitra wyrażona w gramach. Masa ta różni się bardzo nieznacznie od masy  $1 \text{ cm}^3$ , ponieważ  $1 \text{ ml} = 1,000027 \text{ cm}^3$ .

## Ciepło właściwe

Ciepło właściwe jest to liczba kalorii gramowych potrzebnych do ogrzania 1 grama jakiegoś ciała o  $1^{\circ}\text{C}$ .

## Jednostka natężenia prądu

Za jednostkę natężenia prądu przyjęto amper — takie natężenie prądu stałego, który z wodnego roztworu azotanu srebra wydziela w ciągu 1 sek 1,118 mg srebra.

Ilość elektryczności ( $Q$ ) jest to iloczyn natężenia prądu ( $I$ ) i czasu ( $t$ ) w sekundach

$$Q = It.$$

Natężenie prądu w obwodzie jest wprost proporcjonalne do napięcia ( $\bar{U}$ ) i odwrotnie proporcjonalne do oporu  $R$ .

$$I = \frac{v}{r}$$

W obwodzie zamkniętym posiadającym prądnicę o sile elektromotorycznej  $E$  natężenie prądu równa się

$$I = \frac{E}{r + r_w} = \frac{E}{R}$$

we wzorze

$r_w$  — opór prądnicy;

$r$  — opór obwodu.

Opór przewodnika (przy  $t = \text{const}$ ) jest wprost proporcjonalny do jego długości i odwrotnie proporcjonalny do jego przekroju poprzecznego ( $s$ ).

$$r = \rho \frac{l}{s},$$

we wzorze:  $\rho$  — opór właściwy przewodnika.

### Opór przy różnych połączeniach

Przy szeregowym połączeniu przewodników opór całkowity równa się sumie oporów poszczególnych przewodników.

$$R = r_1 + r_2 + \dots + r_n.$$

Przy połączeniu równoległym odwrotność oporu całkowitego równa się sumie odwrotności oporów poszczególnych przewodników.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

Praca prądu elektrycznego wyraża się wzorem:

$$A = I^2 r t = U I t.$$

Moc prądu:

$$W = \frac{A}{t} = U I.$$

ROZDZIAŁ IX

WAŻNIEJSZE TABELLE I WYKRESY

1. TRYGNOMETRYCZNE FUNKCJE KĄTÓW

Stopnie	sin	tg	ctg	cos	Stopnie
0	0,0000	0,0000	$\infty$	1,0000	90
1	0,0175	0,0175	57,290	0,9998	89
2	0,0349	0,0349	28,636	0,9994	88
3	0,0523	0,0524	19,081	0,9986	87
4	0,0698	0,0699	14,301	0,9976	86
5	0,0872	0,0875	11,430	0,9962	85
6	0,1045	0,1051	9,514	0,9945	84
7	0,1219	0,1228	8,144	0,9925	83
8	0,1392	0,1405	7,115	0,9903	82
9	0,1564	0,1584	6,514	0,9877	81
10	0,1736	0,1763	5,671	0,9848	80
11	0,1908	0,1944	5,145	0,9816	79
12	0,2079	0,2126	4,705	0,9781	78
13	0,2250	0,2309	4,331	0,9744	77
14	0,2419	0,2493	4,011	0,9703	76
15	0,2588	0,2679	3,732	0,9659	75
16	0,2756	0,2867	3,487	0,9613	74
17	0,2924	0,3057	3,271	0,9565	73
18	0,3090	0,3249	3,078	0,9511	72
19	0,3256	0,3443	2,904	0,9455	71
20	0,3420	0,3640	2,747	0,9397	70
Stopnie	cos	ctg	tg	sin	Stopnie

Stopnie	sin	tg	ctg	cos	Stopnie
21	0,3584	0,3839	2,605	0,9336	69
22	0,3746	0,4040	2,475	0,9272	68
23	0,3907	0,4245	2,356	0,9205	67
24	0,4067	0,4452	2,246	0,9135	66
25	0,4226	0,4663	2,145	0,9063	65
26	0,4384	0,4877	2,050	0,8988	64
27	0,4540	0,5095	1,963	0,8910	63
28	0,4695	0,5317	1,881	0,8829	62
29	0,4848	0,5543	1,804	0,8746	61
30	0,5000	0,5774	1,732	0,8660	60
31	0,5150	0,6009	1,664	0,8572	59
32	0,5209	0,6249	1,600	0,8480	58
33	0,5446	0,6494	1,540	0,8387	57
34	0,5592	0,6745	1,483	0,8290	56
35	0,5736	0,7002	1,428	0,8192	55
36	0,5878	0,7265	1,376	0,8090	54
37	0,6018	0,7536	1,327	0,7986	53
38	0,6157	0,7813	1,280	0,7880	52
39	0,6295	0,8098	1,235	0,7771	51
40	0,6428	0,8391	1,192	0,7660	50
41	0,6561	0,8693	1,150	0,7547	49
42	0,6691	0,9004	1,111	0,7431	48
43	0,6820	0,9325	1,072	0,7314	47
44	0,6946	0,9657	1,036	0,7193	46
45	0,7071	1,0000	1 0000	0,7071	45
Stopnie	cos	ctg	tg	sin	Stopnie



4. TABELA ZAMIANY FAL NUMEROWANYCH  
NA ODPOWIADAJĄCE IM CZĘSTOTLIWOŚCI  
I DŁUGOŚCI

Nr fali	Częstotliwość w kc/sek	Długość w m
1	2	3
0	0	0
1	25	12 000 00
2	50	6 000 00
3	75	4 000 00
4	100	3 000 00
5	125	2 400 00
6	150	2 000 00
7	175	1 714 30
8	200	1 500 00
9	225	1 333 30
10	250	1 200 00
20	500	600 00
30	750	400 00
40	1.000	300 00
50	1.250	240 00
60	1.500	200 00
70	1.750	171 43
80	2 000	150 00
90	2.250	133 33
100	2.500	120 00
200	5.000	60 00

## 5. ZAKRESY FAL RADIOWYCH

Nazwa zakresu	Długość fal w m	Częstotliwość w c/sek
Fale długie	ponad 3 000	poniżej $10^5$
Fale średnie	3 000—200	$10^5$ do $1,5 \cdot 10^6$
Fale pośrednie	200—50	$1,5 \cdot 10^6$ do $6 \cdot 10^6$
Fale krótkie	50—10	$6 \cdot 10^6$ do $3 \cdot 10^7$
Fale ultrakrótkie	poniżej 10 m	ponad $3 \cdot 10^7$

Fale ultrakrótkie dzielą się z kolei na:

- fale metrowe, od 10 do 1 m;
- fale decymetrowe od 1m do 10 cm;
- fale centymetrowe od 10 cm do 1 cm;
- fale milimetrowe krótsze od 1 cm.

## 6. METRYCZNY UKŁAD MIAR

## Miary długości

Metr — 1/40009000 południka ziemskiego.

Miriametr . . . . .	$mrm = 10\ 000\ m$
Kilometr . . . . .	$km = 1\ 000\ m$
Decymetr . . . . .	$dcm = 0,1\ m$
Centymetr . . . . .	$cm = 0,01\ m$
Milimetr . . . . .	$mm = 0,001\ m$
Mikron . . . . .	$\mu = 10^{-6}\ m =$ $= 0,001\ mm$
Milimikron . . . . .	$m\mu = 10^{-9}\ m$

## Miary powierzchni

Metr kwadratowy . . . . .	$m^2 = 10^2\ dcm^2, 10^4\ cm^2,$ $10^6\ mm^2$
Ar . . . . .	$a = 100\ m^2$
Hektar . . . . .	$ha = 100\ a = 10\ 000\ m^2$
Kilometr kwadratowy . . . . .	$km^2 = 100\ ha = 10^6\ m^2$

## Miary objętości

Dekaster . . . . .	$dk = 10 \text{ m}^3$
Metr sześcienny (ster) . . . . .	$\text{m}^3 = 1000 \text{ dcm}^3$
Decymetr sześcienny . . . . .	$\text{dcm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$
Centymetr sześcienny . . . . .	$\text{cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$
Milimetr sześcienny . . . . .	$\text{mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$
Litr . . . . .	$l = 1000027 \text{ dcm}^2$
Hektolitr . . . . .	$hl = 100 \text{ l}$

## Miary masy

Tona . . . . .	$t = 1000 \text{ kg}$
Centnar metryczny (kwintal) . . . . .	$q = 100 \text{ kg}$
Kilogram . . . . .	$\text{kg} = 100 \text{ dkg}$
Dekagram . . . . .	$\text{dkg} = 0,01 \text{ kg}$
Gram . . . . .	$g = 0,001 \text{ kg}$
Karat metryczny . . . . .	$kr = 0,2 \text{ g}$

## 7. TABELA MIAR NIEMETRYCZNYCH

## 1) długości

Mila geograficzna = 1/15 stopnia równika = 7420,4 m
Mila morska = 1' południka ziemskiego = 1852,3 m
Yard = 3 stopy ang. = 36 cali = 91,44 cm
Cal ang. = 2,54 cm
Mila angielska = 1609,3 m
Angielska mila morska = 1853,18 m
Włoska mila morska = 1851,85 m
Amerykańska mila morska = 1853,25 m
Mila polska = 8534 m
Wiorsta ros. = 500 sążni ros. = 1066,8 m
Sążeń ros. = 3 arszyny = 7 stop = 48 werszków = 2,1336 m
Sążeń polski = 3 łokcie = 6 stóp = 2/5 pręta = 1,728 m

Sażen morski = 6 futów

Foot — stopa ang. = 30,48 cm.

Kabel morski = 0,1 mili morskiej = 185 m

Na angielskich i amerykańskich samolotach tarcze przyrządów wyskalowane są w milach ustawowych; mila ustawowa równa się około 1 600 m.

### 2) Pól

Mórg austr. = 57,546 a

Mórg pruski = 25,532 a

Akr angielski = 40,459 a

Mórg polski = 1,3 włóki = 55,987 a

Dziesięcina = 2 400 saż.<sup>2</sup> = 109,25 a

1 saż.<sup>2</sup> austr. = 1/1600 morga = 3,597 m<sup>2</sup>

### 3) Objętości

Galon ameryk. = 3,785 l

Galon angielski = 4,546 l

Korzec = 32 garnce = 128 l

Beczka ros. = 40 wiader = 491,98 l

## 8. TABELA WIDZIALNOŚCI (W KM) PUNKTÓW ORIENTACYJNYCH Z RÓŻNYCH WYSOKOŚCI LOTU

### 1) Podczas obserwacji w dzień przy jasnej pogodzie

Rodzaj obiektu	Wysokość w m								
	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
Duże osiedla . . . . .	20	40	50	60	70	80	90	100	120
Małe osiedla . . . . .	10	15	20	25-30	40	50	60	70	70
Duże rzeki . . . . .	10	20	30	40	40-50	50	60-70	80-90	100
Małe rzeki . . . . .	8	10	15	20	30	30	40	50	60
Linie kolejowe . . . . .	6-8	15	20	20	20-25	25	30	35	40
Szosy . . . . .	10	15	20	25	30	40	50	60	80
Drogi terenowe . . . . .	5	10	10	15	15	20	20	20	20
Jeziora . . . . .	10	20	30	40	40-50	50	60-70	80-90	100
Lasy . . . . .	10	15	30	35	40	40	50	60	70

## 2) Podczas obserwacji w ciemną noc

Rodzaj obiektu	Wysokość w m						
	300	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5000
Duże osiedla (oświetlone)	10	20	30	45	65	80	100
Małe osiedla (oświetlone)	5	8	10	10	15	15	25
Duże rzeki . . . . .	5	8	10	10	niewidoczne		
Małe rzeki . . . . .	1	1	2	niewidoczne			
Linie kolejowe . . . . .	1	1	niewidoczne				
Szosy . . . . .	1	1	1	niewidoczne			
Drogi terenowe . . . . .	niewidoczne			10	niewidoczne		
Jeziora . . . . .	5	8	10	3	niewidoczne		
Lasy . . . . .	1	1	2	3	niewidoczne		

## 3) Podczas obserwacji w jasną noc

Rodzaj obiektu	Wysokość w m			
	300	500	1 000	2 000
Duże osiedla (oświetlone) . . . . .	10—20	30	40	50
Małe i średnie osiedla . . . . .	5	10	15	20
Duże rzeki . . . . .	5—10	15	20	25—30
Małe rzeki . . . . .	1—3	3—5	5	10
Linie kolejowe . . . . .	2—3	3—5	5	5
Szosy . . . . .	1	2	3	5
Drogi terenowe . . . . .	1	1	2	3
Jeziora . . . . .	5	10—15	20	30
Lasy . . . . .	3	5	10	15

## 4) Widzialność świetlnych obiektów w ciemną noc z wysokości 2000 — 4000 m

Obiekt	Widzialność w km
Błyski przeciwlotniczego reflektora . . . . .	120
Specjalny pocisk oświetlający działa przeciwlotnicze . . . . .	100 — 120
Duże miasta przemysłowe (oświetlone) . . . . .	60 — 100
Ognie pieców hutniczych . . . . .	40 — 80
Latarnie błyskowe . . . . .	20 — 70
Latarnie stałe . . . . .	20 — 60
Ogniska . . . . .	10 — 40
Rakiety sygnałowe . . . . .	20 — 30
Blask bomb oświetlających . . . . .	30 — 70
Światła pojedynczych domów . . . . .	10 — 15
Światła parowozów . . . . .	10 — 25
Światła samochodowe . . . . .	5 — 15
Duże stacje kolejowe (oświetlone) . . . . .	50 — 75
Małe stacje kolejowe i duże wsie (oświetlone) . . . . .	15 — 25
Nie duże miasteczka (oświetlone) . . . . .	30 — 50

## 9. ZASADY ZAMIANY STOPNI CELSJUSZA I REAUMURA NA STOPNIE FAHRENHEITA

Wielkość stopni Celsjusza ( $100^{\circ}$ ), Réaumura i Fahrenheita pozostają w następujących stosunkach do siebie:

$$1^{\circ} \text{ C} = 4/5^{\circ} \text{ R} = 9/5^{\circ} \text{ F};$$

$$1^{\circ} \text{ R} = 5/4^{\circ} \text{ C} = 9/4^{\circ} \text{ F};$$

$$1^{\circ} \text{ F} = 5/9^{\circ} \text{ C} = 4/9^{\circ} \text{ R}.$$

Przy zamianie odczytu termometru o skali Celsjusza i Réaumura na stopnie Fahrenheita należy ilość stopni pomnożyć przez podane wyżej stosunki i oprócz tego do otrzymanej ilości stopni dodać algebraicznie  $+ 32^{\circ}$ .

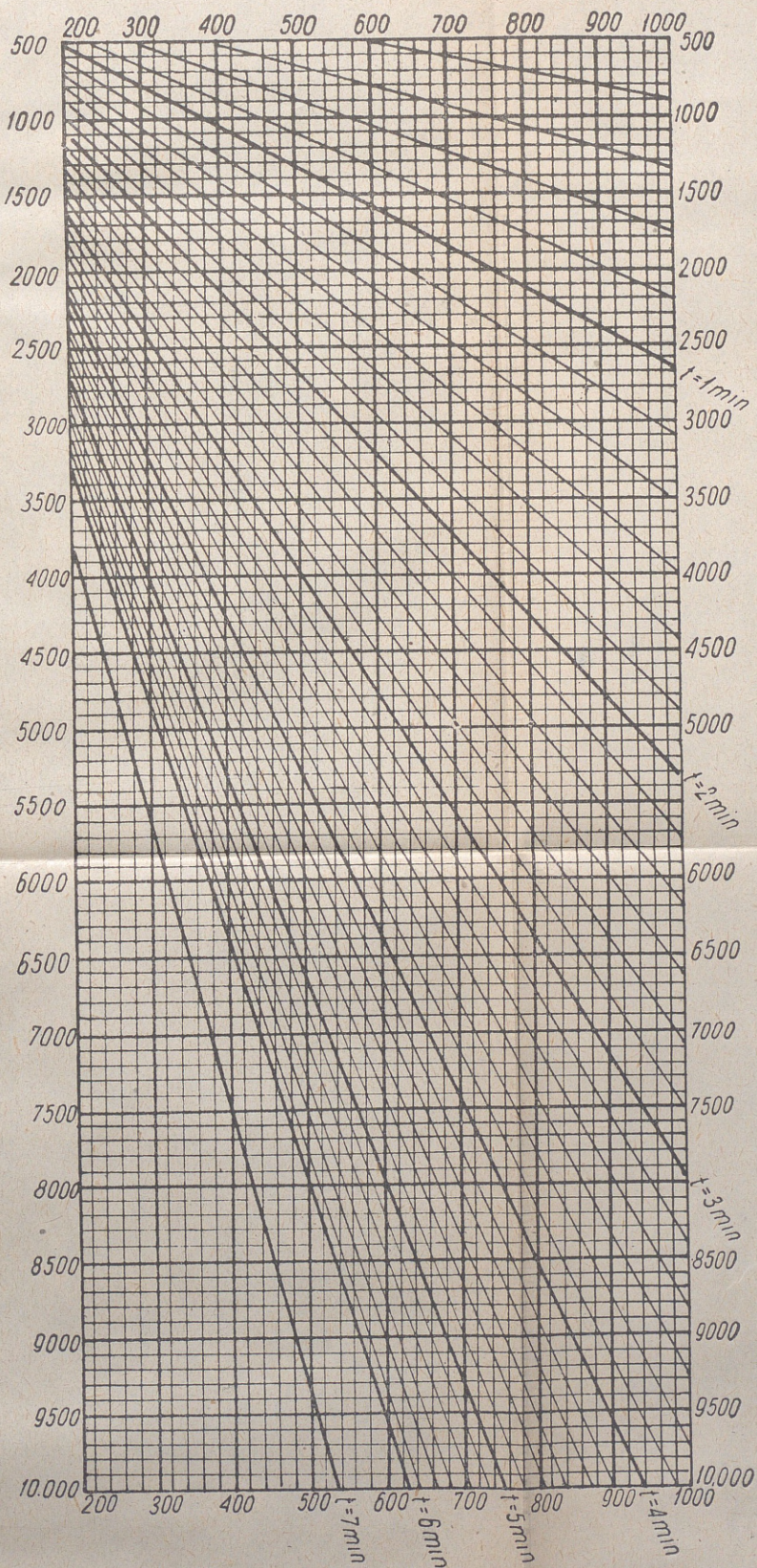
10. TABELA DAT PIERWSZEJ NIEDZIELI MIESIĄCA  
od 1951 — 1980 r.

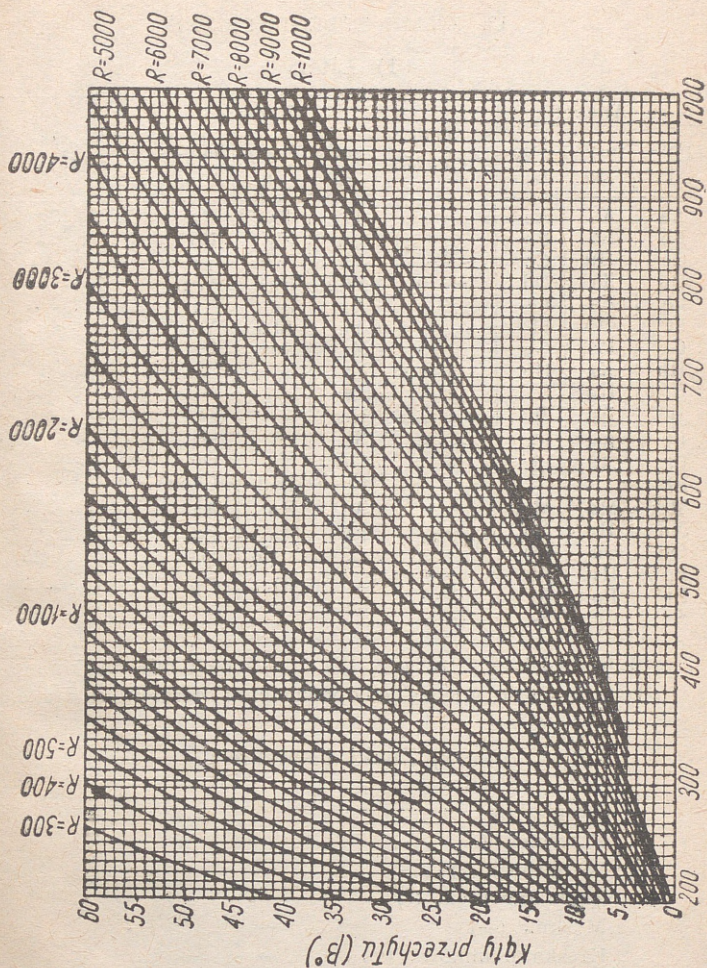
Rok	Miesiąc											
	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
51,62,73,79	7	4	4	1	6	3	1	5	2	7	4	2
52,80	6	3	2	6	4	1	6	3	7	5	2	7
53,59,70	4	1	1	5	3	7	5	2	6	4	1	6
54,65,71	3	7	7	4	2	6	4	1	5	3	7	5
55,66,77	2	6	6	3	1	5	3	7	4	2	6	4
56	1	5	4	1	6	3	1	5	2	7	4	2
57,63,74	6	3	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
58,69,75	5	2	2	6	4	1	6	3	7	5	2	7
60	3	7	6	3	1	5	3	7	4	2	6	4
61,67,78	1	5	5	2	7	4	2	6	3	1	5	3
64	5	2	1	5	3	7	5	2	6	4	3	6
68	7	4	3	7	5	2	7	4	1	6	3	1
72	2	6	5	2	7	4	2	6	3	1	5	3
76	4	1	7	4	2	6	4	1	5	3	7	5

Znając pierwszą niedzielę miesiąca łatwo określić daty pozostałych dni tygodnia.

11. WYKRES CZASÓW PEŁNEGO SKRETU O  $360^\circ$   
 W ZALEŻNOŚCI OD V I R SKRETU  
 V km/godz.

Promień (R) skretu w metrach



12. WYKRES KĄTÓW I WYCIĘCZYŁU  $\beta^\circ$  W ZALEŻNOŚCI OD V I R SKRĘTU

Szybkość powietrzna w km/godz.

## 13. ZNAKI TELEGRAFICZNE

## 1) Litery

Alfabet			Znak telegraf.	Alfabet			Znak telegraf.
pol-ski	rosyj-ski	mię-dzyn.		pol-ski	rosyj-ski	mię-dzyn.	
Aa	Аа	Аа	..	Tt	Тт	Tt	-
Bb	Бб	Bb	-. . .	Uu	Уу	Uu	. . . .
Cc	Цц	Cc	-. . .	Vv	Жж	Vv	. . . .
Dd	Дд	Dd	-. . .	Ww	Вв	Ww	-. . . .
Ee	Ее	Ee	.	Xx	Ьь	Xx	-. . . .
Ff	Фф	Ff	. . . .	Yy	Ыы	Yy	-. . . .
Gg	Гг	Gg	-. . .	Zz	Зз	Zz	-. . . .
Hh	Хх	Hh	. . . .	Žž	-	-	-. . . .
Ii	Ии	Ii	. . .	Žž	-	-	-. . . .
Jj	Йй	Jj	. . . .	Čč	-	-	. . . .
Kk	Кк	Kk	-. . .	Šš	-	-	. . . .
Ll	Лл	Ll	. . . .	Óó	Чч	Öö	-. . . .
Łł	-	-	. . . .	Chch	Шш	Chch	-. . . .
Mm	Мм	Mm	-. . .	Ąą	Яя	Ää	. . . .
Nn	Нн	Nn	-. .	Ęę	Ээ	Ěě	. . . .
Oo	Оо	Oo	-. . . .	-	Щщ	Qq	-. . . .
Pp	Пп	Pp	. . . .	-	Юю	Ůů	. . . .
Rr	Рр	Rr	. . . .				
Ss	Сс	Ss	. . . .				

Liter polskich ł, ń, ś, ź, ż, ć w tekstach mieszanych nie używa się i zastępuje się je odpowiednimi literami l, n, s, z, c.

## 2) Znaki pisarskie

Kropka (.)	. . . . .
Przecinek (,)	. . . . .
Dwukropek (:)	-. . . . .
Znak zapytania (?)	. . . . .
Myślnik (—)	-. . . . .
Kreska ułamkowa (/)	-. . . . .
Nawias ( )	-. . . . .

Znak równania (=)	— . . . . .
Znak dodawania (+)	. - . - . - .
Apostrof (')	. - - - - - .
Wykrzykownik (!)	- - - . . - - -
Cudzysłów („“)	. - . . . - - -

## 3) Cyfry

Cyfra	Z n a k		Cyfra	Z n a k	
	pełny	skrócony		pełny	skrócony
1	— — — —	. —	6	— . . . . .	— . . . . .
2	. — — — —	. . —	7	— — . . . .	— . . . . .
3	. . — — —	. . . —	8	— — — . . .	— . . . . .
4	. . . — —	. . . . —	9	— — — — .	— . . . . .
5	. . . . .	. . . . .	0	— — — — —	—

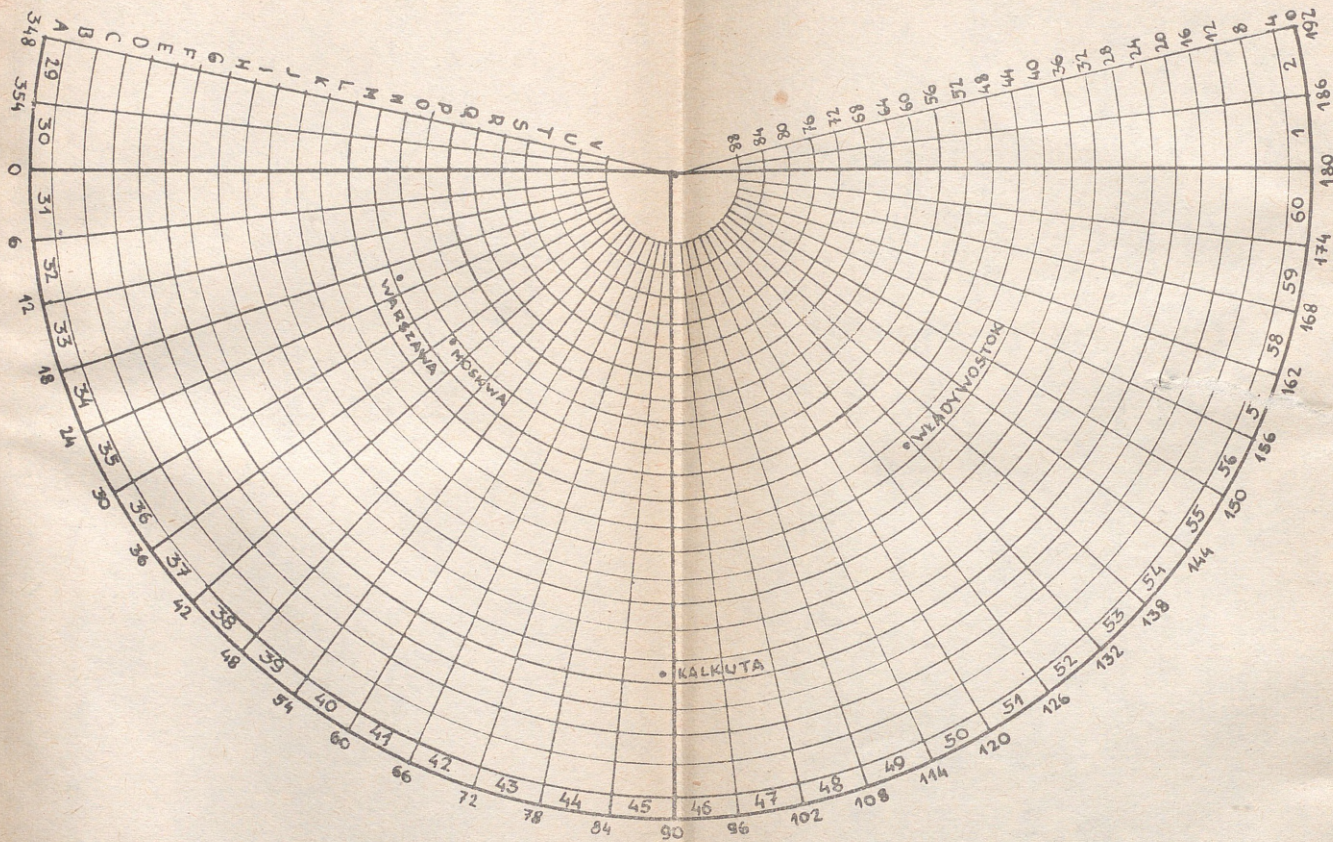
## 14. CIĘŻAR WŁAŚCIWY NIEKTÓRYCH CIAŁ

Woda (przy 4° C)	— 1,0
Benzyna lotnicza	— 0,75
Nafta lotnicza	— 0,86
Olej lotniczy (mineralny)	— 0,9
Parafina	— 0,9
Aluminium	— 2,58
Cynk	— 7,0
Cyna	— 7,2
Stal	— 7,8
Żelazo	— 7,8
Miedź	— 8,9
Ołów	— 11,4
Rtęć (przy 0° C)	— 13,6
Złoto	— 19,3

## 15. MIĘDZYNARODOWA ATMOSFERA WZORCOWA

Wysokość H w m	Ciśnienie na wysokości $P_H$ w mm	Temperatura na wysokości $t_H$ w stopniach	Gęstość powietrza $\rho$
0	760,0	15,0	1,2255
100	151,0	14,4	1,2137
200	742,1	13,7	1,2021
300	733,3	13,1	1,1906
400	721,6	12,4	1,1791
500	716,0	11,8	1,1677
600	707,4	11,1	1,1564
700	699,0	10,5	1,1452
800	690,6	9,8	1,1340
900	682,2	9,2	1,1230
1000	674,0	8,5	1,1120
1500	634,1	5,3	1,0581
2000	596,1	2,0	1,0067
2500	560,0	- 1,2	0,9578
3000	525,7	- 4,5	0,9093
3500	493,1	- 7,7	0,8633
4000	462,2	- 11,0	0,8192
4500	432,8	- 14,2	0,7768
5000	404,8	- 17,5	0,7361
5500	378,5	- 20,7	0,6971
6000	353,7	- 24,0	0,6596
6500	330,1	- 27,2	0,6238
7000	307,8	- 30,5	0,5894
7500	286,7	33,5	0,5565
8000	266,8	- 37,0	0,5250
8500	248,0	- 40,2	0,4949
9000	230,4	- 43,5	0,4662
9500	213,7	- 46,7	0,4387
10 000	193,1	- 50,0	0,4125
15 000	90,2	56,0	0,1935
20 000	40,9	56,5	0,0880

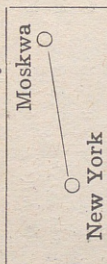




SKOROWIDZ ARKUSZY MIĘDZYNARODOWEJ MAPY ŚWIATA 1:1 000 000

SCHEMAT OBLICZANIA ORTODROMICZNEGO KĄTA  
DROGI I ODLEGŁOŚCI

Schemat trasy



W z o r y

$$\operatorname{ctg} \alpha = \cos \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{cosec} (\lambda_2 - \lambda_1) - \sin \varphi_1 \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$\sin S = \cos \varphi_2 \operatorname{cosec} \alpha \sin (\lambda_2 - \lambda_1)$$

Ważniejsze tabele i wykresy

283

		A — New York		$\varphi_1 = 40^{\circ} 43'$	$\lambda_1 = -74^{\circ}$
		B — Moskwa		$\varphi_2 = 55^{\circ} 47'$	$\lambda_2 = 37^{\circ} 34'$
1	$\lambda_2 - \lambda_1$	111°34'	5	$\lg \cos \varphi_2$	9.74999°
2	$\lg \cos \varphi_1$	9.87974	15	$\operatorname{colg} \sin \alpha$	0.24706
4	$\lg \operatorname{tg} \varphi_2$	0.16748	6	$\lg \sin (\lambda_2 - \lambda_1)$	9.96848
7	$\operatorname{colg} \sin (\lambda_2 - \lambda_1)$	0.03152	16	$\lg \sin S^0$	9.96553
9	$\lg [\cos \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{cosec} (\lambda_2 - \lambda_1)]$	0.07864	17	$S^0$	67°28'
10	$\cos \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{cosec} (\lambda_2 - \lambda_1)$	1.1985	18	$S'$	4048
3	$\lg \sin \varphi_1$	9.81446	19	$\lg S'$	3.60724
8	$\lg \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1)$	9.59688p	20	$\lg 1.852$	0.2678
11	$\lg [\sin \varphi_1 \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1)]$	9.41134p	21	$\lg S$	3.87484
12	$\sin \varphi_1 \operatorname{ctg} (\lambda_2 - \lambda_1)$	-0.25784	22	$S \text{ km}$	7496
13	$\operatorname{ctg} \alpha$	1.4563			
14	$\alpha$	34°29'			
15	$\alpha$				

## Załącznik 4

KOLEJNOŚĆ OBLICZANIA WSPÓLRZĘDNYCH  
PUNKTÓW POŚREDNICH ORTODROMY

## Wzory

$$\begin{aligned}\alpha &= 34^{\circ}29' \\ \varphi_1 &= 40^{\circ}43' \\ \varphi_2 &= 55^{\circ}47'\end{aligned}$$

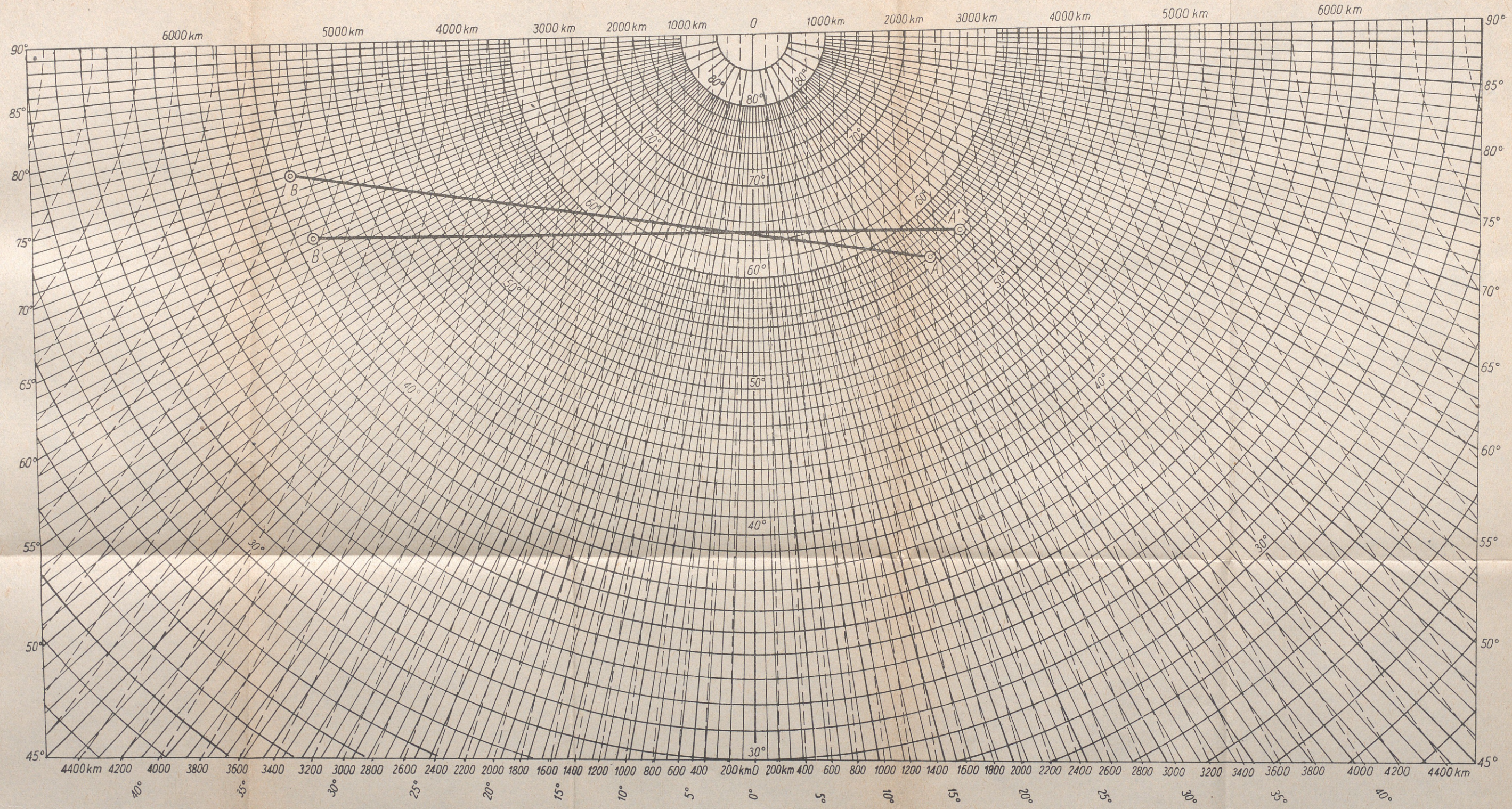
$$\begin{aligned}\cos \varphi_0 &= \cos \varphi^1 \sin \alpha \\ \operatorname{ctg}(\lambda_0 - \lambda_2) &= \sin \varphi_1 \operatorname{tg} \alpha \\ \operatorname{tg} \varphi &= \operatorname{tg} \varphi_0 \cos(\lambda_0 - \lambda)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= -74^{\circ} \\ \lambda_2 &= 37^{\circ}34'\end{aligned}$$

## W e r t e k s

	P u n k t y p o ś r e d n i e										
	$\lambda_0$	$\lambda$	$\lambda_0 - \lambda$	$\operatorname{lg} \cos(\lambda_0 - \lambda)$	$\operatorname{lg} \operatorname{tg} \varphi_0$	$\operatorname{lg} \operatorname{tg} \varphi$	$\varphi$				
1	9.75294										
3	9.87964	37°34'	-45°42'	9.84411	0.32313	0.16724	55°46'				
5	9.63258	30°	-38°08'	9.89574	0.32313	0.21887	58°52'				
6	64°35'	20°	-28°08'	9.94540	0.32313	0.26853	61°41'				
6	0.32313	10°	-18°08'	9.97788	0.32313	0.30101	63°26'				
7	9.83686	0°	-08°08'	9.99561	0.32313	0.31874	64°21'				
7	9.81446	-10°	1°52'	9.99977	0.32313	0.32290	64°34'				
4	9.65132	-20°	11°52'	9.99062	0.32313	0.31375	64°06'				
8	65°52'	-30°	21°52'	9.96757	0.32313	0.29070	62°53'				
10	$\lambda_0$ na W	-40°	31°52'	9.92905	0.32313	0.25218	60°46'				
11	$\lambda_0$ na Z	-50°	41°52'	9.87198	0.32313	0.19511	57°27'				
		-60°	51°52'	9.79063	0.32313	0.11376	52°25'				
		-70°	61°52'	9.67350	0.32313	0.99663	44°47'				

SIATKA GNOMONICZNA



NOMOGRAM OKREŚLANIA KĄTA DROGI NA MAPIE GNOMONICZNEGO ODWZOROWANIA —  $\beta$  LUB KĄTA DROGI W TERENIE —  $\alpha$  NA PODSTAWIE ZNAanej SZEROKOŚCI GEOGR.  $\varphi$

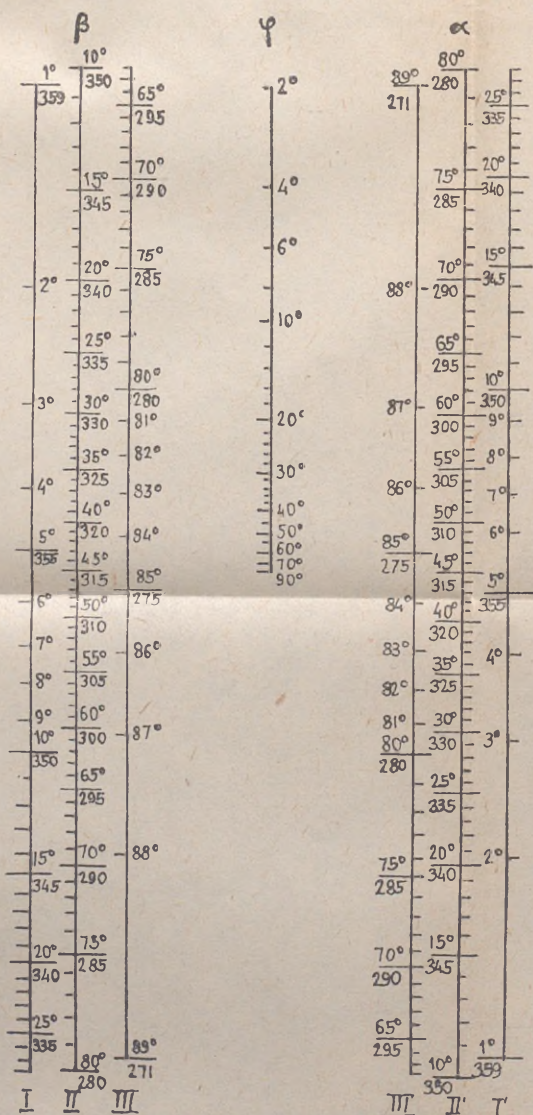
**Przykład.**  $\beta = 330^\circ$ ,  $\omega = 50^\circ$ . Określić  $\alpha$ .

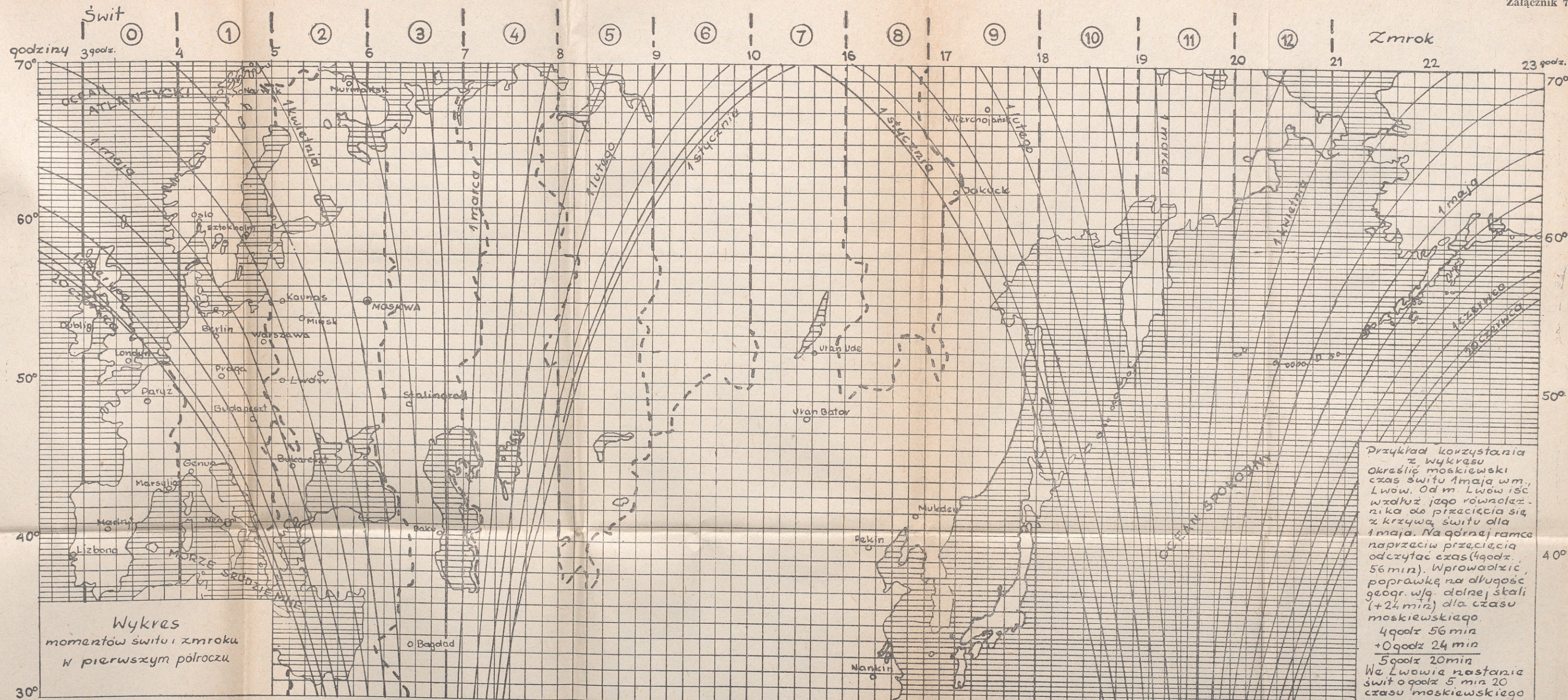
**Rozwiązanie.** Łączymy linią odpowiednie punkty  $\beta = 330^\circ$  i  $\varphi = 50^\circ$ ; na przedłużeniu odczytujemy  $\alpha = 323^\circ$ .

**Uwaga.** Jeżeli linie nie przecinają się z lewym lub prawym słupkiem nomogramu, wówczas liczbę stopni należy brać z przeciwnej strony tego słupka.

**Przykład.**  $\beta = 25^\circ$ ,  $\varphi = 40^\circ$ . Określić  $\alpha$ .

Przy rozwiązywaniu  $\beta = 25^\circ$  możemy wziąć w dole lewego słupka z rzymską cyfrą I, lecz w tym wypadku nie nastąpi przecięcie z prawej strony rzymskiej cyfry I. Bierzemy wówczas tę liczbę stopni na linii środkowej z rzymską cyfrą II i na lewej stronie, również z rzymską cyfrą II odczytujemy  $\alpha = 35^\circ$ .

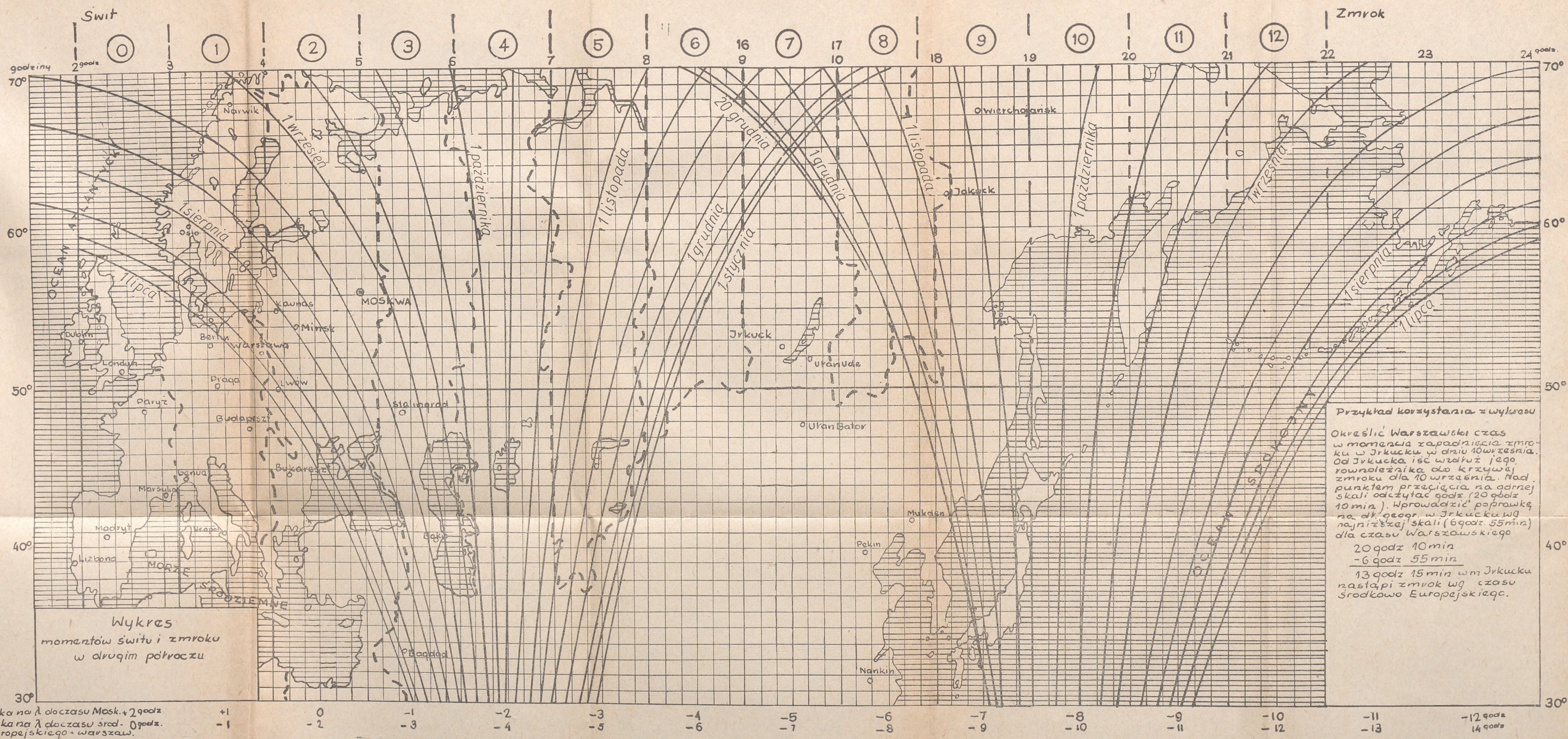




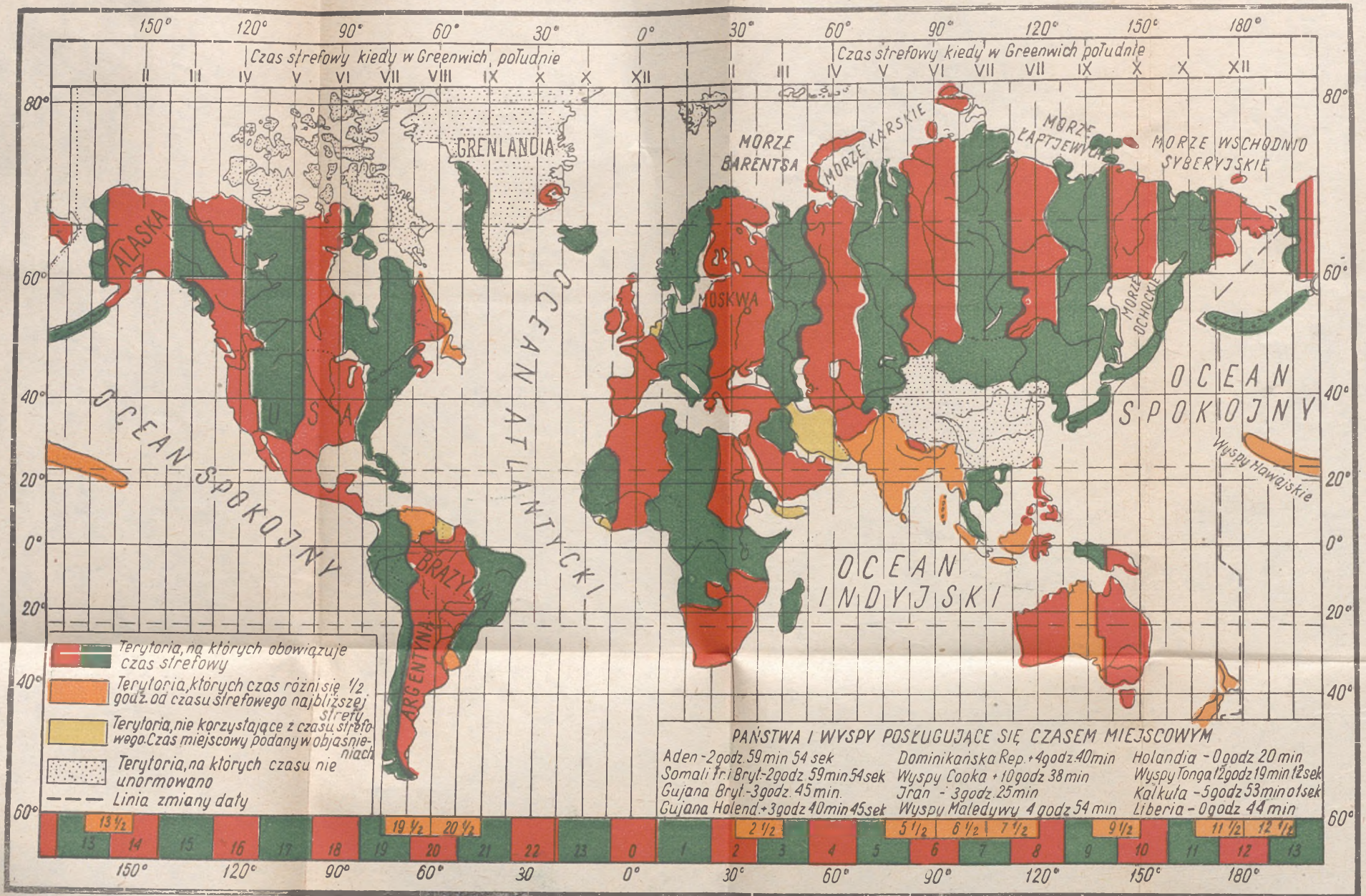
Wykres momentów świtu i zmroku w pierwszym półroczu

Przykład korzystania z wykresu  
 Określić moskiewski czas świtu 1 maja w m. Lwów. Od m. Lwów iść wzdłuż jego równoleżnika do przecięcia się z krzywą świtu dla 1 maja. Na górnej ramce naprzeciw przecięcia odczytać czas (4 godz. 56 min). Wprowadzić poprawkę na długość geogr. włą. dolnej skali (+24 min) dla czasu moskiewskiego.  
 4 godz 56 min  
 + 0 godz 24 min  
 5 godz 20 min  
 We Lwowie nastanie świt o godz 5 min 20 czasu moskiewskiego

Poprawki na długość geograf. punktu do czasu	Moskiewski +2 godz.	+1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12 godz.	-13	-14 godz.
	Warszawski 0 godz.	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16



## MAPA STREF CZASOWYCH KULI ZIEMSKIEJ



Drukowano w formacie B-6 na papierze druk sat kl. V, 60 g  
w Wojskowej Drukarni w Łodzi. Skład rozpoczęto 2.09.54.  
Druk ukończono 15.05.55. Zam. nr 732. CW-20646.

K1  
25



18

---

76720/

---

1.