

## **Metoda Zingera i przystosowanie teodolitu astronomicznego Wild T-4 do dokładnego wyznaczenia poprawki czasu tą metodą**

### WSTĘP

Pomiary astronomiczno-geodezyjne na punktach Laplace'a polegają na wyznaczeniu azymutu, szerokości i długości astronomicznej. Dotychczas azymut mierzony był teodolitem, a szerokość i długość astronomiczna przenośnym instrumentem przejściowym. Powodem użycia dwóch różnych typów instrumentów była konieczność uzyskania wysokiej dokładności przy wyznaczaniu długości astronomicznej. Ze wszech miar pożądaną rzeczą byłoby wykorzystanie teodolitu również do wyznaczenia szerokości i długości astronomicznej. Normalnie teodolit astronomiczny, wyposażony w nitkę ruchomą przy okularze i odpowiednio dokładne libele Horrebow-Talcotta — jak to ma miejsce w teodolicie Wild T-4 — pozwala na otrzymanie zadawalających wyników przy wyznaczeniu azymutu i szerokości astronomicznej. Potrzebną dokładność w długości astronomicznej przy użyciu tego teodolitu dać może jedynie metoda Zingera. Jak wiemy przy metodzie Zingera gwiazdy obserwowane przebiegają pole widzenia lunety ukośnie. I to stanowi trudność w zastosowaniu normalnego mikrometru bezosobowego do metody Zingera. Jak zobaczymy — trudność ta w wypadku teodolitu Wild T-4 da się łatwo przewyciężyć i w ten sposób teodolit ten będzie mógł służyć do wyznaczenia wszystkich trzech elementów.

### **1. Teoretyczne podstawy metody Zingera**

#### *a) Ogólne wzory Zingera 1)*

Metoda Zingera polega na obserwacji par gwiazd na jednakowej wysokości, jednej gwiazdy w pobliżu wschodniej, a drugiej w pobliżu zachodniej części I wertykału.

Oznaczając znaczkami  $E$  wielkości odnoszące się do gwiazdy obserwowanej w pobliżu wschodniej, a znaczkami  $W$  w pobliżu zachodniej części I wertykału warunek jednakowej wysokości obydwóch gwiazd przedstawi się następującym równaniem:

$$\sin \varphi \sin \delta_E + \cos \varphi \cos \delta_E \cos t_E = \sin \varphi \sin \delta_W + \cos \varphi \cos \delta_W \cos t_W \quad (1)$$

gdzie:  $\varphi$  = szerokość astronomiczna miejsca obserwacji,  
 $\delta$  = deklinacja gwiazdy,  
 $t$  = kąt godzinny gwiazdy.

Przyjmując, że kąt godzinny  $t_W$  liczymy w kierunku zachodu, a kąt godzinny  $t_E$  w kierunku wschodu od południka miejscowego będziemy mieli:

$$\begin{aligned} t_E &= \alpha_E - (\Theta_E + \lambda) = \alpha_E - (T_E + u) \\ t_W &= (\Theta_W + \lambda) - \alpha_W = (T_W + u) - \alpha_W \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:  $\lambda$  = różnica długości astronomicznej, liczona na wschód od Gr.,  
 $\Theta$  = czas gwiazdowy Greenwich w momencie obserwacji gwiazdy,  
 $\alpha$  = rektascenzja gwiazdy,  
 $T$  = odczyt chronometru dla środkowego momentu obserwacji gwiazdy,  
 $u$  = poprawka chronometru do czasu gwiazdowego miejscowego

Wprowadzając następujące oznaczenia:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\alpha_E + \alpha_W}{2} & \beta &= \frac{\alpha_E - \alpha_W}{2} \\ t &= \frac{t_W + t_E}{2} = \beta + \frac{T_W - T_E}{2} \\ y &= \frac{t_W - t_E}{2} = -\frac{\alpha_E + \alpha_W}{2} + \frac{T_W + T_E}{2} + u \end{aligned} \quad (3)$$

ostatecznie będziemy mieli:

$$u = \alpha - \frac{T_W + T_E}{2} + y \quad (4)$$

We wzorze (4) wielkość  $\alpha$  znajdujemy w odpowiednim roczniku astronomicznym, a wielkość  $\frac{T_W + T_E}{2}$  otrzymujemy z obserwacji gwiazd danej pary. A więc obliczenie poprawki  $u$  do czasu gwiazdowego miejscowego sprowadza się do obliczenia wielkości  $y$ .

Jeżeli wielkości  $T$  w ostatnim wzorze przedstawiać będą przybliżony czas gwiazdowy miejscowy, obliczony na podstawie przybliżonej różnicy długości astronomicznej  $\lambda_0$  i poprawki do odczytów chronometru do

czasu gwiazdowego Greenwich (na podstawie astronomicznych sygnałów czasu) to znaczy:

$$\begin{aligned} T_E &= \Theta_E + \lambda_0 \\ T_W &= \Theta_W + \lambda_0 \end{aligned} \quad (5)$$

to będziemy mieli następujący związek pomiędzy długością przybliżoną i otrzymaną z obserwacji:

$$\lambda = \lambda_0 + u \quad (6)$$

Oznaczając dalej:

$$\delta = \frac{\delta_W + \delta_E}{2}; \quad \varepsilon = \frac{\delta_W - \delta_E}{2} \quad (7)$$

będziemy mieli

$$\delta_E = \delta - \varepsilon; \quad \delta_W = \delta + \varepsilon; \quad t_E = t - y; \quad t_W = t + y$$

Równanie (1) możemy przedstawić w następujący sposób:

$$\sin \varphi (\sin \delta_W - \sin \delta_E) + \cos \varphi (\cos \delta_W \cos t_W - \cos \delta_E \cos t_E) = 0$$

Ale

$$\sin \delta_W - \sin \delta_E = 2 \sin \frac{\delta_W - \delta_E}{2} \cos \frac{\delta_W + \delta_E}{2} = 2 \sin \varepsilon \cos \delta,$$

oraz

$$\begin{aligned} (\cos \delta_W \cos t_W - \cos \delta_E \cos t_E) &= \cos(\delta + \varepsilon) \cos(t + y) - \cos(\delta - \varepsilon) \cos(t - y) = \\ &= -2 \cos \delta \sin t \cos \varepsilon \sin y - 2 \sin \delta \cos t \sin \varepsilon \cos y \end{aligned}$$

czyli

$$\sin \varphi \cos \delta \sin \varepsilon - (\cos \varphi \cos \delta \sin t \cos \varepsilon) \sin y - \cos \varphi \sin \delta \cos t \sin \varepsilon \cos y = 0$$

A dzieląc całe równanie przez

$$\cos \varphi \cos \delta \sin t \cos \varepsilon$$

będziemy mieli:

$$\sin y + \frac{\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varepsilon}{\operatorname{tg} t} \cos y = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{tg} \varphi}{\sin t}$$

Podstawiając

$$\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} t = \operatorname{tg} m \quad \text{i} \quad \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{tg} \varphi \operatorname{cosec} t \cos m = \sin N \quad (8)$$

będziemy mieli:

$$\sin y + \operatorname{tg} m \cos y = \frac{\sin N}{\cos m}$$

skąd

$$\sin y \cos m + \sin m \cos y = \sin N$$

$$\sin(y + m) = \sin N$$

$$y + m = N$$

i ostatecznie

$$y = N - m \quad (9)$$

Obliczenie poprawki czasu metodą Zingera polega więc na:

1. Obliczeniu z rocznika astronomicznego współrzędnych  $\alpha$  i  $\delta$  obydwóch gwiazd danej pary,
2. obliczeniu średniego momentu obserwacji:  $T_W$  i  $T_E$ ,
3. obliczeniu wielkości  $m$  i  $M$  z wzorów (8) i (9),
4. obliczeniu poprawki  $u$  do chronometru z wzoru (4),

Oczywiście uwzględnione muszą być również następujące poprawki:

- a) za zmianę odległości zenitalnej lunety, przy przejściu od jednej gwiazdy do drugiej, które wyprowadza się z odczytów libeli Talcotta,
- b) poprawkę na szerokość kontaktów i martwy ruch śruby mikrometru okularowego, przy posługiwaniu się mikrometrem bezosobowym,
- c) poprawkę na aberację dzienną.

b) Wzory Kulikowa 2)

Kulikow przyjął, że odstęp czasu pomiędzy obserwacją jednej i drugiej gwiazdy danej pary jest bliski 5 minut (z dokładnością do 70<sup>s</sup>) i przedstawił wzór Zingera na obliczenie poprawki czasu w następującej postaci:

$$\begin{aligned}
 u &= \alpha - \frac{T_W + T_E}{2} + y_0 + (y - y_0) = \\
 &= \alpha - \frac{T_W + T_E}{2} + (N_0 - m_0) + (N - m) - (N_0 - m_0) = \\
 &= M - \frac{T_W + T_E}{2} + r + \Delta T
 \end{aligned} \tag{10}$$

gdzie

$$\begin{aligned}
 y_0 &= N_0 - m_0 \\
 \sin N_0 &= \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{cosec} t_0 \cos m_0 \operatorname{tg} \varphi \\
 \operatorname{tg} m_0 &= \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} t_0 \\
 t_0 &= \beta \pm 2^m 30^s \\
 M &= \alpha - m_0 \\
 r &= n \operatorname{tg} \varphi + \sigma_0(r) = N_0 \\
 n &= \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\sin 1^s} \operatorname{cosec} t_0 \cos m_0 \\
 \Delta T &= (N - m) - (N_0 - m_0) = y - y_0
 \end{aligned} \tag{11}$$

Ze względu na to, że pary Zingera dobierane są w ten sposób by

$$|\delta_W - \delta_E| < 30'$$

wielkości  $m$ ,  $N$ ,  $n$  i  $r$  będą zawsze funkcjami małych wielkości i przy obliczaniu ich możemy z korzyścią stosować znane rozwinięcia funkcji trygonometrycznych na szeregi. W odniesieniu do  $r$  będziemy mieli:

$$\sin r = (\operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{cosec} t_0 \cos m_0) \operatorname{tg} \varphi \sim r^s \sin 1^s - \frac{r^3 \sin^3 1^s}{6}$$

Wprowadzając następujące oznaczenia:

$$n = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\sin 1^s} \operatorname{cosec} t_0 \cos m_0 \quad \text{i} \quad \sigma_0(r) = \frac{r^3 \sin^3 1^s}{6}$$

dostaniemy poprzednio przytoczony wzór:

$$N_0 = r = n \operatorname{tg} \varphi + \sigma_0(r)$$

Ażeby obliczyć  $\Delta T$  rozwińmy  $y$  w szereg Taylora, a ograniczając się do wyrazów drugiego stopnia będziemy mieli:

$$f(t_0) = y_0; \quad f(t_0 + \Delta t) = y; \quad y - y_0 = \Delta T$$

$$\Delta T = \left( \frac{dy}{dt} \right) \Delta t + \frac{1}{2} \left( \frac{d^2 y}{dt^2} \right) \Delta t^2 + \dots$$

W danym wypadku:

$$\Delta t = \frac{T_W - T_E}{2} \mp 2^m 30^s$$

Dla znalezienia pochodnej  $\frac{dy}{dt}$  przedstawmy wielkości  $N$  i  $m$  w postaci logarytmicznej, przyczem bez uszczerbku dla dokładności można tutaj przyjąć, że  $\sin N = N$ ,  $\operatorname{tg} m = m$  i  $\cos m = 1$

$$\lg N = \log (\operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{tg} \varphi) - \log \sin t$$

$$\log m = \log (\operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{tg} \delta) + \log \operatorname{ctg} t$$

$$y = N - m$$

Będziemy mieli:

$$\frac{1}{N^s \sin 1^s} dN = -\operatorname{ctg} t dt; \quad \frac{1}{m^s \sin 1^s} dm = -2 \operatorname{cosec} 2t dt$$

$$\frac{dy}{dt} = (2m \operatorname{cosec} 2t - N \operatorname{ctg} t) \sin 1^s$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = (2y \operatorname{cosec}^2 t - N) \sin 1^s$$

gdzie  $N$ ,  $m$  i  $y$  wyrażone są w sekundach czasu.

Można się przekonać, że nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach t. j. dla

$$2\gamma = 950^s, \quad N = 600^s, \quad t = 30^0$$

przy  $\Delta t$  mniejszym od  $35^s$  błąd w poprawce czasu z powodu opuszczenia wyrazu kwadratowego:

$$\frac{1}{2} \frac{d^2 y}{dt^2} \Delta t^2$$

nie przekroczy  $0^m 01$ .

Kulikow ograniczył się do pierwszego wyrazu i przyjął następujące oznaczenia:

$$\Delta T = k_1 \Delta t = (2 m_0 \operatorname{cosec} 2 t_0 - n_0 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} t_0) \sin 1^s \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{l}{100} \left( \left| \frac{T_W - T_E}{2} \right| - 2^m 30^s \right)$$

$$k_1 = n_1 \operatorname{tg} \varphi - m^1 \tag{12}$$

$$m_1 = \mp 200 m_0 \operatorname{cosec} 2 (\beta \pm 2^m 30^s) \sin 1^s$$

Dla uproszczenia redukcji obserwacji Kulikow opracował wzory służące do obliczenia tablic dla następujących wielkości:

$$M = \alpha - m_0$$

$$n = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{\sin 1^s} \operatorname{cosec} t_0 \cos m_0$$

$$m_1 = \mp 200 m_0 \operatorname{cosec} 2 (\beta \pm 2^m 30^s) \sin 1^s$$

$$n_1 = \mp 100 n_0 \operatorname{ctg} (\beta \pm 2^m 30^s) \sin 1^s$$

Tablice tych wielkości na rok 1953, 1954 i 1955 opublikowane są w „Trudach, выпуск 95, Гeоdеzиздат, Москва 1953”.<sup>3)</sup>

W ten sposób, przy użyciu wzorów i tablic Kulikowa czas potrzebny na redukcję obserwacji poprawki czasu metodą Zingera skrócony został w przybliżeniu o  $40^0/0$ .

c) *Najkorzystniejsze warunki obserwacji i średni błąd poprawki czasu* 4)

Różniczkując wzór cosinusowy:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

kolejno względem  $\varphi$ ,  $\delta$  i  $t$ , po odpowiednich przeróbkach będziemy mieli:

$$dz = \cos \alpha d\varphi + \cos \varphi \sin \alpha dt - \cos \varphi d\delta$$

gdzie

$a$  = azymut gwiazdy

$q$  = kąt paralaktyczny

W naszym wypadku dla  $z_W = z_E$  będzie:

$$\cos a_W d\varphi + \cos \varphi \sin a_W dt_W - \cos q_W d\delta_W = \cos a_E d\varphi + \cos \varphi \sin a_E dt_E - \cos q_E d\delta_E$$

Podstawiając na kąt godzinny odpowiednie wielkości z równań:

$$t_W = T_W - \alpha_W + u$$

$$t_E = \alpha_E - T_E - u,$$

oraz przyjmując z wystarczającą dokładnością, że kąt paralaktyczny jest jednakowy dla wschodniej i zachodniej gwiazdy:

$$q_W \approx q_E = q$$

będziemy mieli:

$$\begin{aligned} \cos \varphi (\sin a_W + \sin a_E) du &= (\cos a_E - \cos a_W) d\varphi + \cos q (d\delta_W - d\delta_E) + \\ &+ \cos \varphi \sin a_W d\alpha_W + \cos \varphi \sin a_E d\alpha_E - \\ &- \cos \varphi \sin a_W dT_W - \cos \varphi \sin a_E dT_E \end{aligned}$$

Pamiętając, że azymut  $a_W$  i  $a_E$  liczymy od południka na zachód i na wschód — tak jak to przyjęliśmy dla kątów godzinnych  $t_W$  i  $t_E$  — z powyższego wzoru widzimy, że najmniejszą wartość na  $du$  otrzymamy dla obserwacji symetrycznych względem południka miejscowego t.j. dla

$$a_W = a_E$$

gdyż wtedy  $\cos a_E - \cos a_W = 0$  i błąd w szerokości nie będzie miał żadnego wpływu na dokładność poprawki czasu, jak również dla obserwacji w I wertykale, t.j. dla

$$a_W = a_E = 90^\circ,$$

gdyż wtedy wielkość  $\sin a_W + \sin a_E$ , która przechodzi do mianownika osiągnie największą wartość:

$$\sin a_W + \sin a_E = 2$$

W tym ostatnim przypadku poprzednie wyrażenie na błąd poprawki czasu przyjmie następującą postać:

$$du = -\frac{dT_W + dT_E}{2} + \frac{d\alpha_W + d\alpha_E}{2} + \cos q \sec \varphi \frac{d\delta_W - d\delta_E}{2}$$

A średni błąd poprawki czasu  $m_u$  będzie:

$$m_u^2 = \frac{1}{2} (m_T^2 + m_\alpha^2 + \cos^2 q \sec^2 \varphi m_\delta^2)$$

Ponieważ można przyjąć, że

$$m_\alpha \cos \delta = m_\delta = m_*$$

a w pierwszym wertykale mamy:

$$\frac{l}{\cos \delta} = \sin q \sec \varphi$$

więc będziemy mieli:

$$m_u^2 = \frac{1}{2} \{m_r^2 + m_*^2 \sec^2 \varphi (\sin^2 q + \cos^2 q)\} = \frac{1}{2} (m_r^2 + m_*^2 \sec^2 \varphi)$$

gdzie

$m_r = m_{rW} = m_{rE}$  = średni błąd obserwacji przejścia gwiazdy,

$m_* = m_{\delta W} = m_{\delta E}$  = średni błąd deklinacji gwiazdy.

## 2. Źródła błędów przy korzystaniu ze średniej arytmetycznej z poszczególnych kontaktów mikrometru bezosobowego

a) *Wpływ braku ścisłej proporcjonalności pomiędzy zmianami w czasie i w odległości zenitalnej*

Przy obserwowaniu gwiazd w pobliżu I wertykału jednakowym odstępom odległości zenitalnych, utrwalonych przez siatkę nitek, względnie przez kontakty mikrometru bezosobowego nie odpowiadają jednakowe odstępy czasu. Wobec tego średnia arytmetyczna obliczona z odczytów chronometru dla poszczególnych kontaktów nie odpowiada średniej odległości zenitalnej tych kontaktów.

Oznaczając przez:

$T_i$  = odczyt chronometru dla kontaktu  $i$ ,

$T$  = średnią arytmetyczną z odczytów chronometru dla  $n$  kontaktów,

$z_i$  = odległość zenitalną odpowiadającą kontaktowi  $i$ ,

$z$  = średnią arytmetyczną z odległości zenitalnych dla  $n$  kontaktów

będziemy mieli:

$$T = \frac{1}{n} [T_i] \quad z = \frac{1}{n} [z_i]$$

Ażeby otrzymać odczyt chronometru odpowiadający średniej odległości zenitalnej  $z$  do średniej arytmetycznej  $T$  musimy dodać pewną poprawkę  $\Delta_1 T$ . I odwrotnie — ażeby otrzymać odległość zenitalną odpowiadającą średniej arytmetycznej z odczytów chronometru  $T$  trzeba poprawić  $z$  o wielkość  $\Delta_1 z$ .

Uważając  $\varphi$  i  $\delta$  dla danego punktu i dla danej gwiazdy za stałe możemy przyjąć, że  $T$  jest pewną funkcją  $z$ , czyli:

$$T = f(z)$$



Biorąc odległość zenitalną pierwszego kontaktu za podstawę i stosując rozwinięcie w szereg Taylora z ograniczeniem się do wyrazów drugiego stopnia, odczyty chronometru dla poszczególnych kontaktów, odpowiadające danym odległościom zenitalnym możemy wyrazić w następujący sposób:

$$\begin{array}{ll}
 \text{dla } z_1 & \text{będzie } T_1 = f(z_1) \\
 \text{,, } z_2 = z_1 + \Delta z & \text{,, } T_2 = f(z_1) + f'(z_1) \cdot \Delta z + \frac{1}{2} f''(z_1) \cdot (\Delta z)^2 \\
 \text{,, } z_3 = z_1 + 2 \Delta z & \text{,, } T_3 = f(z_1) + f'(z_1) \cdot 2 \Delta z + \frac{1}{2} f''(z_1) \cdot 2^2 \cdot (\Delta z)^2 \\
 \dots & \dots \\
 \text{dla } z_n = z_1 + (n-1) \Delta z & \text{będzie } T_n = f(z_1) + f'(z_1) \cdot (n-1) \Delta z + \\
 & \quad + \frac{1}{2} f''(z_1) \cdot (n-1)^2 (\Delta z)^2
 \end{array}$$

$$\frac{1}{n} [z_i] = z = z_1 + \frac{n-1}{2} \Delta z;$$

$$\frac{1}{n} [T_i] = T = f(z_1) + f'(z_1) \frac{n-1}{2} \Delta z + \frac{1}{2} f''(z_1) \frac{(n-1)(2n-1)}{6} (\Delta z)^2$$

gdzie

$$\frac{1 + 2 + 3 + \dots + n - 1}{n} = \frac{n-1}{2}$$

$$\frac{1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + (n-1)^2}{n} = \frac{(n-1) \cdot (2n-1)}{6}$$

Z drugiej strony odległości zenitalnej

$$z = z_1 + \frac{n-1}{2} \Delta z$$

odpowiada następujący odczyt na chronometrze:

$$T + \Delta_1 T = f(z_1) + f'(z_1) \frac{n-1}{2} \Delta z + \frac{1}{2} f''(z_1) \left( \frac{n-1}{2} \right)^2 (\Delta z)^2,$$

skąd poprawka do średniej arytmetycznej z poszczególnych kontaktów z powodu braku ścisłej proporcjonalności w czasie będzie:

$$\begin{aligned}
 \Delta_1 T &= \left( \frac{(n-1) \cdot (n-1)}{4} - \frac{(n-1) \cdot (2n-1)}{6} \right) \cdot \frac{1}{2} f''(z_1) (\Delta z)^2 = \\
 &= - \frac{n^2 - 1}{24} (\Delta z)^2 \cdot f''(z_1)
 \end{aligned}$$

Jak wiemy:

$$f'(z) = \frac{dt}{dz} = \sec \varphi \sec \delta \frac{\sin z}{\sin t} = \sec \varphi \operatorname{cosec} a = \sec \varphi \sec \delta \sin z \operatorname{cosec} t$$

$$f''(z) = \frac{d^2t}{dz^2} = \frac{dt}{dz} \left( \operatorname{ctg} z - \operatorname{ctg} t \frac{dt}{dz} \right)$$

Wyrażając zmiany w czasie w sekundach czasu, a zmiany w odległości zenitalnej w sekundach łuku będziemy mieli:

$$(T_i - T_1)^s = \frac{f'(z_1)}{15} (z_i - z_1) + \frac{f''(z_1)}{30 \rho''} (z_i - z_1)^2$$

W poniższej tabelicy, obliczonej dla  $\varphi = 52^\circ$  przedstawione są w pierwszym wierszu wartości  $\frac{1}{15} f'(z)$ , a w drugim wierszu wartości  $\frac{1}{30 \rho''} f''(z)$  w jednostkach 9-tego miejsca dziesiątego dla odległości zenitalnych od  $20^\circ$  do  $50^\circ$  i dla azymutu od  $65^\circ$  do  $115^\circ$ .

$\begin{matrix} a \\ z \end{matrix}$	65	75	85	95	105	115
20	+ 0,11948 - 364	+ 0,11211 - 150	+ 0,10870 - 35	+ 0,10870 + 24	+ 0,11211 + 43	+ 0,11948 + 18
30	+ 0,11948 - 300	+ 0,11211 - 130	+ 0,10870 - 33	+ 0,10870 + 26	+ 0,11211 + 63	+ 0,11948 + 82
40	+ 0,11948 - 266	+ 0,11211 - 120	+ 0,10870 - 32	+ 0,10870 + 27	+ 0,11211 + 73	+ 0,11948 + 116
50	+ 0,11948 - 244	+ 0,11211 - 113	+ 0,10870 - 31	+ 0,10870 + 28	+ 0,11211 + 80	+ 0,11948 + 138

Przy ilości kontaktów  $n = 10$ , i odległości ich od siebie  $\Delta z = 41''$  w niekorzystnych warunkach, a mianowicie dla  $z = 20^\circ$  i  $a = 65^\circ$  poprawka do średniej ze wszystkich kontaktów wynosić będzie:

$$\Delta_1 T = \frac{1}{30 \rho''} f''(z_1) \frac{99}{12} 41^2 = 0,000\,000\,364 \times 8,25 \times 1681 = 0,^s 005$$

Z tego widzimy, że jeżeli chcemy by poprawka była mniejsza od  $0,^s 005$  to odległość kątowa poszczególnych kontaktów musi być tak dobrana by była mniejsza od  $41''$ .

Przy obserwacjach par gwiazd, położonych symetrycznie względem południka poprawka  $\Delta_1 T$  występuje z taką samą wielkością i z różnym znakiem dla gwiazdy wschodniej i zachodniej, tak, że średnia  $\frac{T_W + T_E}{2}$  jest wolna od tego błędu.

Widzimy więc, że przy zachowaniu powyższych warunków nie ma potrzeby wprowadzania poprawek  $\Delta_1 T$  do średniej arytmetycznej  $T$ , obliczonej z poszczególnych kontaktów z powodu braku ścisłej proporcjonalności w czasie.

W przypadku obserwacji przez kontakty, względnie siatkę nitek w odstępach dość dużych można również wprowadzać poprawki do każdej średniej z dwóch kontaktów symetrycznych względem środkowego kontaktu. Do takiego celu użyć można tablice funkcji

$$\frac{2 \sin^2 \frac{T - T_0}{2}}{\sin 1''}$$

które znaleźć można w zbiorze tablic astronomicznych.<sup>5)</sup> Zasada korzystania z takich tablic jest następująca.

Weźmy pod uwagę 3 odczyty chronometru dla 3 kontaktów, jeden dla średniej odległości zenitalnej:

$$z_0 = \frac{z_i + z_{n+1-i}}{2},$$

i dwa dla dwóch położen symetrycznych względem  $z_0$  t.j.

$$z_i = z_0 - \Delta z_i \quad \text{i} \quad z_{n+1-i} = z_0 + \Delta z_i$$

Rozwijając — jak poprzednio — na szereg Taylora będziemy mieli:

$$\text{dla } z_i \quad \text{będzie } T_i = f(z_i)$$

$$\text{„ } z_0 \quad \text{„ } T_0 = f(z_i) + f'(z_i) \Delta z_i + \frac{1}{2} f''(z_i) (\Delta z_i)^2$$

$$\text{„ } z_{n+1-i} \quad \text{„ } T_{n+1-i} = f(z_i) + f'(z_i) 2 \Delta z_i + \frac{1}{2} f''(z_i) (2 \Delta z_i)^2$$

---


$$\frac{z_i + z_{n+1-i}}{2} = z_0 \quad \frac{T_i + T_{n+1-i}}{2} = f(z_i) + f'(z_i) \Delta z_i + \frac{1}{2} f''(z_i) 2 (\Delta z_i)^2$$

A więc poprawka do średniej z danej pary będzie:

$$T_0 - \frac{T_i + T_{n+1-i}}{2} = \Delta_1 T_i = -\frac{1}{2} f''(z_i) (\Delta z_i)^2$$

Poprawkę  $\Delta_1 T_i$  możemy wyrazić również jako funkcję różnic  $(T_i - T_0)$  zamiast różnic  $(z_i - z_0)$  na mocy następujących zależności:

$$\frac{dt}{dz} = f'(z); \quad dz = \frac{dt}{f'(z)} = \frac{1}{\frac{dt}{dz}} \cdot dt$$

skąd

$$\Delta z_i = \frac{1}{\frac{dt}{dz}} \cdot (T_i - T_0)$$

Podstawiając do wzoru na poprawkę  $\Delta_1 T_i$  ostatnie wyrażenie na  $\Delta z_i$  będziemy mieli:

$$\Delta_1 T_i = -\frac{1}{2} f''(z_i) (\Delta z_i)^2 = -\left(\frac{1}{\frac{dt}{dz}}\right)^2 \cdot f''(z_i) \cdot \frac{(T_i - T_0)^2}{2}$$

ale

$$\left(\frac{1}{\frac{dt}{dz}}\right)^2 \cdot f''(z_i) = \cos \varphi \cos \delta \sin t \operatorname{cosec} z \left\{ \operatorname{ctg} z - \operatorname{ctg} t \frac{1}{\cos \varphi \cos \delta \sin t \operatorname{cosec} z} \right\} =$$

$$= \cos \varphi \cos \delta \sin t \operatorname{cosec} z \operatorname{ctg} z - \operatorname{ctg} t$$

Oznaczając dla skrótów:

$$C = \operatorname{ctg} t - \cos \varphi \cos \delta \sin t \operatorname{cosec} z \operatorname{ctg} z = \operatorname{ctg} t - \cos \varphi \sin a \operatorname{ctg} z$$

będziemy mieli:

$$\Delta_1 T_i = C \cdot \frac{(T_i - T_0)^2}{2}$$

oraz

$$\Delta_1 T_i^s = \frac{1}{15} C \frac{(T_i - T_0)^2}{2} \frac{1}{\rho''}$$

Z dostatecznym przybliżeniem możemy przyjąć, że

$$\frac{(T_i - T_0)^2}{2} \frac{1}{\rho''} = \frac{2 \sin^2 \frac{(T_i - T_0)^2}{2}}{\sin 1''}$$

i będziemy mieli:

$$\Delta_1 T_i^s = \frac{1}{15} C \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{(T_i - T_0)^2}{2}}{\sin 1''}$$

gdzie wartość

$$\frac{2 \sin^2 \frac{(T_i - T_0)^2}{2}}{\sin 1''}$$

wyrażoną w sekundach łuku znajdujemy we wspomnianych tablicach astronomicznych dla argumentu  $(T_i - T_0)$ .

Poprawka  $T$  do średniej arytmetycznej ze wszystkich kontaktów będzie równa średniej arytmetycznej ze wszystkich poprawek dla kontaktów symetrycznych. Kontakt środkowy — o ile wystąpi w średniej arytmetycznej — będzie miał wagę o połowę mniejszą.

$$\Delta_1 T = \frac{C}{15} \cdot \frac{2}{n} \cdot \left[ \frac{2 \sin^2 \frac{(T_i - T_0)^2}{2}}{\sin 1''} \right]_i^k$$

gdzie  $n$  jest ogólną ilością kontaktów, a znak  $[ ]$  jest znakiem sumy dla  $k$  symetrycznych kontaktów.

Przykład

$$n = 11, \quad z = 20^{\circ}, \quad a = 65^{\circ}, \quad t = 1^{\text{h}}36^{\text{m}}28^{\text{s}}, \quad \varphi = 52^{\circ}$$

$$z_{i+1} - z_i = \Delta z = 120''$$

$$C = \operatorname{ctg} t - \cos \varphi \sin a \operatorname{ctg} z = +0,701$$

$$\frac{C}{15} \frac{2}{n} = \frac{C}{82,5} = +0,0085$$

$i$	$(T_i - T_0)$	$\frac{2 \sin^2 \frac{(T_i - T_0)^2}{2}}{\sin 1''}$	$\Delta_1 T_i$
1	<sup>s</sup> 71,7	2,81	<sup>s</sup> +0,131
2	57,3	1,79	+0,084
3	43,0	1,01	+0,047
4	28,7	0,45	+0,021
5	14,3	0,11	+0,005
6	0,0	0,00	0,000
		[ ] = 6,17	
		$\Delta_1 T = +0,052$	

A obliczając od razu poprawkę do średniej arytmetycznej przy pomocy pierwszego wzoru będziemy mieli:

$$\Delta_1 T = -\frac{1}{30\rho''} f''(z_1) \frac{n^2 - 1}{12} (\Delta z)^2$$

gdzie

$$\frac{1}{30\rho} f''(z_1) = -0,000\,000\,364$$

$$\frac{n^2 - 1}{12} = 10 \quad (\Delta z'')^2 = 14400$$

czyli

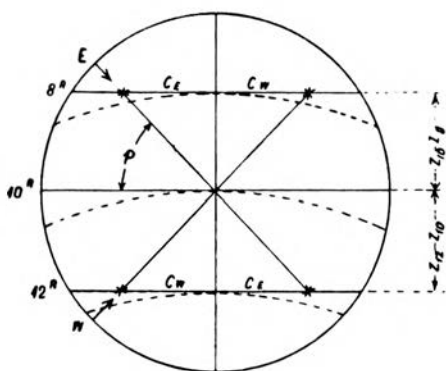
$$\Delta_1 T = 0,000\,000\,364 \times 14400 = +0,052^{\text{s}}$$

Jak widzimy wynik ten jest całkowicie zgodny z poprzednim wynikiem, obliczonym na podstawie wzoru drugiego.

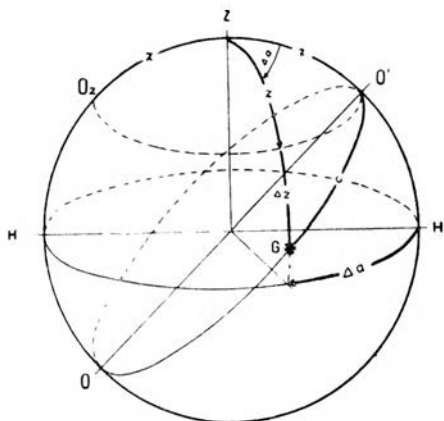
*b) Wpływ błędów wynikających z obserwacji gwiazd poza wertykałem osi optycznej lunety*

Błędy takie pochodzić mogą z dwóch różnych źródeł: 1) z powodu różnic pomiędzy prostą poziomą nitką ruchomą a obrazem miejsca geometrycznego punktów o jednakowych odległościach zenitalnych w lunecie oraz 2) z powodu nachylenia nitki ruchomej do poziomu.

Błąd pierwszy powstaje stąd, że prosta pozioma nitka ruchoma mikrometru okularowego — tak jak zwykle jest konstruowana — pokrywa się z kołem wielkim, a punkty o jednakowej odległości zenitalnej, obserwowane w różnych miejscach poza wertykałem osi optycznej lunety leżą na kołach małych sfery niebieskiej, zwanych almukan-taratami.



rys. 1



rys. 2

Na rys. 1 proste poziome linie ciągłe przedstawiają widok nitki ruchomej w okularze lunety w różnych jej położeniach, a mianowicie dla odczytu bębena:  $M=8,0$ ,  $M=10,0$  i  $M=12,0$ ; krzywe przerywane natomiast przedstawiają obrazy miejsc geometrycznych punktów o jednakowych odległościach zenitalnych. Gwiazdki oznaczają kolejne położenia gwiazdy na nitce ruchomej przy obserwacji jej w pobliżu I wertykału. Obraz gwiazdy  $E$  w tym przypadku porusza się z góry na dół i równocześnie w prawo, a nitka ruchoma razem z nim w taki sposób, by gwiazda znajdowała się stale na nitce ruchomej. Kąt  $p$  jest kątem paralaktycznym gwiazdy, a  $z_{10} - z_8$  jest różnicą odległości zenitalnych kontaktów  $M_8$  i  $M_{10}$ .

Wielkości  $c_8$ ,  $c_{10}$  i  $c_{12}$  oznaczają odległość kątową obrazu gwiazdy od środka siatki nitek. W przypadku kiedy siatka nitek jest zrektyfikowana ze względu na kolimację, czyli dla  $c_{10}=0$ .  $c_8$  i  $c_{12}$  wyrażać będą kolimację bieżącą punktów na nitce ruchomej, w których znajduje się obraz gwiazdy przy położeniu nitki ruchomej  $M=8,0$  i  $M=12,0$ . Jak widzimy — na skutek ruchu bocznego obrazu gwiazdy przy obserwacjach w pobliżu I wertykału — kolimacja ta zmienia się w zależności od położenia nitki ruchomej t.zn. zależna jest od odległości zenitalnej gwiazdy.

Rysunek 2 przedstawia sferę niebieską, gdzie

$Z$  = miejsce zenitu,

$G$  = położenie gwiazdy w momencie obserwacji jej poza wertykałem osi optycznej lunety, t.j. dla  $c \neq 0$ ,

$OO'$  = oś optyczna lunety dla danego położenia nitki ruchomej,

$ZH'H$  = płaszczyzna wertykału, przechodzącego przez środek nitki ruchomej okularu, zrektyfikowanej siatki nitek, t.zn. dla kolimacji równej zeru,

$ZG$  = płaszczyzna wertykału gwiazdy w danym momencie obserwacji, t.j. dla kolimacji równej  $c$ ,

$\Delta a$  = kąt pomiędzy wymienionymi dwoma wertykałami (różnica azymutów)

$z$  = odległość zenitalna środka nitki ruchomej,

$z + \Delta_2 z$  = odległość zenitalna gwiazdy obserwowanej na nitce ruchomej poza wertykałem  $c = 0$ ,

$c$  = odległość kątowna gwiazdy od punktu środkowego nitki ruchomej, dla którego  $c = 0$ ,

$O'O_z$  = almukantarat  $z$  (koło małe, jako miejsce geometryczne punktów o jednakowych odległościach zenitalnych  $z$ )

Trójkąt sferyczny  $ZO'G$  jest trójkątem prostokątnym, gdyż w punkcie  $O'$  przecinają się dwa koła wielkie  $ZO'O$  oraz  $O'GO$  pod kątem prostym. Wobec tego będziemy mieli następujący związek pomiędzy  $c$  i  $a$ :

$$\operatorname{tg} c = \operatorname{tg} \Delta a \cdot \sin z$$

W naszym przypadku kąt  $\Delta a$  będzie zawsze kątem małym więc z dostatecznym przybliżeniem możemy przyjąć:

$$c = \Delta a \sin z$$

$$a = c \operatorname{cosec} z,$$

a z kąta paralaktycznego  $p$

$$c = (z_{10} - z_8) \operatorname{ctg} p$$

Z drugiej strony:

$$\cos(z + \Delta_2 z) = \cos z \cos c$$

$$\cos z \cos \Delta_2 z = \sin z \sin \Delta_2 z = \cos z \cos c$$

I tu również  $\Delta_2 z$  jest naogół wielkością małą, więc poza wyjątkowymi przypadkami, bez uszczerbku dla dokładności możemy przyjąć, że

$$\cos \Delta_2 z = 1 \quad \text{oraz} \quad \sin \Delta_2 z = \Delta_2 z'' \sin 1''$$

W takim wypadku będziemy mieli:

$$\cos z(1 - \cos c) = \sin z \cdot \Delta_2 z'' \sin 1''$$

$$\Delta_2 z'' = \operatorname{ctg} z \frac{1 - \cos c}{\sin 1''}$$

ale

$$1 - \cos c = 2 \sin^2 c/2$$

Czyli ostatecznie:

$$\Delta_2 z'' = \operatorname{ctg} z \left( \frac{2 \sin^2 c/2}{\sin 1''} \right)$$

Jak widzieliśmy poprzednio wielkość

$$\frac{2 \sin^2 c/2}{\sin 1''}$$

znaleźć możemy w tablicach astronomicznych dla argumentu  $c$ , tak że obliczenie poprawki do odległości zenitalnych ze względu na obserwację gwiazdy poza środkiem nitki ruchomej jest bardzo proste.

Poniższa tablica przedstawia wartości poprawek  $\Delta_2 z$  dla odległości zenitalnych od  $20^\circ$  do  $50^\circ$  i dla kolimacji od  $1'$  do  $5'$

$z \backslash c$	$1'$	$2'$	$3'$	$4'$	$5'$
$20^\circ$	0,03	0,08	0,22	0,38	0,60
30	0,02	0,05	0,14	0,24	0,38
40	0,01	0,04	0,10	0,17	0,26
50	0,01	0,03	0,07	0,12	0,18

Z rysunku 1 widzimy, że przy obserwacji gwiazdy po wschodniej stronie I wertykału kontakty zwierają się będą wcześniej niż to powinno mieć miejsce dla odległości zenitalnej danego kontaktu, a po zachodniej stronie później. Wielkość takiego przyspieszenia czy opóźnienia w czasie zależy jest od wielkości kolimacji  $c$  dla danego kontaktu. Ponieważ normalnie przy obserwacji par Zingera kąty paralaktyczne gwiazdy wschodniej i zachodniej mało się różnią od siebie (ze względu na małe różnice w deklinacji przy jednakowych odległościach zenitalnych) więc w przypadku przejścia obydwóch gwiazd przez jeden i ten sam punkt na nitce ruchomej w jej położeniu środkowym wielkości kolimacji dla poszczególnych kontaktów symetrycznych względem środkowego kontaktu będą równe i wspólna średnia arytmetyczna ze wszystkich kontaktów obydwóch gwiazd będzie wolna od błędów spowodowanego obserwacją przejść gwiazd poza środkiem nitki ruchomej.



Praktycznie jednak obydwie gwiazdy nie przejdą dokładnie przez jeden i ten sam punkt nitki ruchomej w jej położeniu środkowym. Poza tym kąty paralaktyczne obydwóch gwiazd pary naogół nieco się różnią. A więc ścisłej równości kolimacji dla kontaktów symetrycznych nie będzie. Różnice tym spowodowane będą tym mniejsze im mniejsza będzie bezwzględna wartość kolimacji. Dla danej odległości kontaktów będzie to miało miejsce w przypadku przecinania się dróg obydwóch gwiazd w punkcie leżącym na nitce ruchomej w jej położeniu środkowym, dla którego kolimacja równa jest zeru. Zwykle za taki punkt obiera się środek siatki nitek i zakłada się, że kolimacja tego środka nie powinna przekraczać 100". W takim wypadku kontakty nitki ruchomej powinny być ustawione symetrycznie względem środka siatki nitek i odległość wybranych kontaktów nie powinna być zbyt duża. Przy zachowaniu tych warunków nie ma potrzeby wprowadzania poprawek wynikających z obserwacji gwiazd poza wertykałem osi optycznej lunety, na skutek błędu pierwszego.

Błąd drugi powstaje z powodu niepoziomości nitki ruchomej. Jeśli nitka ruchoma tworzyć będzie z horyzontem kąt  $\beta$ , to obserwując gwiazdę na  $n$  równoodległych kontaktach nitki ruchomej średnią odległość zenitalną obserwacji obliczymy z wzoru:

$$z_E = z_0 + \frac{1}{n} [\Delta_3 z_E]$$

$$z_W = z_0 + \frac{1}{n} [\Delta_3 z_W]$$

gdzie

$z_0$  = wspólna dla obydwóch gwiazd pary średnia odległość zenitalna dla  $n$  kontaktów, gdyby gwiazdy obserwowane były dla wszystkich kontaktów w punkcie nitki ruchomej, dla którego kolimacja równa byłaby zeru,

$\Delta_3 z_i$  = poprawka do odległości zenitalnej kontaktu i z powodu nachylenia nitki ruchomej do poziomu, dla kolimacji bieżącej  $c_i$ .

$$\Delta_3 z_i = c_i \operatorname{tg} \beta = c_i \beta'' \sin 1''$$

Podstawiając wartość ostatnią na  $\Delta_3 z_i$  do poprzedniego wzoru będziemy mieli:

$$z_E = z_0 + \frac{1}{n} \operatorname{tg} \beta [c_E]$$

$$z_W = z_0 + \frac{1}{n} \operatorname{tg} \beta [c_W]$$

$$\Delta z_\beta = z_E - z_W = \beta'' \sin 1'' \left( \frac{[c_E]}{n} - \frac{[c_W]}{n} \right)$$

Poprawka ta przyjmie wartość równą zeru jeśli obydwie gwiazdy danej pary przejdą przez ten sam punkt leżący na nitce ruchomej w jej położeniu środkowym. W takim przypadku będziemy mieli:

$$[c_E] = [c_W]$$

Jeśli oprócz tego kolimacja tego punktu będzie równa zeru, to będzie również:

$$[c_E] = [c_W] = 0$$

A więc podobnie jak przy błędzie pierwszym, dla wyeliminowania błędu z powodu nachylenia nitki ruchomej do poziomu, wystarczy tak przygotować obserwacje każdej pary Zingera, by obydwie gwiazdy przeszły podczas obserwacji przez jeden i ten sam punkt leżący na nitce ruchomej w jej położeniu środkowym (dla środkowego kontaktu). Ponieważ — jak wspomnieliśmy poprzednio — praktycznie daje się to osiągnąć tylko z pewnym przybliżeniem, więc by wpływ tego pędu można było pominąć rektyfikację poziomości nitki ruchomej przeprowadza się z dokładnością nie mniejszą niż 10'. (Jeśli gwiazdy wschodnia i zachodnia przejdą przez dwa różne punkty leżące na nitce ruchomej w jej położeniu środkowym w odległości 20" i kąt nachylenia nitki ruchomej do poziomu  $\beta$  wyniesie 10' to różnica średnich odległości zenitalnych  $\Delta z_\beta$  osiągnie wielkość 0,"06).

*c) Praktyczne rozwiązanie zagadnienia polegającego na takim ustawieniu obydwóch gwiazd pary, by ich drogi pozorne przecięły się w środku krzyża nitek.*

Jak widzieliśmy — dla wyeliminowania błędów wynikających z obliczenia poprawki czasu na podstawie średniej arytmetycznej z pewnej ilości kontaktów, względnie przejść przez siatkę nitek — potrzeba by pozorne drogi obydwóch gwiazd danej pary przecinały się w jednym i tym samym punkcie, leżącym na nitce ruchomej w jej położeniu środkowym. Najkorzystniej będzie jednak jeśli punkt ten będzie leżał w środku krzyża nitek lunety i kolimacja jego będzie bliska zeru.

Ażeby takie przecięcie się dróg miało miejsce wystarczy przed rozpoczęciem obserwacji przejścia danej gwiazdy ustawić lunetę w takim wertykale, by gwiazda znalazła się na prostej przechodzącej przez środek krzyża nitek i tworzącej z poziomą nitką krzyża kąt równy kątowi paralaktycznemu  $p$ . A więc zadanie to sprowadza się do obliczenia kąta paralaktycznego obserwowanej gwiazdy i oznaczenia w polu widzenia lunety jednego punktu na wspomnianej prostej. Posługując się bowiem leniwką koła poziomego wystarczy doprowadzić gwiazdę do pokrycia się z takim punktem, by gwiazda przeszła przez środek krzyża nitek.



Kreskowaną linią poziomą oznacza chwilowe położenie ruchomej nitki poziomej, ustawionej według odczytu bębena  $6^R,6$  ( $M = 6^R,6$ ).

Kropkowaną linią ukośną oznacza wspomnianą wyżej prostą, przechodzącą przez środek krzyża nitkowego i tworzącą z nitką poziomą kąt  $p$ .

Znak  $6,6/III$  oznacza punkt stworzony z przecięcia się trzeciej nitki pionowej (III) z poziomą nitką ruchomą w położeniu  $6^R,6$ .

Punkt  $6,6/III$  leży również na wspomnianej wyżej prostej, a gwiazdka oznacza gwiazdę sprowadzoną do niego przy pomocy leniwki koła poziomego w czasie przygotowania do obserwacji. Jeśli  $p$  jest równe kątowi paralaktycznemu danej gwiazdy, to pozorna droga gwiazdy odbywać się będzie po linii kropkowanej i w czasie wykonywania obserwacji przejdzie ona przez środek krzyża nitkowego.

Do znalezienia kąta paralaktycznego  $p$  z wzoru

$$\sin p = \frac{\cos \varphi \sin a_s}{\cos \delta}$$

posłużyć się możemy z korzyścią przedstawionym nomogramem w kształcie litery  $N$ . Nomogram ten zbudowany jest w następujący sposób:

W odległości  $d$  umieszczamy dwie osie równoległe  $AA'$  i  $BB'$ . Skala na obydwóch osiach jest jednakowa. Na osi  $AA'$  obieramy dowolny punkt  $A'$  jako początek układu i idąc w górę odcinamy na niej w przyjętej skali odległości 0,5, 1,0 i 1,5. Przez punkt 1,5 na osi  $AA'$  prowadzimy prostą do przecięcia się z osią  $BB'$ . W ten sposób otrzymujemy punkt  $B$ , jako początek układu na osi  $BB'$ . Idąc po osi  $BB'$  w kierunku przeciwnym niż na osi  $AA'$  t.j. w dół odcinamy na niej również odległości 0,5, 1,0 i 1,5. Łączymy początki układów obydwóch osi ze sobą i otrzymujemy trzecią oś  $A'B$ .

Z lewej strony osi  $AA'$  oznaczamy podziałkę stopniową dla azymutu gwiazdy  $a$  w granicach:  $65^\circ \leq a \leq 115^\circ$ , według funkcji  $\sin a$ , a z prawej strony tej osi podziałkę stopniową dla deklinacji gwiazdy w granicach:  $15^\circ \leq \delta \leq 60^\circ$  według funkcji  $\cos \delta$ .

Na osi  $BB'$  z lewej strony oznaczamy podziałkę stopniową dla szerokości geograficznej miejsca obserwacji  $\varphi$  w granicach:  $49^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ$  według funkcji  $\cos \varphi$ , natomiast z prawej strony tej osi oznaczamy podziałkę wyrażającą kąt paralaktyczny  $p$  według funkcji  $\sin p$  lecz nie w stopniach, tylko od razu w numeracji nitek teodolitu Wild T-4, która pozwoli na zbudowanie kąta  $p$  w lunecie.

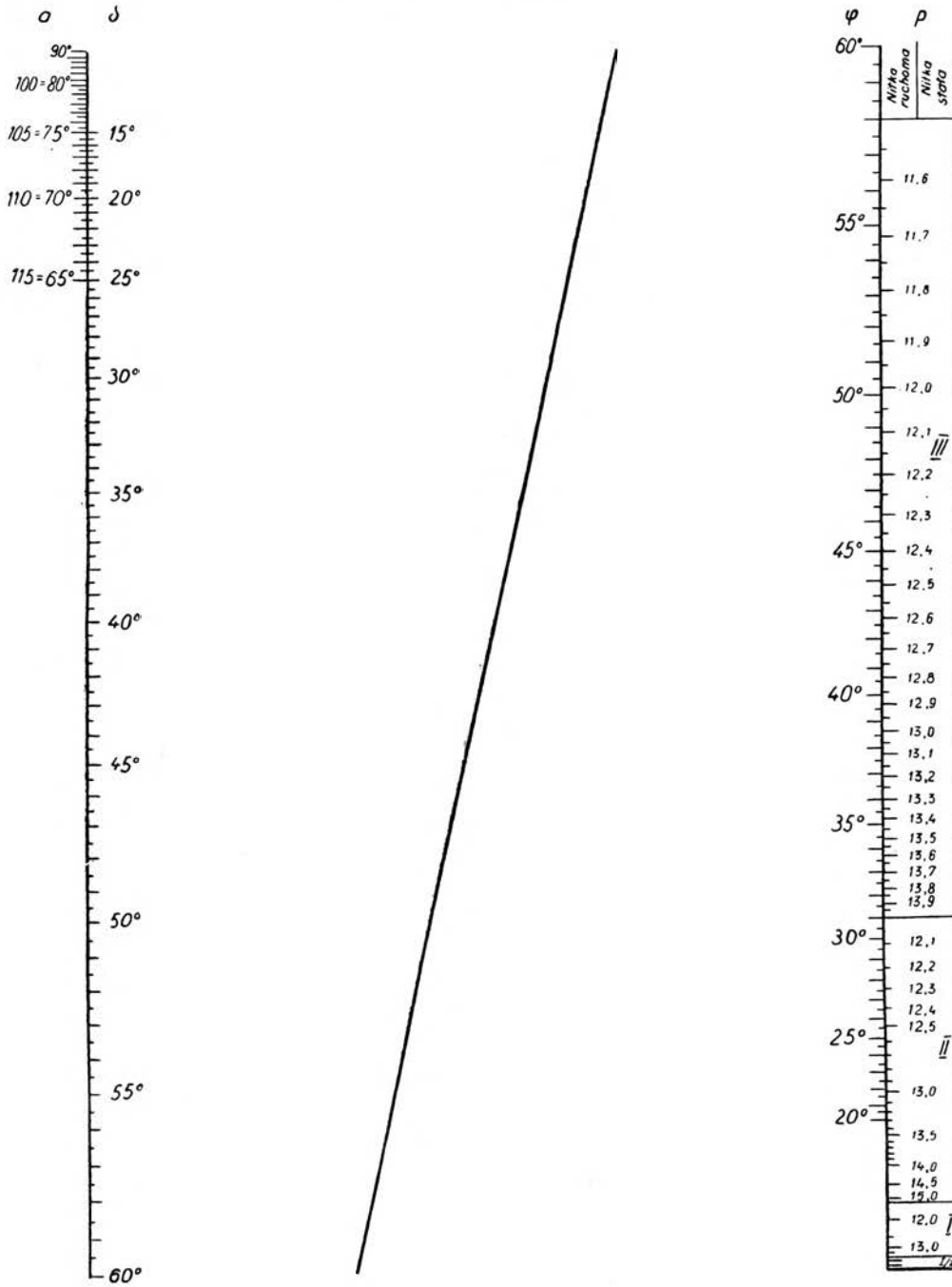
W polu widzenia lunety mamy:

$$\operatorname{tg} p = \frac{\text{odległość kątowa poziomej nitki ruchomej od środka siatki nitek}}{\text{odległość kątowa pionowej nitki stałej od środka siatki nitek}}$$

NOMOGRAM

do obliczenia kąta paralaktycznego „p” dla mikrometru okularowego teodolitu T-4 z wzoru:

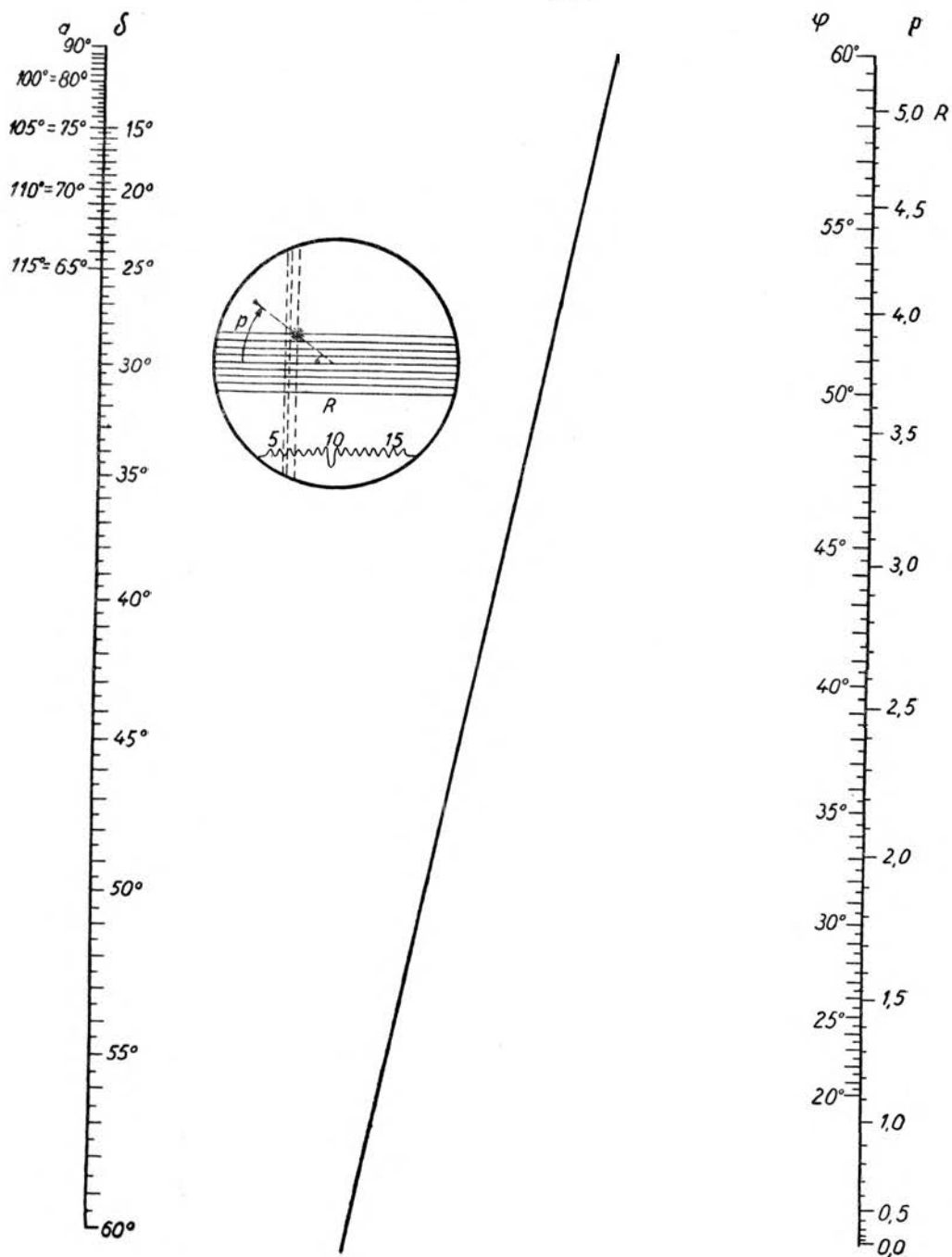
$$\sin p = \frac{\cos \varphi \sin a}{\cos \delta}$$



## NOMOGRAM

do obliczenia kąta paralaktycznego „ $p$ ” dla mikrometru okularowego teodolitu AU 2"/10" z wzoru:

$$\sin p = \frac{\cos \varphi \sin \alpha}{\cos \delta}$$



Możemy to napisać w sposób następujący:

$$\operatorname{tg} p = R_{\text{III}} \cdot \frac{1}{\text{III}} = R_{\text{II}} \cdot \frac{1}{\text{II}} = R_{\text{I}} \cdot \frac{1}{\text{I}}$$

gdzie

$R_{\text{III}}$  = odległość kątowna (odczyt) nitki ruchomej przy korzystaniu z przecięcia się z III pionową nitką stałą,

$R_{\text{II}}$  = odległość kątowna nitki ruchomej przy korzystaniu z przecięcia się z II pionową nitką stałą,

i t.d.

III = odległość kątowna III-ej pionowej nitki stałej od środka siatki nitek,

II = odległość kątowna II-ej pionowej nitki stałej od środka siatki nitek,

i t.d.

Dla teodolitu Wild T-4 mamy następujące wartości:

Wartość jednego obrotu śruby mikrometru okularowego (nitki ruchomej)  $R = 154,2''$ .

Odległości kątowne pionowych nitek stałych:

$$\text{I} = 62'' = 0,4021 R; \quad 1/\text{I} = 2,48709$$

$$\text{II} = 185'' = 1,1997 R; \quad 1/\text{II} = 0,83351$$

$$\text{III} = 370'' = 2,3995 R; \quad 1/\text{III} = 0,41676$$

Chcąc oznaczyć na osi  $BB'$  podziałkę dla kąta paralaktycznego  $p$  w jednostkach wyrażających odczyt na bębenu poziomej nitki ruchomej w przecięciu się z przyjętą nitką stałą pionową np. III najpierw obliczamy  $\operatorname{tg} p$  z wzoru:

$$\operatorname{tg} p = R_{\text{III}} \cdot \frac{1}{\text{III}} = 0,41676 R_{\text{III}},$$

a następnie w tablicach naturalnych wartości funkcji trygonometrycznych znajdujemy odpowiadającą mu wartość na  $\sin p$ :

Numer nitki stałej	$R_{\text{III}}$	$\operatorname{tg} p$	$\sin p$
III	11,50	0,625 14	0,530 08
	11,51	0,629 30	0,532 61
	11,52	0,633 47	0,535 13

gdzie

$$0,625 14 = (11,50 - 10,00) 0,416 76 = 0,625 14$$

i t.d.

Dla powyżej przytoczonych danych instrumentalnych wartości na  $\sin p$ , potrzebne do oznaczenia podziałki na osi  $BB'$  można odczytać z następującej tabeli:

TABELA WARTOŚCI  $\sin p$   
punktu przecięcia się nitki stałej (I/2, I, II i III) z nitką ruchomą w odpowiednim położeniu (od 11,5 do 15,0)

III	$\sin p$	III	$\sin p$	III	$\sin p$	III	$\sin p$
11,50	0,53008	12,00	0,64027	12,50	0,72146	13,20	0,80006
1	53261	1	64215	1	72284	2	80186
2	53513	2	64402	2	72421	4	80363
3	53764	3	64589	3	72557	6	80536
4	54012	4	64772	4	72693	8	80709
5	54260	5	64956	5	72827	13,30	0,80879
6	54509	6	65139	6	72961	2	81048
7	54752	7	65321	7	73094	4	81215
8	54995	8	65500	8	73226	6	81379
9	55238	9	65680	9	73357	8	81542
11,60	0,55478	12,10	0,65858	12,60	0,73488	13,40	0,81703
1	55718	1	66036	1	73618	2	81861
2	55955	2	66211	2	73747	4	82018
3	56192	3	66386	3	73875	6	82173
4	56427	4	66560	4	74002	8	82327
5	56662	5	66732	5	74129	13,50	0,82478
6	56893	6	66904	6	74253	2	82628
7	57125	7	67075	7	74379	4	82776
8	57355	8	67244	8	74502	6	82923
9	57583	9	67413	9	74625	8	83067
11,70	0,57810	12,20	0,67580	12,70	0,74748	13,60	0,83211
1	58036	1	67747	1	74870	2	83352
2	58260	2	67912	2	74991	4	83492
3	58483	3	68077	3	75111	6	83630
4	58706	4	68239	4	75231	8	83767
5	58925	5	68402	5	75350	13,70	0,83901
6	59144	6	68563	6	75468	2	84036
7	59363	7	68723	7	75585	4	84167
8	59580	8	68883	8	75702	6	84297
9	59795	9	69041	9	75817	8	84426
11,80	0,60008	12,30	0,69198	12,80	0,75933	13,80	0,84554
1	60218	1	69355	2	76161	2	84681
2	60433	2	69511	4	76386	4	84805
3	60642	3	69664	6	76608	6	84928
4	60852	4	69818	8	76829	8	85051
5	61060	5	69970	12,90	0,77046	13,90	0,85170
6	61265	6	70122	2	77261	2	85289
7	61471	7	70272	4	77473	4	85408
8	61674	8	70422	6	77682	6	85524
9	61877	9	70570	8	77889	8	85639
11,90	0,62078	12,40	0,70718	13,00	0,78094	14,00	0,85754
1	62278	1	70865	2	78295		
2	62478	2	71012	4	78495		
3	62675	3	71156	6	78693		
4	62872	4	71302	8	78887		
5	63068	5	71444	13,10	0,79078		
6	63261	6	71586	2	79268		
7	63454	7	71728	4	79456		
8	63646	8	71867	6	79642		
9	63837	9	72008	8	79826		
12,00	0,64027	12,50	0,72146	13,20	0,80006		



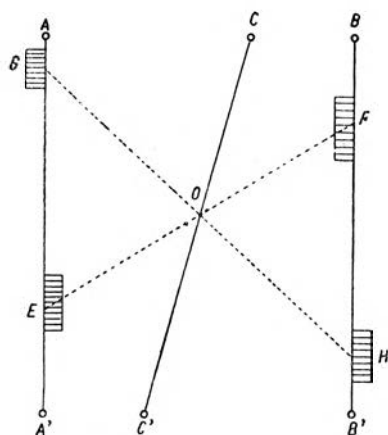
II	sin p	II	sin p	I	sin p	I/2	sin p
12,00	0,85754	13,50	0,94597	11,70	0,97315	12,00	0,99499
2	85978	5	94737	80	97595	50	99678
4	86198	13,60	0,94871	90	97834	13,00	0,99776
6	86413	5	95000	12,00	0,98039	14,00	0,99874
8	86623	13,70	0,95124	10	98216	15,00	0,99919
12,10	0,86829	5	95244	20	98370		
2	87030	13,80	0,95360	30	98506		
4	87228	5	95472	40	98625		
6	87420	13,90	0,95579	50	98731		
8	87610	5	95684	60	98825		
12,20	0,87794	14,00	0,95785	70	98909		
2	87975	10	95975	80	98985		
4	88153	20	96154	90	99052		
6	88327	30	96321	13,00	0,99114		
8	88496	40	96477	50	99347		
12,30	0,88663	50	96625	14,00	0,99499		
2	88826	60	96764				
4	88986	70	96893				
6	89142	80	97015				
8	89296	90	97131				
12,40	0,89446	15,00	0,97240				
2	89594	10	97343				
4	89739						
6	89881						
8	90019						
12,50	0,90156						
2	90290						
4	90421						
6	90551						
8	90676						
12,60	0,90800						
2	90921						
4	91040						
6	91156						
8	91272						
12,70	0,91384						
2	91495						
4	91603						
6	91710						
8	91814						
12,80	0,91917						
5	92166						
12,90	0,92405						
5	92633						
13,00	0,92850						
5	93060						
13,10	0,93259						
5	93452						
13,20	0,93635						
5	93812						
13,30	0,93981						
5	94144						
13,40	0,94301						
5	94452						
13,50	0,94597						

## TEODOLIT AU 2"/10"

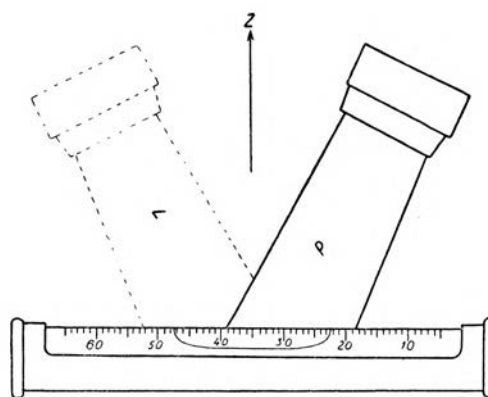
TABELA WARTOŚCI  $\sin p$ 

dla punktu przecięcia się nitki ruchomej w odpowiednim położeniu (obroty śruby liczone od środka w obydwie strony od 0,0 do 5,0 R) ze skrajną nitką stałą.

R	$\sin p$	R	$\sin p$	R	$\sin p$	R	$\sin p$	R	$\sin p$
0,00	1,00000	1,30	0,92090	2,30	0,80044	3,30	0,68129	4,30	0,58122
10	0,99947	32	91874	32	79794	32	67908	32	57944
20	99789	34	91656	34	79543	34	67688	34	57766
25	99670	36	91437	36	79294	36	67469	36	57589
30	99526	38	91215	38	79045	38	67250	38	57413
35	99357								
40	99163	1,40	0,90992	2,40	0,78796	3,40	0,67032	4,40	0,57237
45	98944	42	90768	42	78547	42	66816	42	57063
		44	90542	44	78298	44	66600	44	56889
		46	90315	46	78050	46	66385	46	56716
0,50	0,98700	48	90086	48	77803	48	66171	48	56544
52	98597								
54	98489	1,50	0,89856	2,50	0,77555	3,50	0,65957	4,50	0,56373
56	98378	52	89625	52	77308	52	65745	52	56202
58	98263	54	89392	54	77061	54	65533	54	56032
		56	89158	56	76815	56	65322	56	55863
0,60	0,98145	58	88923	58	76569	58	65112	58	55695
62	98023								
64	97897	1,60	0,88687	2,60	0,76324	3,60	0,64903	4,60	0,55528
66	97768	62	88450	62	76079	62	64695	62	55361
68	97635	64	88212	64	75835	64	64487	64	55196
		66	87973	66	75591	66	64281	66	55031
0,70	0,97500	68	87732	68	75348	68	64075	68	54866
72	97360								
74	97218	1,70	0,87491	2,70	0,75105	3,70	0,63871	4,70	0,54703
76	97072	72	87250	72	74862	72	63667	72	54540
78	96923	74	87007	74	74620	74	63464	74	54378
		76	86763	76	74379	76	63261	76	54216
		78	86520	78	74139	78	63060	78	54056
0,80	0,96771								
82	96616	1,80	0,86275	2,80	0,73900	3,80	0,62859	4,80	0,53897
84	96457	82	86029	82	73660	82	62660	82	53738
86	96296	84	85784	84	73421	84	62461	84	53580
88	96132	86	85537	86	73183	86	62263	86	53422
		88	85290	88	72946	88	62066	88	53265
0,90	0,95965								
92	95795	1,90	0,95042	2,90	0,72709	3,90	0,61869	4,90	0,53109
94	95622	92	84794	92	72473	92	61674	92	52954
96	95446	94	84546	94	72238	94	61480	94	52799
98	95268	96	84297	96	72003	96	61286	96	52645
		98	84048	98	71769	98	61093	98	52492
1,00	0,95087								
02	94903	2,00	0,83799	3,00	0,71536	4,00	0,60901	5,00	0,52340
04	94717	02	83549	02	71304	02	60710		
06	94528	04	83299	04	71072	04	60520		
08	94337	06	83039	06	70841	06	60330		
		08	82798	08	70611	08	60142		
1,10	0,94144								
12	93948	2,10	0,82548	3,10	0,70381	4,10	0,59954		
14	93750	12	82298	12	70152	12	59767		
16	93550	14	82047	14	69925	14	59580		
18	93348	16	81797	16	69697	16	59395		
		18	81546	18	69471	18	59211		
1,20	0,93143								
22	92936	2,20	0,81296	3,20	0,69245	4,20	0,59027		
24	92728	22	81044	22	69020	22	58845		
26	92517	24	80794	24	68796	24	58663		
28	92304	26	80544	26	68573	26	58482		
		28	80294	28	68350	28	58302		



rys. 5



rys. 6

Rys. 5 wyjaśnia sposób obliczania kąta paralaktycznego  $p$  przy użyciu opisanego nomogramu.

Odpowiednie wartości na deklinację  $\delta$  i szerokość geograficzną  $\varphi$  łączymy prostą  $EF$  (obie podziałki wewnętrzne). Prosta ta przetnie oś  $CC'$  w punkcie  $O$ . Przez punkt  $O$  i przez odpowiednią wartość na azymut gwiazdy  $a$  prowadzimy prostą  $GH$  do przecięcia się z podziałką  $p$  (teraz łączymy obie podziałki zewnętrzne) na której odczytujemy nastawienie dla nitki ruchomej i numer nitki stałej, przecięcie się których da nam punkt pozwalający na odtworzenie kąta paralaktycznego  $p$ .

d) *Poprawka z powodu zmiany w odległości zenitalnej lunety na podstawie odczytów libeli H. — Talcotta.*

Podczas obserwacji gwiazd danej pary mogą zachodzić nieznaczne zmiany w odległości zenitalnej lunety. Zmiany te wykrywamy przy pomocy libel H. Talcotta, które są sprzężone z lunetą i wprowadzamy odpowiednie poprawki do średniej

$$\frac{T_W + T_E}{2}$$

Jak wiemy zależność pomiędzy odległością zenitalną gwiazdy i jej kątem godzinnym wyraża się następującym wzorem:

$$dt = \sec \varphi \operatorname{cosec} a dz$$

Dla gwiazd można przyjąć, że niewielkim zmianom w kącie godzinnym odpowiadają takie same zmiany w czasie gwiazdowym miejscowym, czyli

$$dt = dT$$

Więc dla niewielkich zmian w czasie z dostateczną dokładnością możemy przyjąć:

$$\Delta T = \sec \varphi \cdot \operatorname{cosec} a \cdot \Delta z$$

A licząc azymut od południa w jedną i drugą stronę będziemy mieli:

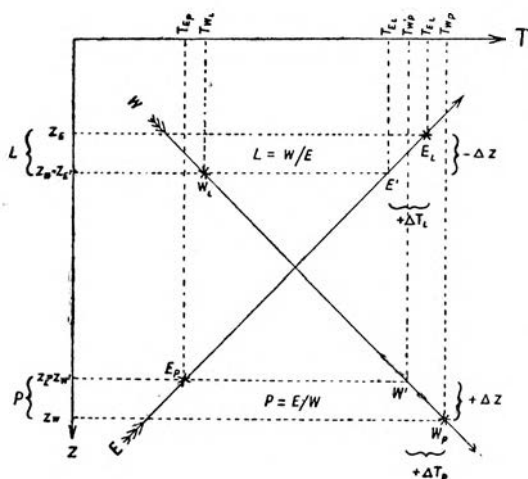
$$\Delta T = \pm \sec \varphi \cdot \operatorname{cosec} a_s \cdot \Delta z \left( \frac{W}{E} \right)$$

gdzie znak plus odnosi się do gwiazdy zachodniej, a minus do wschodniej.

Na rys. 6 można odczytać związek pomiędzy zmianą w odległości zenitalnej lunety i odczytem libeli H. Talcotta w teodolicie T-4.

Pamiętając, że libela sprzężona jest z lunetą łatwo spostrzec, że w położeniu  $P = E/W$  zwiększenie odległości zenitalnej lunety wywołuje zwiększenie odczytu środka pęcherzyka libeli, a położeniu  $L = W/E$  odwrotnie. Możemy to napisać w ten sposób:

$$\Delta z = \pm \Delta L \cdot \frac{1}{2} \tau'' \left( \frac{P}{L} \right)$$



rys. 7

gdzie

$$\Delta z = z_2 - z_1$$

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

$L_1$  = suma z odczytów lewego i prawego końca pęcherzyka podczas obserwacji pierwszej gwiazdy,

$L_2$  = suma z odczytów lewego i prawego końca pęcherzyka podczas obserwacji drugiej gwiazdy,

$\tau''$  = wartość jednego parsu libeli (czułość libeli)

Sposób obliczenia poprawki do średniej z kontaktów, wynikającej ze zmiany w odległości zenitalnej lunety widoczny jest z rys. 7.

Będziemy mieli:

$$P \left\{ \begin{aligned} \frac{-T'_W + T_E}{2} &= \frac{(T_W - \Delta_p T) + T_E}{2} = \frac{T_W + T_E}{2} + \frac{\Delta_p T}{2} \\ \frac{\Delta_p T}{2} &= \frac{L_W - L_E}{4} \frac{1}{15} \tau'' \sec \varphi \operatorname{cosec} a_s \end{aligned} \right.$$

$$L \left\{ \begin{array}{l} \frac{-T_W + T'_E}{2} = \frac{T_W + (T_E - \Delta_L T)}{2} = \frac{T_W + T_E}{2} + \frac{\Delta_L T}{2} \\ \frac{\Delta_L T}{2} = \frac{L_E - L_W}{4} \cdot \frac{1}{15} \tau'' \sec \varphi \operatorname{cosec} a_s \end{array} \right.$$

I ostatecznie:

$$\frac{\Delta T}{2} = \Delta u = \pm (L_W - L_E) \cdot k_2 \quad \begin{pmatrix} P \\ L \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} E/W \\ W/E \end{pmatrix}$$

gdzie

$\frac{T_W + T_E}{2}$  = średnia z kontaktów obydwóch gwiazd danej pary,

$+\frac{\Delta \cdot T}{2}$  = poprawka do średniej z kontaktów za zmianę w odległości zenitalnej lunety,

$$k_2 = \frac{1}{60} \cdot \tau'' \sec \varphi \operatorname{cosec} a_s$$

Przy korzystaniu z dwóch libel obliczamy średnią z nich i wtenczas będziemy mieli:

$$\Delta u = \Delta L_I \cdot k_2^I + \Delta L_{II} \cdot k_2^{II}$$

gdzie:

$$k_2^I = \frac{1}{120} \tau_1'' \sec \varphi \operatorname{cosec} a_s$$

$$k_2^{II} = \frac{1}{120} \tau_2'' \sec \varphi \operatorname{cosec} a_s$$

### 3. Przygotowanie efemeryd roboczych

Wybrane pary gwiazd do metody Zingera powinny spełniać następujące warunki:

1. Odległość zenitalna obserwowanych gwiazd nie powinna przekraczać granic:

$$20^\circ \leq z \leq 50^\circ$$

2. Azymut wschodni i zachodni nie powinien przekraczać granic:

$$65^\circ \leq a \leq 115^\circ$$

3. Odstęp czasu pomiędzy środkiem obserwacji gwiazd danej pary winien być bliski  $5^m$
4. Wszystkie gwiazdy podczas obserwacji powinny przechodzić b. blisko środka krzyża nitek lunety.

Przygotowanie efemeryd roboczych dla metody Zingera polega na obliczeniu przybliżonych wartości na azymut, odległość zenitalną i czas gwiazdowy miejscowy dla środka obserwacji danej gwiazdy, oraz położenia poziomej nitki ruchomej i numeru nitki stałej dla ustawienia gwiazdy według jej kąta paralaktycznego.

Do obliczenia efemeryd roboczych można użyć następujących wzorów:

$$\theta = \frac{0_h}{12} + a + y \begin{cases} \alpha_E > \alpha_W \\ \alpha_E < \alpha_W \end{cases}$$

$$y = \frac{t_W - t_E}{2}; \quad Y^m = \frac{\varepsilon'}{15} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \delta \cos \beta}{\sin \beta}$$

$$t_E = \alpha_E - \theta \quad t_W = \theta - \alpha_W$$

$$\alpha = \frac{\alpha_E + \alpha_W}{2} \quad \delta = \frac{\delta_W + \delta_E}{2}$$

$$\beta = \frac{\alpha_E - \alpha_W}{2} \quad \varepsilon = \frac{\delta_W - \delta_E}{2}$$

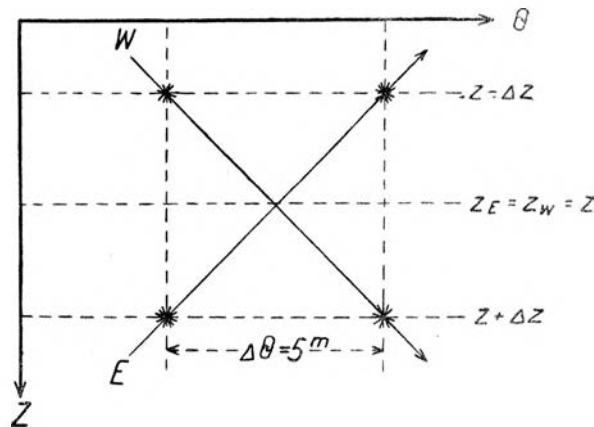
$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta_E + \cos \varphi \cos \delta_E \cos t_E = \sin \varphi \sin \delta_W + \cos \varphi \cos \delta_W \cos t_W$$

$$\Delta z' = \cos \varphi \sin a \times (2,5^m \times 15) = 37,5 \cos \varphi \sin a$$

$$\cos a = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} (z \pm \Delta z) \sin \delta \sec \varphi \operatorname{cosec} (z \pm \Delta z)$$

$$\sin p = \cos \varphi \sin a \sec \delta$$

Najpierw obliczamy czas gwiazdowy miejscowy  $\theta$  i odległość zenitalną dla momentu kiedy  $z_E = z_W = z$ . Następnie obliczamy azymuty obydwóch gwiazd dla odległości zenitalnych  $(z + \Delta z)$  i  $(z - \Delta z)$  gdzie  $\Delta z$  jest przyrostem  $z$  w ciągu 2,5 minut czasu od momentu kiedy gwiazdy danej pary, jedna na wschodzie, a druga na zachodzie, osiągnęły jednakową odległość zenitalną. W końcu obliczamy kąt paralaktyczny gwiazdy  $p$ .



rys. 8

Z rys. 8 widzimy, że daną parę możemy obserwować na dwóch różnych odległościach zenitalnych: na odległości zenitalnej ( $z - \Delta z$ ) t.j. kiedy obserwujemy najpierw zachodnią a następnie wschodnią gwiazdę, oraz na odległości zenitalnej ( $z + \Delta z$ ) przy odwrotnej kolejności obserwacji, gdzie  $z$  jest jednakową odległością zenitalną obydwóch gwiazd pary w tym samym momencie.

Jeśli możemy skorzystać z radzieckiego katalogu efemeryd roboczych par Zingera, to przygotowanie gwiazd do obserwacji znacznie się upraszcza.

Przykład z radzieckiego katalogu: „Raboczije efemieridy 500 par zwiezd dla opriedielienija wriemieni po sposobu sootwiestwujuszczich wysot (sposob Zingera). Tablicy wyczislieny dla szyroto ot  $+34^\circ$  do  $+70^\circ$  dla epochi 1950,0. Pod riedakcijoje prof. K. A. Cwietkowa. Goskartogiedieziija. Leningrad, Moskwa 1931”.

	$18^h 55^m - 19^h 2^m$
	$\alpha_{1950} \quad \delta_{1950}$
PARA Nr 382      Zwiezda O 185 $\rho$ Cygni	4,2 21 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> 45° 22' 11"
„      W 137 $\tau$ Herculis	3,9 16 18 14    46 25 53

$\varphi$	S	Z	$A_0$	$A_W$	Z	$A_W$	$A_0$
49°	18 56,4	26° 49'	262° 37'	99° 56'	26° 0'	99° 11'	263° 21'
		8	119	116	7	120	124
50	56,5	26 41	264 36	98 00	25 53	97 11	265 25
		5	121	117	4	121	125
51	56,7	26 36	266 37	96 3	25 49	95 10	267 30
		3	122	118	2	122	126
52	56,8	26 33	268 39	94 5	25 47	93 8	269 36
		2	123	119	1	123	126
53	57,0	26 31	270 42	92 6	25 46	91 5	271 42
		0	122	118	1	122	127
54	57,2	26 31	272 44	90 8	25 47	89 3	273 49
		2	122	118	4	122	126
55	18 57,3	26 33	274 46	88 10	25 51	87 1	275 55

W katalogu tym przyjęto następujące oznaczenia:

$\varphi$  = szerokość geograficzna miejsca obserwacji,

S = czas gwiazdowy miejscowy,

Z =  $z_{E/W}$  = odległość zenitalna przy obserwacji najpierw gwiazdy wschodniej a następnie zachodniej,

$A_0$  = azymut gwiazdy wschodniej,

$A_W$  = azymut gwiazdy zachodniej,

Z =  $z_{W/E}$  = odległość zenitalna przy obserwacji najpierw gwiazdy zachodniej a następnie wschodniej.

Znajdując przez interpolację z przytoczonych tablic radzieckich odpowiednie wartości na  $S$ ,  $Z$  i  $A$  dla szerokości geograficznej równej na przykład

$$\varphi = 52,476$$

oraz odczytując wartość na paralaksę  $p$  z załączonego nomogramu przygotowane efemerydy robocze dla obserwacji par Zingera przedstawiać się będą następująco

Numer pary	gw.	Wielkość	Czas gwiazd. miejsc.	Kolejność obserwacji E/W			Kolejność obserwacji W/E		
				Azymut	z	p	Azymut	z	p
382	528	4,2	18 54,4	E 269 38	26 32	12,06/II	W 272 09	334 14	12,10/II
	394	3,9	59,4	W 93 08		7,71/II	E 90 36		8,05/II
386	558	3,1	18 59,1	E 276 53	45 53	12,34/III	W 260 38	314 51	12,28/III
	370	3,7	64,1	W 81 45		7,71/III	E 97 59		7,67/III
389	558	3,1	19 07,0	E 278 38	44 42	12,32/III	W 263 28	316 03	12,42/III
	372	4,2	12,0	W 84 34		7,58/III	E 99 44		7,70/III
392	565	2,6	19 12,3	E 277 15	48 36	12,24/III	W 259 50	312 08	12,18/III
	373	2,3	17,3	W 80 54		7,82/III	E 98 22		7,77/III
393	565	2,6	19 15,2	E 277 53	48 10	12,24/III	W 258 15	312 35	12,14/III
	376	3,9	20,2	W 79 23		7,85/III	E 99 01		7,78/III
396	365	2,6	19 24,0	E 279 51	46 49	12,21/III	W 257 23	313 55	12,14 III
	386	4,2	29,0	W 78 32		7,84/III	E 105 59		7,80/III
399	558	3,1	19 30,4	E 284 02	41 12	12,24/III	W 257 07	319 32	12,36/III
	397	4,7	35,4	W 78 19		7,68 III	E 105 15		7,78/III
404	564	3,6	19 44,4	E 267 56	33 59	11,72/II	W 272 08	326 47	11,76 II
	403	4,2	49,4	W 93 07		8,25/II	E 88 54		8,28/II
405	558	3,1	19 49,7	E 288 49	38 24	12,14/III	W 252 23	322 19	12,20/III
	411	3,9	54,7	W 73 11		7,77/III	E 110 07		7,89/III
407	550	4,6	19 53,3	E 256 22	22 29	14,14/II	W 284 01	338 15	14,51/II
	423	3,0	58,3	W 104 37		5,68/II	E 76 59		5,67/II

Program powyższy ułożony został w założeniu, że obserwacje E/W wykonane będą w położeniu „P” (mikrometr z prawej strony) a obserwacje W/E w położeniu „L” (mikrometr z lewej strony).

#### 4. Wykonanie obserwacji poprawki czasu

##### a) Przygotowanie instrumentu

Dalsze przygotowanie instrumentu

1. Przeczyścić i zrektyfikować kontakty mikrometru bezosobowego w ten sposób by układały się symetrycznie względem środkowej nitki stałej krzyża nitkowego (trójka w środku).
2. Usunąć nieprostokątłość osi poziomej i pionowej instrumentu.



3. Usunąć błąd kolimacji środka krzyża nitek mikrometru bezosobowego z dokładnością nie mniejszą od  $50''$ .
4. Zrektyfikować poziomość nitki ruchomej z dokładnością nie mniejszą od  $10'$ .
5. Zrektyfikować miejsce zenitu koła pionowego i pomocniczego.
6. Przy pomocy gwiazdy Biegunowej znaleźć położenie południka miejscowego z dokładnością do jednej minuty łuku a następnie ustawić koło poziome w ten sposób, by dla lunety „P” skierowanej na południe odczyt wynosił  $0^{\circ}00'$ .

Bezpośrednio przed rozpoczęciem obserwacji.

1. Ustawić mikrometr w położeniu przewidzianym dla obserwacji poprawki czasu, t.zn. ażeby przy nastawieniu lunety na  $z = 90^{\circ}$  nitka ruchoma zajęła położenie poziome.
2. Sprawdzić działanie kontaktów.
3. Nastawić ostrość nitki ruchomej, usuwając paralaksę.
4. Wyregulować długości pęcherzyków obydwóch libel Talcotta do długości bliskiej 25 działek libeli.
5. Zrektyfikować równoległości osi obydwóch libel Talcotta w ten sposób, by przy ustawieniu pęcherzyka jednej libeli na środek, pęcherzyk drugiej libeli znajdował się również na środku.
6. Dokładnie spoziomować instrument. Jest to konieczne, by przy przejściu od gwiazdy wschodniej do zachodniej lub odwrotnie pęcherzyki libel Talcotta nie zeszły z położenia środkowego. Niestaranne poziomowanie instrumentu powoduje również zmianę w położeniu pęcherzyków libel Talcotta przy nastawianiu gwiazdy przy pomocy leniwki koła poziomego. Należy zaznaczyć że wpływ błędów libeli Talcotta na obserwacje poprawki czasu będzie wtenczas najmniejszy kiedy pęcherzyk libeli nie zmieni swego położenia przy obserwacji obydwóch gwiazd danej pary.

*b) Obserwacje pierwszej gwiazdy danej pary*

1. Odpowiednio do czasu gwiazdowego miejscowego w danym momencie wybieramy parę z efemeryd roboczych (np. Nr 382, położenie „L” =  $W/E$ ).
2. Nastawiamy lunetę na odległość zenitalną, odczytaną z tablicy ( $z_{W/E} = 334^{\circ}14'$ ).
3. Sprzęgamy libele H. Talcotta z lunetą.
4. Ruchem śruby przy podstawie libel sprowadzamy pęcherzyki mniej więcej na środek.
5. Alhidadę instrumentu nastawiamy na odczyt koła poziomego równy azymutowi gwiazdy  $W$  ( $A_W = 272^{\circ}09'$ ).

6. Ruchem śruby przy podstawie libel sprowadzamy pęcherzyki dokładnie na środek, przy czym ostatni ruch śruby powinien być ruchem wkręcającym. Ruch śrubą mający na celu nastawienie pęcherzyków libel na środek należy zakończyć przynajmniej na  $1\frac{1}{2}$  minuty przed odczytywaniem libel, by pęcherzyki miały dostateczny czas do zajęcia właściwego położenia. Należy pamiętać, że do czasu zakończenia obserwacji obydwóch gwiazd danej pary nie należy już dotykać śruby.
7. Nitkę ruchomą mikrometru okularowego nastawiamy na odczyt  $p$  ( $p = 12,10$  II).
8. Po zjawieniu się gwiazdy w polu widzenia lunety, identyfikujemy ją na podstawie jej wielkości (wielkość gwiazdy  $W$  w danym przykładzie wynosi 3,9) i przy pomocy leniwki koła poziomego przepuszczamy gwiazdę możliwie dokładnie przez punkt przecięcia się nitki ruchomej w położeniu 12,10 R z II nitką stałą.
9. Odczytujemy obydwie libele H. Talcotta, najpierw lewy a następnie prawy koniec pęcherzyka (libela „O”: 46,8 i 21,6, libela „100”: 146,8 i 120,7).
10. Nitkę ruchomą mikrometru ustawiamy w odległości  $1\frac{1}{2}$  obrotu śruby od środka krzyża nitek.
11. 10—20 sekund przed zbliżeniem się gwiazdy do nitki ruchomej wezwaniem „uwaga” dajemy polecenie protokółantowi uruchomienia chronografu, narazie bez włączania taśmy.
12. W momencie zbliżenia się gwiazdy do nitki ruchomej wezwaniem „włączyć” dajemy polecenie protokółantowi włączenia również taśmy przy pomocy odpowiedniej dźwigni i prowadzimy gwiazdę przy pomocy nitki ruchomej przez trzy obroty śruby, zaczynając i kończąc  $1\frac{1}{2}$  obrotu śruby od środka krzyża nitek. Przy przechodzeniu gwiazdy przez stałą nitkę środkową zwracamy uwagę czy przechodzi ona przez środek krzyża nitkowego. W przeciwnym razie należy daną parę skreślić, a następnie sprawdzić efemerydy robocze.
13. Po osiągnięciu trzech obrotów śruby mikrometru przerywamy prowadzenie gwiazdy i wezwaniem „dość” polecamy protokółantowi przerwanie pracy chronografu. Protokółant wyłącza chronograf na ten sygnał tylko wtenczas, kiedy już ma zanotowaną pełną minutę na taśmie, w przeciwnym razie prowadzi jeszcze taśmę do najbliższej minuty.
14. Odczytujemy obydwie libele H. Talcotta po raz drugi. („O” = 46,8 i 21,5, „100” = 146,1 i 119,8).
15. Przekładamy obwody elektryczne chronografu.

*c) Obserwacje drugiej gwiazdy danej pary*

1. Alhidadę instrumentu nastawiamy na odczyt koła poziomego równy azymutowi gwiazdy  $E$  ( $A_E = 90^{\circ} 36'$ ).
2. Przy pomocy leniwki koła pionowego staramy się poprawić lewy koniec pęcherzyka libeli pierwszej („O”) by zajął położenie możliwie takie same, jakie zajmował podczas obserwacji pierwszej gwiazdy, przy czym ostatni ruch leniwki koła pionowego powinien być ruchem odkręcającym w celu wywołania kierunku ruchu pęcherzyka zgodnego z ostatnim ruchem przy obserwacji pierwszej gwiazdy. Pamiętać należy by zamiast leniwki koła pionowego nie dotknąć śruby przy podstawie libel i nie spowodować naruszenia słałości sprzężenia lunety z libelami.
3. Nitkę ruchomą okularu nastawiamy na odczyt  $p$  ( $p = 8.05/II$ ).
4. Obserwacje gwiazdy drugiej wykonujemy w sposób identyczny jak gwiazdy pierwszej.

Przed przystąpieniem do obserwacji następnej pary zwalniamy libele H. Talcotta i przekładamy lunetę do położenia „L”.

*d) Martwy ruch śruby mikrometru bezosobowego*

Ze względu na to, że martwy ruch śruby mikrometru bezosobowego powoduje systematyczny błąd wyznaczonej poprawki czasu i nie ma sposobu na wyeliminowanie go — wyznaczenie wielkości martwego ruchu powinno być wykonane b. starannie. Pożądane jest wyznaczenie martwego ruchu śruby dla każdego wieczoru oddzielnie. Można to wykonać na początku i na końcu obserwacji poprawki czasu. Trzeba zaznaczyć, że dotychczas nie znaleziono odpowiedniej metody, pozwalającej na zadawalniające wyznaczenie martwego ruchu śruby t.zn. w warunkach identycznych w jakich odbywają się obserwacje poprawki czasu, wobec czego część tego błędu wchodzi w skład błędu osobowego.

Z pewnym przybliżeniem można wyznaczyć martwy ruch śruby korzystając z podwójnych nitek stałych, umieszczonych po obydwóch stronach środka krzyża nitek w odległości 5 całych obrotów śruby, oznaczonych numerem 5 i 15. Jednakże martwy ruch śruby nie jest jednakowy dla wszystkich położzeń śruby i dokładniejsze wyznaczenie wielkości martwego ruchu jej musi opierać się na badaniach śruby na odcinku jej pracy w czasie obserwacji poprawki czasu. Ponieważ praca śruby obejmuje zwykle zakres dwóch całkowitych obrotów śruby t.zn. od  $9,0R$  do  $11,0R$  to badanie śruby można wykonać w dwóch jej położeniach, a mianowicie w położeniu  $9,5R$  i  $10,5R$ .

Samo wyznaczenie martwego ruchu śruby polega na nastawieniu nitki ruchomej na kolimator kolejno ruchem wkręcającym i odkręcającym i odczytaniu bębena. Różnice odczytów na bębenu wyrażają wielkość martwego ruchu śruby.



Oto przykład takiego badania:

Odczyty mikrometru przy kierunku ruchu		W — O	Średnie W — O	v	vv
Wkręcającym	Odkręcającym				
<sup>R</sup> 9,49 20	<sup>R</sup> 9,49 30	— 0,00 10		+ 0,00 04	16
15	40	25		— 11	121
30	40	10		+ 4	16
20	40	20		— 6	36
30	40	10	— 0,00 14	+ 4	16
20	40	20		— 6	36
30	40	10		+ 4	16
25	40	15		— 1	1
30	40	10		+ 4	16
30	40	10		+ 4	16
			— 0,00 14		
10,49 70	10,49 90	— 20		— 6	36
80	90	10		+ 4	16
80	50 00	20		— 6	36
90	00	10		+ 4	16
80	10	30	— 0,00 15	— 16	256
95	00	5		+ 9	81
95	10	15		— 1	1
90	00	10		+ 4	16
90	10	20		— 6	36
90	00	10		+ 4	16
1110	1400	290		— 0,00 10	800

$$\text{Błąd pojedynczej obserwacji: } \sqrt{\frac{0,0000\ 0800}{19}} = \pm 0,0007$$

$$\text{Błąd średniej arytmetycznej: } \sqrt{\frac{0,0000\ 0800}{19 \times 20}} = \pm 0,00015$$

$$\text{Martwy ruch śruby: } 0,0014 \pm 0,00015 = 0,014 \pm 0,001$$

W mikrometrze bezosobowym konstrukcji T-4 wkręcający ruch śruby powoduje równocześnie wzrastanie odczytów na bębnieku, a ruch odkręcający odwrotnie. Z bębniem podziałowym sprzężony jest inny bębenek zaopatrzony w kontakty. W przytoczonym przykładzie martwy ruch śruby wywołuje opóźnienie kontaktowania (znak minus).

Poprawkę do średniego momentu przejścia danej pary przez średni kontakt z powodu martwego ruchu śruby obliczamy z następującego wzoru:

$$\Delta_m T = \frac{W - O}{2} \sec \varphi \operatorname{cosec} a$$

## e) Szerokość kontaktów

Szerokość kontaktów można wyznaczyć w sposób następujący:

Obwód elektryczny mikrometru bezosobowego włącza się do chronografu. Kręcąc wolno śrubą mikrometru zatrzymujemy się w momencie usłyszenia stuknięcia igły chronografu i odczytujemy bębenek dla początku danego kontaktu. Przejeżdżamy 2—3 działki mikrometru i kręcąc teraz w przeciwnym kierunku odczytujemy bębenek w momencie stuknięcia chronografu dla końca tego samego kontaktu.

PRZYKŁAD WYZNACZENIA SZEROKOŚCI KONTAKTÓW

Kontakt	Kontakt		Długość	Średnia długość	v	vv	Kontakt		Długość	Średnia długość	v	vv	
	Nr	Początek					Koniec	Nr					Początek
0,0	99,50	0,50	1,00	1,02	+2	4	0,5	49,55	50,55	1,00	1,02	+2	4
	55	55	1,00		+2	4		55	55	1,00		+2	4
	50	50	1,00		+2	4		60	60	1,00		+2	4
	50	55	1,05		-3	9		55	60	1,05		-3	9
	50	55	1,05		-3	9		50	55	1,05		-3	9
	255	265	5,10		0	30		275	285	5,10		0	30
0,1	9,45	10,50	1,05	0,99	-6	36	0,6	59,50	60,55	1,05	1,03	-2	4
	60	55	95		+4	16		55	60	1,05		-2	4
	60	55	95		+4	16		55	55	1,00		+3	9
	60	60	1,00		-1	1		55	55	1,00		+3	9
	55	55	1,00		-1	1		55	60	1,05		-2	4
	280	275	4,95		0	70		270	285	5,15		0	30
0,2	19,50	20,50	1,00	1,00	0	0	0,7	69,50	70,50	1,00	1,03	+3	9
	55	60	1,05		-5	25		55	60	1,05		-2	4
	60	60	1,00		0	0		50	55	1,05		-2	4
	55	55	1,00		0	0		50	50	1,00		+3	9
	60	55	95		+5	25		50	55	1,05		-2	4
	280	280	5,00		0	50		255	270	5,15		0	30
0,3	26,50	30,60	1,10	1,04	-6	36	0,8	79,40	80,60	1,20	1,08	-12	114
	65	70	1,05		-1	1		45	50	1,05		+3	9
	60	60	1,00		+4	16		45	45	1,00		+8	54
	60	60	1,00		+4	16		45	55	1,10		-2	4
	55	60	1,05		-1	1		40	45	1,05		+3	9
	290	310	5,20		0	70		215	255	5,40		0	30
0,4	39,55	40,60	1,05	1,05	0	0	0,9	89,40	90,60	1,20	1,17	-3	9
	55	60	1,05		0	0		45	60	1,15		+2	4
	55	55	1,00		+5	25		40	55	1,15		+2	4
	55	60	1,05		0	0		40	60	1,20		-3	9
	45	55	1,10		-5	25		40	55	1,15		+2	4
	265	290	5,25		0	50		205	290	5,85		0	30

Błąd pojedynczej obserwacji:  $\sqrt{\frac{0,0000\ 0620}{40}} = \pm 0,0004$

$$\text{Błąd średniej arytmetycznej: } \sqrt{\frac{0,0000\ 0620}{5 \times 40}} = \pm 0,0002$$

Średnia z kontaktów nieparzystych:  $0,1080^s$

Średnia z kontaktów parzystych:  $0,1066^s$

Średnia ze wszystkich kontaktów:  $0,107 \pm 0,002^s$

Przy użyciu chronografu z małą bezwładnością piór można czytać początek i koniec każdego kontaktu i wtenczas średnia praktycznie wolna jest od błędu spowodowanego szerokością kontaktów, tak że nie ma potrzeby specjalnego wyznaczenia szerokości kontaktów i wprowadzania odpowiednich poprawek. Przy korzystaniu z 10 kontaktów symetrycznych względem środka krzyża nitkowego można się ograniczyć do czytania początków dla 5-ciu pierwszych i końców dla 5-ciu ostatnich kontaktów danej gwiazdy.

Szerokość kontaktów powoduje zawsze przyspieszone kontaktowanie i w wypadku czytania samych początków kontaktów poprawkę do średniej arytmetycznej ze wszystkich kontaktów obliczamy z wzoru:

$$\Delta_k T = + \frac{1}{2} k \sec \varphi \operatorname{cosec} a$$

gdzie  $k$  jest średnią szerokością z poszczególnych kontaktów czytanych.

#### *i) Paralaksa piór chronografu*

Przy rejestracji uderzeń chronometru kontaktowego na taśmie po przez jedno pióro, a kontaktów mikrometru po przez drugie pióro chronografu mogą zachodzić pewne różnice w czasie potrzebnym na pokonanie bezwładności danego pióra. Ażeby wyeliminować błędy tym spowodowane, zwane „paralaksą piór” przekładamy pióra pomiędzy gwiazdami danej pary w ten sposób, by pióro, które przy obserwacji pierwszej gwiazdy połączone było z chronometrem połączyć z mikrometrem i odwrotnie. Najlepiej użyć do tego 4-ro biegunowego przełącznika o dwóch zakresach.

#### *g) Czytanie taśm chronografu*

Czytanie taśm chronografu ma na celu znalezienie wskazania chronometru w momencie zwarcia kontaktu mikrometru bezosobowego.

Przed przystąpieniem do czytania taśmy najpierw opisujemy ją, t.zn. oznaczamy na niej kontakty chronometru co 10 sekund, oraz numerujemy kontakty mikrometru bezosobowego.

Do dokładnego odmierzenia odległości kontaktu od najbliższej sekundy służy siatka zbieżna, wytrawiona na szkle. Odczyty robimy w dwóch położeniach siatki, jeden raz przy siatce zbieżnej u góry, a drugi raz przy siatce zbieżnej u dołu.



### 5. Odbiór astronomicznych sygnałów czasu

W czasie wykonywania obserwacji poprawki czasu obecnie nadawane są następujące sygnały rytmowe na falach długich:

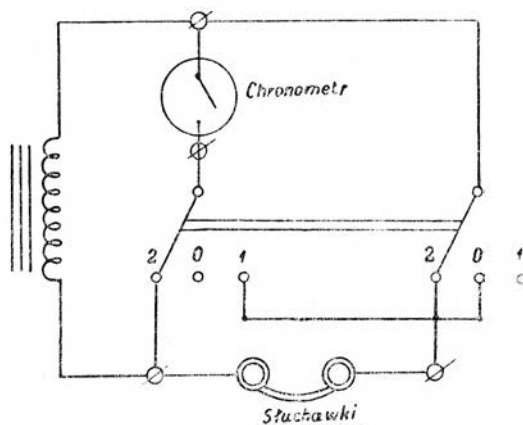
Środek sygnału w czasie środkowo-europejskim	Nazwa stacji	Fala w metrach
h m s		
19 03 30	Rugby	18 750
21 03 30	Pontoise	3 300
22 03 30	Pontoise	3 300
23 03 30	Moskwa	3 333
23 33 30	Pontoise	3 300
1 03 30	Norddeich	2 290

Rytmowe sygnały czasu mogą być odbierane trzema sposobami:

- automatycznie na taśmie chronografu,
- półautomatycznie na słuchawki np. metodą Kuka-Prejpicza,
- na słuch według koincydencji.

Przy pierwszym sposobie do automatycznego odbioru na taśmie chronografu potrzebny jest odbiornik wysokiej klasy, zaopatrzony u wyjścia w prostownik i przekaźnik (relais) i odbierający sygnał z dostateczną siłą.

Drugi sposób — najbardziej rozpowszechniony — pozwala na otrzymanie wyników o dokładności nie wiele mniejszej od pierwszego sposobu przy stosunkowo prostych środkach. Wystarczy tu wtórne uzwojenie transformatora wyjściowego normalnego odbiornika telegraficznego połączyć z t.zw. układem Kuka-Prejpicza, zaopatrzonym w zaciski



rys. 9

dla chronometru kontaktowego i słuchawek.

Działanie przystawki Kuka-Prejpicza jest następujące:

W położeniu „0” występuje pełny, normalny odbiór stacji nadawczej w słuchawkach.

W położeniu „1” słychać w słuchawkach sygnały stacji nadawczej tylko w czasie zwania się kontaktów chronometru.

W położeniu „2” słychać w słuchawkach tylko wtenczas kiedy kontakty chronometru są rozwarte.

Przed przystąpieniem do odbioru sygnałów czasu na przystawce Kuka-Prejpicza należy sprawdzić numerację na przełączniku. Numeracja



jest zgodna z schematem jeśli po zupełnym wyłączeniu chronometru słycać stację nadawczą w słuchawkach w położeniu „0” i „2” a nie słycać w położeniu „1”.

Sposób odbioru rytmowych sygnałów czasu przy pomocy powyższej przystawki jest następujący:

1. Przełącznik ustawiamy w położeniu „0” i w momencie usłyszenia nia początku pierwszej kreski odcytujemy chronometr z dokładnością do  $\pm 0,1$ . Do odczytu tego dodajemy stałą poprawkę ( $+0,2$ ) wynikającą z różnicy pomiędzy działaniem kontaktów i wskazówki sekundowej chronometru. ( $18^h 43^m 52,6 + 0,2$ )

2. Przekładamy przełącznik do położenia „1” bądź „2” przy którym sygnał zaniknie i czekamy na pojawienie się go. W momencie usłyszenia pierwszej kropki (skróconej) notujemy odczyt chronometru w półsekundach dla położenia „1”, a w całych sekundach dla położenia „2”, zmniejszając każdorazowo odczyt chronometru o całą sekundę, gdyż koincydencja następuje podczas ostatniej, jeszcze nie słyszalnej kropki. (Położenie „1”:  $18^h 44^m 05,5 - 1^s 0 = 18^h 44^m 04,5$ )

3. Następnie przekładamy przełącznik do położenia „2” bądź „1” w którym sygnał zaniknie i postępujemy analogicznie jak poprzednio. (Położenie „2”:  $18^h 44^m 40^s 0 - 1^s 0 = 18^h 44^m 39^s 0$ )

W ten sposób odebrać możemy 9 koincydencji.

4. Przed ostatnią kreską przekładamy przełącznik do położenia „0” i notujemy chronometr dla tego momentu (VI kreska:  $18^h 48^m 53,4 + 0,2 = 18^h 48^m 53,6$ )

#### Przykład

P o ł o ż e n i e   p r z e ł ą c z n i k a						
1		0			2	
3.VII.1953 — godz. 23 23,5 — Pontoise 3 300						
		I — $18^h 43^m 52,6 + 0,2$				
h m s	s	h m s	s	h m s	s	
18 44 04,5	11,7	18 44 39,0	46,2	18 44 39,0	46,2	48
45 16,5	83,7	45 51,0	118,2	45 51,0	118,2	121
46 28,5	155,7	47 04,0	191,2	47 04,0	191,2	195
47 41,5	228,7	48 16,0	263,2	48 16,0	263,2	268
		VI — $18^h 48^m 53,4 + 0,2$				

Z odczytów chronometru dla pierwszej kreski, skontrolowanego odczytem ostatniej kreski obliczamy odstęp czasu od pierwszej kreski do kolejnej koincydencji, ( $18^h 44^m 04,5 - 18^h 43^m 52,8 = 11,7$ ) a na podstawie obliczonych odstępów czasu znajdujemy numery kropek z tablicy I dla których nastąpiła koincydencja. (Odstępowi czasu na chronometrze gwiazdowym  $11,7$  odpowiada kropka 13-ta). Następnie przy pomocy

TABLICA I (gwiazdowy)

	Nr kropki	$d^s$	Nr kropki	$d^s$	Nr kropki	$d^s$	Nr kropki	$d^s$	Nr kropki	$d^s$
—	1	0,0	62	60,2	123	120,3	184	180,5	245	240,7
.	2	1,0	63	61,2	124	121,3	185	181,5	246	241,6
.	3	2,0	64	62,1	125	122,3	186	182,5	247	242,6
.	4	3,0	65	63,1	126	123,3	187	183,5	248	243,6
.	5	3,9	66	64,1	127	124,3	188	184,4	249	244,6
.	6	4,9	67	65,1	128	125,3	189	185,4	250	245,6
.	7	5,9	68	66,1	129	126,2	190	186,4	251	246,6
.	8	6,9	69	67,1	130	127,2	191	187,4	252	247,6
.	9	7,9	70	68,1	131	128,2	192	188,4	253	248,5
.	10	8,9	71	69,0	132	129,2	193	189,4	254	249,5
.	11	9,9	72	70,0	133	130,2	194	190,4	255	250,5
.	12	10,8	73	71,0	134	131,2	195	191,3	256	251,5
.	13	11,8	74	72,0	135	132,2	196	192,3	257	252,5
.	14	12,8	75	73,0	136	133,2	197	193,3	258	253,5
.	15	13,8	76	74,0	137	134,1	198	194,3	259	254,5
.	16	14,8	77	75,0	138	135,1	199	195,3	260	255,5
.	17	15,8	78	75,9	139	136,1	200	196,3	261	256,4
.	18	16,8	79	76,9	140	137,1	201	197,3	262	257,4
.	19	17,8	80	77,9	141	138,1	202	198,2	263	258,4
.	20	18,7	81	78,9	142	139,1	203	199,2	264	259,4
.	21	19,7	82	79,9	143	140,1	204	200,2	265	260,4
.	22	20,7	83	80,9	144	141,0	205	201,2	266	261,4
.	23	21,7	84	81,9	145	142,0	206	202,2	267	262,4
.	24	22,7	85	82,8	146	143,0	207	203,2	268	263,3
.	25	23,7	86	83,8	147	144,0	208	204,2	269	264,3
.	26	24,7	87	84,8	148	145,0	209	205,2	270	265,3
.	27	25,6	88	85,8	149	146,0	210	206,1	271	266,3
.	28	26,6	89	86,8	150	147,0	211	207,1	272	267,3
.	29	27,6	90	87,8	151	147,9	212	208,1	273	268,3
.	30	28,6	91	88,8	152	148,9	213	209,1	274	269,3
.	31	29,6	92	89,8	153	149,9	214	210,1	275	270,2
.	32	30,6	93	90,7	154	150,9	215	211,1	276	271,2
.	33	31,6	94	91,7	155	151,9	216	212,1	277	272,2
.	34	32,5	95	92,7	156	152,9	217	213,0	278	273,2
.	35	33,5	96	93,7	157	153,9	218	214,0	279	274,2
.	36	34,5	97	94,7	158	154,8	219	215,0	280	275,2
.	37	35,5	98	95,7	159	155,8	220	216,0	281	276,2
.	38	36,5	99	96,7	160	156,8	221	217,0	282	277,2
.	39	37,5	100	97,6	161	157,8	222	218,0	283	278,1
.	40	38,5	101	98,6	162	158,8	223	219,0	284	279,1
.	41	39,5	102	99,6	163	159,8	224	219,9	285	280,1
.	42	40,4	103	100,6	164	160,8	225	220,9	286	281,1
.	43	41,4	104	101,6	165	161,8	226	221,9	287	282,1
.	44	42,4	105	102,6	166	162,7	227	222,9	288	283,1
.	45	43,4	106	103,6	167	163,7	228	223,9	289	284,1
.	46	44,4	107	104,5	168	164,7	229	224,9	290	285,0
.	47	45,4	108	105,5	169	165,7	230	225,9	291	286,0
.	48	46,4	109	106,5	170	166,7	231	226,8	292	287,0
.	49	47,3	110	107,5	171	167,7	232	227,8	293	288,0
.	50	48,3	111	108,5	172	168,7	233	228,8	294	289,0
.	51	49,3	112	109,5	173	169,6	234	229,8	295	290,0
.	52	50,3	113	110,5	174	170,6	235	230,8	296	291,0
.	53	51,3	114	111,5	175	171,6	236	231,8	297	291,9
.	54	52,3	115	112,4	176	172,6	237	232,8	298	292,9
.	55	53,3	116	113,4	177	173,6	238	233,8	299	293,9
.	56	54,2	117	114,4	178	174,6	239	234,7	300	294,9
.	57	55,2	118	115,4	179	175,6	240	235,7	301	295,9
.	58	56,2	119	116,4	180	176,5	241	236,7	302	296,9
.	59	57,2	120	117,4	181	177,5	242	237,7	303	297,9
.	60	58,2	121	118,4	182	178,5	243	238,7	304	298,8
.	61	59,2	122	119,3	183	179,5	244	239,7	305	299,8
—	62	60,2	123	120,3	184	180,5	245	240,7	306	300,8

TABLICA I (šredni)

Nr kropki	d <sup>s</sup>	Nr kropki	d <sup>s</sup>	Nr kropki	d <sup>s</sup>	Nr kropki	d <sup>s</sup>	Nr kropki	d <sup>s</sup>
1	0,0	62	60,0	123	120,0	184	180,0	245	240,0
2	1,0	63	61,0	124	121,0	185	181,0	246	241,0
3	2,0	64	62,0	125	122,0	186	182,0	247	242,0
4	3,0	65	63,0	126	123,0	187	182,9	248	242,9
5	3,9	66	63,9	127	123,9	188	183,9	249	243,9
6	4,9	67	64,9	128	124,9	189	184,9	250	244,9
7	5,9	68	65,9	129	125,9	190	185,9	251	245,9
8	6,9	69	66,9	130	126,9	191	186,9	252	246,9
9	7,9	70	67,9	131	127,9	192	187,9	253	247,9
10	8,9	71	68,9	132	128,9	193	188,9	254	248,9
11	9,8	72	69,8	133	129,8	194	189,8	255	249,8
12	10,8	73	70,8	134	130,8	195	190,8	256	250,8
13	11,8	74	71,8	135	131,8	196	191,8	257	251,8
14	12,8	75	72,8	136	132,8	197	192,8	258	252,8
15	13,8	76	73,8	137	133,8	198	193,8	259	253,8
16	14,8	77	74,8	138	134,8	199	194,8	260	254,8
17	15,7	78	75,7	139	135,7	200	195,7	261	255,7
18	16,7	79	76,7	140	136,7	201	196,7	262	256,7
19	17,7	80	77,7	141	137,7	202	197,7	263	257,7
20	18,7	81	78,7	142	138,7	203	198,7	264	258,7
21	19,7	82	79,7	143	139,7	204	199,7	265	259,7
22	20,7	83	80,7	144	140,7	205	200,7	266	260,7
23	21,6	84	81,6	145	141,6	206	201,6	267	261,6
24	22,6	85	82,6	146	142,6	207	202,6	268	262,6
25	23,6	86	83,6	147	143,6	208	203,6	269	263,6
26	24,6	87	84,6	148	144,6	209	204,6	270	264,6
27	25,6	88	85,6	149	145,6	210	205,6	271	265,6
28	26,6	89	86,6	150	146,6	211	206,6	272	266,6
29	27,5	90	87,5	151	147,5	212	207,5	273	267,5
30	28,5	91	88,5	152	148,5	213	208,5	274	268,5
31	29,5	92	89,5	153	149,5	214	209,5	275	269,5
32	30,5	93	90,5	154	150,5	215	210,5	276	270,5
33	31,5	94	91,5	155	151,5	216	211,5	277	271,5
34	32,5	95	92,5	156	152,5	217	212,5	278	272,5
35	33,4	96	93,4	157	153,4	218	213,4	279	273,4
36	34,4	97	94,4	158	154,4	219	214,4	280	274,4
37	35,4	98	95,4	159	155,4	220	215,4	281	275,4
38	36,4	99	96,4	160	156,4	221	216,4	282	276,4
39	37,4	100	97,4	161	157,4	222	217,4	283	277,4
40	38,4	101	98,4	162	158,4	223	218,4	284	278,4
41	39,3	102	99,3	163	159,3	224	219,3	285	279,3
42	40,3	103	100,3	164	160,3	225	220,3	286	280,3
43	41,3	104	101,3	165	161,3	226	221,3	287	281,3
44	42,3	105	102,3	166	162,3	227	222,3	288	282,3
45	43,3	106	103,3	167	163,3	228	223,3	289	283,3
46	44,3	107	104,3	168	164,3	229	224,3	290	284,3
47	45,2	108	105,2	169	165,2	230	225,2	291	285,2
48	46,2	109	106,2	170	166,2	231	226,2	292	286,2
49	47,2	110	107,2	171	167,2	232	227,2	293	287,2
50	48,2	111	108,2	172	168,2	233	228,2	294	288,2
51	49,2	112	109,2	173	169,2	234	229,2	295	289,2
52	50,2	113	110,2	174	170,2	235	230,2	296	290,2
53	51,1	114	111,1	175	171,1	236	231,1	297	291,1
54	52,1	115	112,1	176	172,1	237	232,1	298	292,1
55	53,1	116	113,1	177	173,1	238	233,1	299	293,1
56	54,1	117	114,1	178	174,1	239	234,1	300	294,1
57	55,1	118	115,1	179	175,1	240	235,1	301	295,1
58	56,1	119	116,1	180	176,1	241	236,1	302	296,1
59	57,0	120	117,0	181	177,0	242	237,0	303	297,0
60	58,0	121	118,0	182	178,0	243	238,0	304	298,0
61	59,0	122	119,0	183	179,0	244	239,0	305	299,0
62	60,0	123	120,0	184	180,0	245	240,0	306	300,0

TABLICA II (gwiazdowy i średni)

Nr kropki	I		Nr kropki	II		Nr kropki	III	
	×	⊙		×	⊙		×	⊙
1	+2 30,411	+2 30,000	62	+1 30,246	+1 30,000	123	+0 30,082	+0 30,000
2	+2 29,424	+2 29,016	63	+1 29,260	+1 29,016	124	+0 29,096	+0 29,016
3	+2 28,438	+2 28,033	64	+1 28,274	+1 28,033	125	+0 28,110	+0 28,033
4	+2 27,452	+2 27,049	65	+1 27,288	+1 27,049	126	+0 27,123	+0 27,049
5	+2 26,466	+2 26,066	66	+1 26,301	+1 26,066	127	+0 26,137	+0 26,066
6	+2 25,479	+2 25,082	67	+1 25,315	+1 25,082	128	+0 25,151	+0 25,082
7	+2 24,493	+2 24,098	68	+1 24,329	+1 24,098	129	+0 24,164	+0 24,098
8	+2 23,507	+2 23,115	69	+1 23,342	+1 23,115	130	+0 23,178	+0 23,115
9	+2 22,520	+2 22,131	70	+1 22,356	+1 22,131	131	+0 22,192	+0 22,131
10	+2 21,534	+2 21,148	71	+1 21,370	+1 21,148	132	+0 21,205	+0 21,148
11	+2 20,548	+2 20,164	72	+1 20,383	+1 20,164	133	+0 20,219	+0 20,164
12	+2 19,561	+2 19,180	73	+1 19,397	+1 19,180	134	+0 19,233	+0 19,180
13	+2 18,575	+2 18,197	74	+1 18,411	+1 18,197	135	+0 18,247	+0 18,197
14	+2 17,589	+2 17,213	75	+1 17,425	+1 17,213	136	+0 17,260	+0 17,213
15	+2 16,603	+2 16,230	76	+1 16,438	+1 16,230	137	+0 16,274	+0 16,230
16	+2 15,616	+2 15,246	77	+1 15,452	+1 15,246	138	+0 15,288	+0 15,246
17	+2 14,630	+2 14,262	78	+1 14,466	+1 14,262	139	+0 14,301	+0 14,262
18	+2 13,644	+2 13,279	79	+1 13,479	+1 13,279	140	+0 13,315	+0 13,279
19	+2 12,657	+2 12,295	80	+1 12,493	+1 12,295	141	+0 12,329	+0 12,295
20	+2 11,671	+2 11,312	81	+1 11,507	+1 11,312	142	+0 11,342	+0 11,311
21	+2 10,685	+2 10,328	82	+1 10,520	+1 10,328	143	+0 10,356	+0 10,328
22	+2 09,698	+2 09,344	83	+1 09,534	+1 09,344	144	+0 09,370	+0 09,344
23	+2 08,712	+2 08,361	84	+1 08,548	+1 08,361	145	+0 08,384	+0 08,361
24	+2 07,726	+2 07,377	85	+1 07,562	+1 07,377	146	+0 07,397	+0 07,377
25	+2 06,740	+2 06,393	86	+1 06,575	+1 06,393	147	+0 06,411	+0 06,393
26	+2 05,753	+2 05,410	87	+1 05,589	+1 05,410	148	+0 05,425	+0 05,410
27	+2 04,767	+2 04,426	88	+1 04,603	+1 04,426	149	+0 04,438	+0 04,426
28	+2 03,781	+2 03,443	89	+1 03,616	+1 03,443	150	+0 03,452	+0 03,443
29	+2 02,794	+2 02,459	90	+1 02,630	+1 02,459	151	+0 02,466	+0 02,459
30	+2 01,808	+2 01,475	91	+1 01,644	+1 01,475	152	+0 01,479	+0 01,475
31	+2 00,822	+2 00,492	92	+1 00,657	+1 00,492	153	+0 00,493	+0 00,492
32	+1 59,835	+1 59,508	93	+0 59,671	+0 59,508	154	+0 00,493	+0 00,492
33	+1 58,849	+1 58,525	94	+0 58,685	+0 58,525	155	+0 01,479	+0 01,475
34	+1 57,863	+1 57,541	95	+0 57,699	+0 57,541	156	+0 02,466	+0 02,459
35	+1 56,877	+1 56,557	96	+0 56,712	+0 56,557	157	+0 03,452	+0 03,443
36	+1 55,890	+1 55,574	97	+0 55,726	+0 55,574	158	+0 04,438	+0 04,426
37	+1 54,904	+1 54,590	98	+0 54,740	+0 54,590	159	+0 05,425	+0 05,410
38	+1 53,918	+1 53,607	99	+0 53,753	+0 53,607	160	+0 06,411	+0 06,393
39	+1 52,931	+1 52,623	100	+0 52,767	+0 52,623	161	+0 07,397	+0 07,377
40	+1 51,945	+1 51,639	101	+0 51,781	+0 51,639	162	+0 08,384	+0 08,361
41	+1 50,959	+1 50,656	102	+0 50,794	+0 50,656	163	+0 09,370	+0 09,344
42	+1 49,972	+1 49,672	103	+0 49,808	+0 49,672	164	+0 10,356	+0 10,328
43	+1 48,986	+1 48,689	104	+0 48,822	+0 48,689	165	+0 11,342	+0 11,311
44	+1 48,000	+1 47,705	105	+0 47,836	+0 47,705	166	+0 12,329	+0 12,295
45	+1 47,014	+1 46,721	106	+0 46,849	+0 46,721	167	+0 13,315	+0 13,279
46	+1 46,027	+1 45,738	107	+0 45,863	+0 45,738	168	+0 14,301	+0 14,262
47	+1 45,041	+1 44,754	108	+0 44,877	+0 44,754	169	+0 15,288	+0 15,246
48	+1 44,055	+1 43,771	109	+0 43,890	+0 43,771	170	+0 16,274	+0 16,230
49	+1 43,068	+1 42,787	110	+0 42,904	+0 42,787	171	+0 17,260	+0 17,213
50	+1 42,082	+1 41,803	111	+0 41,918	+0 41,803	172	+0 18,247	+0 18,197
51	+1 41,096	+1 40,820	112	+0 40,931	+0 40,820	173	+0 19,233	+0 19,180
52	+1 40,109	+1 39,836	113	+0 39,945	+0 39,836	174	+0 20,219	+0 20,164
53	+1 39,123	+1 38,852	114	+0 38,959	+0 38,852	175	+0 21,205	+0 21,148
54	+1 38,137	+1 37,869	115	+0 37,973	+0 37,869	176	+0 22,192	+0 22,131
55	+1 37,151	+1 36,885	116	+0 36,986	+0 36,885	177	+0 23,178	+0 23,115
56	+1 36,164	+1 35,902	117	+0 36,000	+0 35,902	178	+0 24,164	+0 24,098
57	+1 35,178	+1 34,918	118	+0 35,014	+0 34,918	179	+0 25,151	+0 25,082
58	+1 34,192	+1 33,934	119	+0 34,027	+0 33,934	180	+0 26,137	+0 26,066
59	+1 33,205	+1 32,951	120	+0 33,041	+0 32,951	181	+0 27,123	+0 27,049
60	+1 32,219	+1 31,967	121	+0 32,055	+0 31,967	182	+0 28,110	+0 28,033
61	+1 31,233	+1 30,984	122	+0 31,068	+0 30,984	183	+0 29,096	+0 29,016
62	+1 30,246	+1 30,000	123	+0 30,082	+0 30,000	184	+0 30,082	+0 30,000

TABLICA II (gwiazdowy i średni)

Nr kropki	IV		Nr kropki	V	
	✱	⊙		✱	⊙
184	-0 30,082	-0 30,000	245	-1 30,246	-1 30,000
185	-0 31,068	-0 30,984	246	-1 31,233	-1 30,984
186	-0 32,055	-0 31,967	247	-1 32,219	-1 31,967
187	-0 33,041	-0 32,951	248	-1 33,205	-1 32,951
188	-0 34,027	-0 33,934	249	-1 34,192	-1 33,934
189	-0 35,014	-0 34,918	250	-1 35,178	-1 34,918
190	-0 36,000	-0 35,902	251	-1 36,164	-1 35,902
191	-0 36,986	-0 36,885	252	-1 37,151	-1 36,885
192	-0 37,973	-0 37,869	253	-1 38,137	-1 37,869
193	-0 38,959	-0 38,852	254	-1 39,123	-1 38,852
194	-0 39,945	-0 39,836	255	-1 40,109	-1 39,836
195	-0 40,931	-0 40,820	256	-1 41,096	-1 40,820
196	-0 41,918	-0 41,803	257	-1 42,082	-1 41,803
197	-0 42,904	-0 42,787	258	-1 43,068	-1 42,787
198	-0 43,890	-0 43,771	259	-1 44,055	-1 43,771
199	-0 44,877	-0 44,754	260	-1 45,041	-1 44,754
200	-0 45,863	-0 45,738	261	-1 46,027	-1 45,738
201	-0 46,849	-0 46,721	262	-1 47,014	-1 46,721
202	-0 47,836	-0 47,705	263	-1 48,000	-1 47,705
203	-0 48,822	-0 48,689	264	-1 48,986	-1 48,689
204	-0 49,808	-0 49,672	265	-1 49,972	-1 49,672
205	-0 50,794	-0 50,656	266	-1 50,959	-1 50,656
206	-0 51,781	-0 51,639	267	-1 51,945	-1 51,639
207	-0 52,767	-0 52,623	268	-1 52,931	-1 52,623
208	-0 53,753	-0 53,607	269	-1 53,918	-1 53,607
209	-0 54,740	-0 54,590	270	-1 54,904	-1 54,590
210	-0 55,726	-0 55,574	271	-1 55,890	-1 55,574
211	-0 56,712	-0 56,557	272	-1 56,877	-1 56,557
212	-0 57,699	-0 57,541	273	-1 57,863	-1 57,541
213	-0 58,685	-0 58,525	274	-1 58,849	-1 58,525
214	-0 59,671	-0 59,508	275	-1 59,835	-1 59,508
215	-1 00,657	-1 00,492	276	-2 00,822	-2 00,492
216	-1 01,644	-1 01,475	277	-2 01,808	-2 01,475
217	-1 02,630	-1 02,459	278	-2 02,794	-2 02,459
218	-1 03,616	-1 03,443	279	-2 03,781	-2 03,443
219	-1 04,603	-1 04,426	280	-2 04,767	-2 04,426
220	-1 05,589	-1 05,410	281	-2 05,753	-2 05,410
221	-1 06,575	-1 06,393	282	-2 06,740	-2 06,393
222	-1 07,562	-1 07,377	283	-2 07,726	-2 07,377
223	-1 08,548	-1 08,361	284	-2 08,712	-2 08,361
224	-1 09,534	-1 09,344	285	-2 09,698	-2 09,344
225	-1 10,520	-1 10,328	286	-2 10,685	-2 10,328
226	-1 11,507	-1 11,312	287	-2 11,671	-2 11,312
227	-1 12,493	-1 12,295	288	-2 12,657	-2 12,295
228	-1 13,479	-1 13,279	289	-2 13,644	-2 13,279
229	-1 14,466	-1 14,262	290	-2 14,630	-2 14,262
230	-1 15,452	-1 15,246	291	-2 15,616	-2 15,246
231	-1 16,438	-1 16,230	292	-2 16,603	-2 16,230
232	-1 17,425	-1 17,213	293	-2 17,589	-2 17,213
233	-1 18,411	-1 18,197	294	-2 18,575	-2 18,197
234	-1 19,397	-1 19,180	295	-2 19,561	-2 19,180
235	-1 20,383	-1 20,164	296	-2 20,548	-2 20,164
236	-1 21,370	-1 21,148	297	-2 21,534	-2 21,148
237	-1 22,356	-1 22,131	298	-2 22,520	-2 22,131
238	-1 23,342	-1 23,115	299	-2 23,507	-2 23,115
239	-1 24,329	-1 24,098	300	-2 24,493	-2 24,098
240	-1 25,315	-1 25,082	301	-2 25,478	-2 25,082
241	-1 26,301	-1 26,066	302	-2 26,466	-2 26,066
242	-1 27,288	-1 27,049	303	-2 27,452	-2 27,049
243	-1 28,274	-1 28,033	304	-2 28,438	-2 28,033
244	-1 29,260	-1 29,016	305	-2 29,424	-2 29,016
245	-1 30,246	-1 30,000	306	-2 30,411	-2 30,000

tablicy II redukujemy — jak poniżej — wszystkie odebrane koincydencje do środkowego momentu sygnału rytmowego i znajdujemy odczyt średni chronometru dla tego momentu.

Data	Stacja radiowa		Godzina środk sygnału	Nazwa i numer chronometru	Numer kropki	Odczyt na taśmie lub Kuk-Prejpicz		Redukcja do środkowego momentu	Odczyty zredukowane	Średnia
	Nazwa	Fala				I	II			
3.VII 1953	Pontoise	3 300	h m 23 33,5	Nardin 6646 gwiazd	13	h m s 18 44 04,5		m s + 2 18,58	h m s 18 46 23,08	m s 46 23,07
					48	39,0		+ 1 44,06	06	
					86	45 16,5		+ 1 06,58	08	
					121	51,0		+ 0 32,06	06	
					159	46 28,5		— 0 05,42	08	
					195	47 04,0		— 0 40,93	07	
					232	40,5		— 1 17,42	08	
					268	48 16,0		— 1 52,93	07	

Przy redukcji obserwacji poprawki czasu metodą Zingera posługiwać się będziemy czasem gwiazdowym miejscowym quasi prawdziwym, t.j. prawdziwym z pominięciem krótkookresowego wyrazu nutacyjnego, tego samego wyrazu, który pominięty będzie w obliczeniach poprawki czasu. Czas gwiazdowy miejscowy quasi prawdziwy obliczamy z następującego wzoru:

$$(\theta_m - f') = \theta_0 + (\Delta\theta + \lambda_0) + N_d$$

gdzie:

$\theta_m$  = Czas gwiazdowy miejscowy prawdziwy,

$(\theta_m - f')$  = Czas gwiazdowy miejscowy quasi prawdziwy,

$f'$  = krótkookresowy wyraz nutacyjny,

$\theta_0$  = Średni czas gwiazdowy Greenwich o północy Greenwich,

$\Delta\theta$  = Odstęp czasu od północy Greenwich do środka astronomicznego sygnału czasu w czasie gwiazdowym średnim,

$\lambda_0$  = Przyjęta różnica długości astronomicznej miejsca obserwacji,

$N_d$  = Długookresowy wyraz nutacyjny.

Dla każdego punktu obserwacji poprawki czasu możemy sobie przygotować następującą tabelkę pomocniczą do obliczenia miejscowego czasu gwiazdowego quasi prawdziwego dla środka astronomicznego sygnału czasu.



Czas środkowo- europejski	Odstęp czasu od północy Gr. do środk. mom. astr. sygnału w czasie gw. średnim $\Delta\theta$		$\lambda_0$	$(\Delta\theta + \lambda_0)$
h m s	h m s	d	h m s	h m s
19 03 30	18 06 27,991	0,75	1 24 08,808	19 30 36,799
21 03 30	26 06 47,704	0,84		21 30 56,512
22 03 30	21 06 57,561	0,88		22 31 06,369
23 03 30	22 07 07,417	0,92		23 31 16,225
23 33 30	22 37 12,345	0,94		0 01 21,153
1 03 30	0 03 30,575	0,00		1 27 39,383

Obliczenie poprawki do odczytów chronometru w czasie odbioru sygnałów czasu, a następnie w czasie obserwacji poprawki czasu ilustruje następujący przykład:

Data	Średni moment sygnału czasu	$\theta_0$	$\theta_m - f =$ $\theta_0 + (\Delta\theta + \lambda_0) + N_d$	Odczyt chrono- metru		Poprawka do chro- nometru $\Delta Ch$	Zmiana na 1 <sup>h</sup>
				Ch	w jedn. godzin		
	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s	m s	
3.VII 1953	23 33 30	18 42 53,329	18 44 14,56	18 46 23,07	18,773	-2 08,51	
"	Para 382			18 59 07,08	18,985	-2 08,53	
"	Para 389			19 11 43,79	19,195	-2 08,55	<sup>s</sup>
"	Para 393			19 55,27	19,332	-2 08,56	-0,13
"	Para 396			28 43,80	19,479	-2 08,57	<u>1,504</u>
"	Para 404			49 13,14	19,820	-2 08,60	<sup>s</sup>
"	Para 407			58 02,86	19,968	-2 08,61	-0,0864
4	1 03 30	18 46 49,884	20 14 29,35	20 16 37,99	20,277	-2 08,64	

Przy dokładnych wyznaczeniach poprawki czasu trzeba jeszcze uwzględnić poprawki do odebranych sygnałów czasu, które ogłaszane są w „Bulletin Horaire” wydawanym przez międzynarodową służbę czasu. Chodzi tu o dwie poprawki, jedną spowodowaną błędem nadania samego sygnału rytmowego, a drugą wynikającą z redukcji do średniego bieguna.

## 6. Obliczenie poprawki czasu

### a) Wzory

Poprawkę czasu można obliczać z następujących wzorów Kulikowa, posługując się tablicami efemeryd par Zingera, publikowanych w „Trudach”.

$$u = M - \frac{1}{2}[T_W + T_E] + r + \Delta T + \Delta u + 0,0215 \cos z - \Delta_m T + (\delta u' - f')$$

gdzie

$u$  = poprawka do czasu gwiazdowego miejscowego dla przyjętej dłu-  
gości  $\lambda_0$ , czyli poprawka do  $\lambda_0$

$T_W$  i  $T_E$  = odczyt chronometru w momencie przejścia gwiazdy zachodniej i wschodniej przez środek krzyża nitek po wprowadzeniu poprawek do czasu gwiazdowego miejscowego dla przyjętej długości  $\lambda_0$

$$r = n \operatorname{tg} \varphi + \sigma_0(r)$$

$$\Delta T = k_1 \cdot \Delta t$$

$$k_1 = n_1 \operatorname{tg} \varphi - m_1$$

$$\Delta t = \frac{1}{100} \left\{ \left| \frac{1}{2}(T_W - T_E) \right| - 2^m 30^s \right\}$$

$$\Delta u = \pm \left\{ [L_W^I - L_E^I] \cdot k_2^I + [L_W^{II} - L_E^{II}] \cdot k_2^{II} \right\} \begin{pmatrix} P \\ L \end{pmatrix}$$

$$L_W = I_W + p_W$$

$$L_E = I_E + p_E$$

$I_W, p_W, I_E$  i  $p_E$  = lewy i prawy koniec pęcherzyka libeli H. Talcott przy obserwacji gwiazdy W i E,

$$k_2^I = \frac{\tau_1''}{120} \sec \varphi \operatorname{cosec} a$$

$$k_2^{II} = \frac{\tau_2''}{120} \sec \varphi \operatorname{cosec} a$$

$$\tau_1'' = \text{czułość libeli I}$$

$$\tau_2'' = \text{czułość libeli II}$$

$$a = \frac{a_W + (360 - a_E)}{2}$$

$0,0215 \cos z$  = poprawka<sup>s</sup> na aberację dzienną,

$$\Delta_m T = \frac{W - O}{2} \sec \varphi \operatorname{cosec} a$$

$\frac{1}{2}(W - O)$  = połowa martwego ruchu śruby mikrometru bezosobowego,

$(\partial u' - f')$  = krótkookresowy wyraz nutacyjny zmniejszony o wielkość  $f'$

Wielkości:  $M, n, m_1$  i  $n_1$  znajdujemy przez interpolację z tablic efemeryd par Zingera, publikowanych w „Trudach”. (Na rok 1953, 1954 i 1955 w Trudach, „wypusk 95, Moskwa 1953”). Przy korzystaniu z powyższych tablic pamiętać należy, że wszystkie obserwacje wykonane danego wieczoru oznaczyć należy datą następnego dnia.

Krótkookresowy wyraz nutacyjny:

$$\partial u' = J'g' + f'$$

oblicza się zwykle wspólnie dla całej serii, złożonej z 6–8 par Zingera. Wielkość  $f'$  która wchodzi do obliczenia  $\partial u'$  jak również do czasu gwiazdowego prawdziwego eliminuje się.

Obserwacje poprawki czasu wykonuje się seriami, złożonymi z 6–8 par, przyczem w każdej serii powinny być odebrane 2 sygnały czasu jeden na początku a drugi na końcu serii.



## PRZYKŁAD

obliczenie poprawki czasu z par Zingera według wzorów Kulikowa

Data	3.VII.1953	"	"	"
Numer pary	382 W/E	389 E/W	393 E/W	396 W/E
$\lambda_0$	<sup>h m s</sup> 1 24,08,89	$\varphi = 52^{\circ}28'33''$	$\sec \varphi = 1,64178$	$\operatorname{tg} \varphi = 1,36209$
$\frac{1}{120} \cdot \tau_I'' \cdot \sec \varphi$	<sup>s</sup> 0,01936			
$\frac{1}{120} \cdot \tau_{II}'' \cdot \sec \varphi$	<sup>s</sup> 0,01860			
$\frac{1}{2} (W - O) \sec \varphi$	<sup>s</sup> 0,0435			
$\cos z$	0,901	0,711	0,667	0,694
$\operatorname{cosec} a$	1,0001	1,0076	1,0132	1,0216
$\frac{1}{2} [T_W - T_E]$	<sup>m s</sup> - 2 03,84	<sup>m s</sup> + 1 56,95	<sup>m s</sup> + 2 16,61	<sup>m s</sup> - 2 02 36
$\Delta L^I$	+ 2,00	+ 3,15	+ 4,30	+ 4,00
$k_1^I$	0,0194	0,0195	0,0196	0,0198
$\Delta L^{II}$	+ 1,75	+ 2,75	+ 4,20	+ 3,15
$k_1^{II}$	0,0186	0,0187	0,0188	0,0190
$\Delta u$	+ 0,071	+ 0,113	+ 0,163	+ 0,139
<sup>s</sup> 0,0215 $\cos z$	+ 0,019	+ 0,015	+ 0,014	+ 0,015
$n_1$	+ 1,817	- 1,185	+ 1,000	- 0,687
$n_1 \operatorname{tg} \varphi$	+ 2,366	- 1,543	+ 1,302	- 0,895
$m_1$	+ 2,400	- 1,208	+ 0,910	- 0,587
$k_1$	- 0,034	- 0,335	+ 0,392	- 0,308
$\Delta t$	- 0,262	- 0,330	- 0,134	- 0,276
$n$	+ 200,055	+ 227,278	- 201,529	- 123,556
$n \operatorname{tg} \varphi$	+ 260,488	+ 295,935	- 262,407	- 160,880
$\sigma_0 (t)$	+ 16	+ 23	- 16	- 4
$M$	<sup>h m s</sup> 18 52 37,801	<sup>h m s</sup> 19 04 39,007	<sup>h m s</sup> 19 22 08,925	<sup>h m s</sup> 19 29 15,865
$-\frac{1}{2} [T_W + T_E]$	- 18 56 58,485	- 19 09 35,240	- 19 17 46,710	- 19 26 35,235
$r$	+ 4 20,504	+ 4 55,958	- 4 22,423	- 2 40,884
$\Delta T$	+ 9	+ 111	- 53	+ 85
<sup>s</sup> $\Delta u + 0,0215 \cos z$	+ 90	+ 128	+ 177	+ 154
$-\Delta_m T$	- 44	- 44	- 44	- 44
$u - (\partial u' - f')$	- <sup>s</sup> 0,12	- <sup>s</sup> 0,08	- <sup>s</sup> 0,13	- <sup>s</sup> 0,06
$\partial u' - f'$	0,00	0,00	0,00	0,00
$u$	- <sup>s</sup> 0,12	- <sup>s</sup> [0,08	- <sup>s</sup> 0,13	- <sup>s</sup> 0,06

## OBLICZENIE KRÓTKOOKRESOWEGO WYRAZU NUTACJI

i

## ZESTAWIENIE WYNIKÓW

Data 1953	29.VI.	30.VI.	2.VII.	2.VII.	3.VII.	6.VII.	6.VII.	7.VII.
Numer serii	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Waga	1	1	1	1	1	1	1	1
$T^*$	<sup>h</sup> 17,4	17,2	17,4	19,2	19,5	17,4	19,4	17,4
$\Delta d$	<sup>d</sup> 0,89	0,89	0,89	0,97	0,97	0,88	0,96	0,89
$g'$	+ <sup>h</sup> 0,09	+0,10	+0,10	+0,10	+0,09	+0,08	+0,08	+0,09
$G'$	<sup>h</sup> 23,4	21,4	18,3	18,1	16,5	9,7	9,5	7,6
$T^* + G'$	16,8	14,6	11,7	13,3	12,0	3,1	4,9	1,0
$J'$	-0,08	-0,05	+0,01	-0,03	0,00	+0,06	+0,08	+0,02
$J'g' = \delta u' - f'$	<sup>s</sup> -0,007	-0,005	+0,001	-0,003	0,000	+0,005	+0,006	+0,002
$u_s - (\delta u' - f')$	<sup>s</sup> -0,018	-0,047	-0,047	-0,072	-0,097	-0,061	-0,064	-0,046
$u_s$	<sup>s</sup> -0,025	-0,052	-0,046	-0,075	-0,097	-0,056	-0,058	-0,044
$m_p$	<sup>s</sup> $\pm 0,04$	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	$\pm 0,03$	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$
$m_s$	<sup>s</sup> $\pm 0,017$	$\pm 0,017$	$\pm 0,016$	$\pm 0,023$	$\pm 0,014$	$\pm 0,017$	$\pm 0,012$	$\pm 0,016$
$u$	<sup>s</sup> -0,057							
$v$	<sup>s</sup> -0,032	-0,005	-0,011	+0,018	+0,040	-0,001	+0,001	-0,013
[vv]	0,0033							
$m'_s$	<sup>s</sup> $\pm 0,02$							
$m$	<sup>s</sup> $\pm 0,008$							

gdzie

 $T^*$  = średnia z wartości  $\frac{1}{2}\{T_W + T_E\}$  dla danej serii, $\Delta d$  = odstęp czasu od północy Greenwich do środka serii w jednostkach dnia, $g'$  i  $G'$  wielkości odczytane z rocznika astronomicznego na dany rok np. rocznik radziecki str. 124 — 131, interpolowane wg  $\Delta d$ , $J'$  z tablicy 3 na str. 17, umieszczonej w teorii efemeryd par Zingera D. K. Kulikowa, $u_s$  = średnia z danej serii $m_p$  = średni błąd jednej pary w danej serii $m_s$  = średni błąd średniej z danej serii $u$  = średnia ogólna ze wszystkich serii $m'_s$  = średni błąd jednej serii (obliczony inną niż poprzednio drogą) $m$  = średni błąd średniej ze wszystkich serii

## LITERATURA

1. ZINGER N, Ob opriedielienii wriemieni po sootwiewstwujuuszczim wysotam razlicznych zwiezd. Zap. imp. Akad. Nauk 25, Nr 2, prił (1874).
2. KULIKOW D. K. Teoria efiemierid par Zingera i katalog 500 par zwiezd w sistiemie FK3 na epochi 1950,0 i 1970,0 lzd. Akad. Nauk SSSR. Moskwa 1951.
3. TRUDY Cienralnogo Nauczno-Isslidowatielskogo Instituta Gieodiezii, Aerosiemki i Kartografii. Wypusk 95. Efiemieridy par Zingera na 1953, 1954 i 1955 g. g. Izdatielstwo gieodieziczieskoj i kartograficzieskoj litieratury. Moskwa 1953.
4. NIETHAMMER TH. Die Genauen Methoden der Astronomisch-Geographischen Ortsbestimmung. Verlag Birkhauser Basel 1947.
5. ALBRECHT TH. Formeln und Hulfstafeln für Geographische Ortsbestimmungen. Vierte Auflage. Leipzig 1908.
6. RABOCZIJE EFIEMIERIDY 500 par zwiezd dla opriedielienija wriemieni po sposobu sootwiewstwujuuszczich wysot (sposob Zingera). Tablicy wyczislieny dla szyrot ot  $+34^{\circ}$  do  $+70^{\circ}$  dla epochi 1950,0. Pod riedakcijej prof. K. A. Cwiewkowa. Goskartogiediezija Leningrad, Moskwa 1931.
7. CWIEWKOW K. A. Prakticzeskaja Astronomia. Wtoroje pierierabotannoje izdanije. Izdatielstwo gieodieziczieskoj i kartograficzieskoj litieratury. Moskwa 1951.
8. BŁAŻKO S. N. Kurs Prakticzeskoj Astronomii. Izdanija tritie. Gosudarstwiennoje Izdatielstwo Tiechniko-Tieorieticzieskoj Litieratury. Moskwa, Leningrad 1951.
9. KĘPIŃSKI F. Wyznaczenie czasu, szerokości geograficznej i azymutu, na mocy obserwacji słońca i gwiazd. Warszawa 1946.
10. KĘPIŃSKI F. Astronomia praktyczna. Warszawa 1951.
11. HOSKINSON A. J. DUERKSEN J. A. Manual of Geodetic Astronomy. Determination of Longitude, Latitude, and Azimuth. Washington 1947.
12. Rocznik astronomiczny na rok 1953. Geodezyjny Instytut Naukowo-Badawczy. Warszawa 1952.
13. LEŚNIOK H. RADECKI J. S. Konsekwencje zastcsowania linii prostych w konstrukcji nitek poziomych w lunetach pomiarowych. Przegląd Geodezyjny 1/1949.
14. ASTRONOMICZIESKIJ JEŻIEGODNIK SSSR na 1953 g. Izdatielstwo Akademii Nauk SSSR. Moskwa, Leningrad 1950.

БЛАЖЕЙ ДУЛЯН

МЕТОД ЦИНГЕРА И ПРИМЕНЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОГО ТЕОДОЛИТА WILD T-4 ДЛЯ ТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВКИ ВРЕМЕНИ ПО ЭТОМУ МЕТОДУ

СОДЕРЖАНИЕ

Астрономическо-геодезические измерения на пунктах Laplace'a заключаются в определении астрономического азимута равно как широты и долготы точки.

Измерения азимута в наших географических условиях выполняются обычно путём наблюдений Полярной звезды астрономическим теодолитом. Теодолит снабжённый в окуляр — микрометр и „Höggebow — Talcott” уровень, что обычно является выполненным в астрономических теодолитах, не представляет препятствий в использовании его и при определениях астрономической широты. Существует, однако, некоторого рода сомнительность в целесообразности использования такого инструмента для определения астрономической долготы с явным предпочтением для полевого пассажного инструмента.

Высоко-качественный, научно обоснованный способ определения астрономических долгот по методу проф. Цингера, имеющий широкое применение в СССР — общеизвестен. Следует полагать, что затруднительность наблюдений перехода звезд через первый вертикал по наклонному пути отстранила исполнителей геодезических работ от более внимательного изучения и применения этого метода.

Исходя из соображения, что применение метода Цингера приводит к достижению результатов по точности не уступающих результатам получаемым с полевого пассажного инструмента, а также учитывая выгоды получения всех трёх элементов одним инструментом при помощи обыкновенного окулярного микрометра, автор обработал и изложил неизысканный способ исполнения точных наблюдений и определения долготы по методу Цингера пользуясь теодолитом „Wild T-4” либо советским А И 2”/10” не прибегая к каким-либо добавочным переделкам.

Предложенный способ заключается в использовании подвижной и постоянных нитей окуляр — микрометра в удерживании изображения звезды в соответствии с её паралактическим углом таким образом, чтобы путь передвижения звезды проходил через центр окулярных нитей.

Наряду с этим автор привёл теоретические выводы метода Цингера, упрощенные формулы Куликова, проанализировал важнейшие источники ошибок, вызванных наклонным положением пути изображения звезды в поле зрения трубы, изложил способ приготовления рабочих эфемерид с приложением номограма вычисления паралактического угла звезды, практические указания по вопросу исполнения наблюдений и редукции иллюстрированные числовым примером, а в заключении — для более полного исчерпания преимуществ метода и облегчения труда — таблицы вычисления редукции астрономических сигналов времени регистрированных по методу Кука-Преипича.

BLAŻEJ DULIAN

LA MÉTHODE DE ZINGER ET L'ADAPTATION DU THÉODOLITE  
ASTRONOMIQUE WILD T-4 POUR LA DÉTERMINATION  
DU TEMPS PRÉCIS PAR CETTE MÉTHODE

RÉSUMÉ

Les observations astronomiques sur les points de Laplace consistent en la détermination de l'azimut, de la latitude et de la longitude astronomique.

Dans nos latitudes géographiques on détermine généralement l'azimut en faisant usage d'un théodolite et en utilisant la méthode d'observation de l'étoile Polaire.

Si le théodolite est muni d'un micromètre d'oculaire et d'un niveau de Horrebov — c'est que possèdent les théodolites astronomiques — il n'y a pas des obstacles à l'employer pour la détermination de la latitude astronomique.

Utilité théodolite pour la détermination de la longitude astronomique est plus ou moins problématique et pour accomplir ce but on emploie souvent l'instrument de passage.

La méthode de Zinger convient parfaitement à la détermination de la longitude par l'usage du théodolite; elle est universellement connue et elle est largement employée dans l'Union Soviétique. Mais

cependant la nécessité d'observation des passages des étoiles dans le voisinage du I-er vertical, où elle passent obliquement, généralement décourage de la prise plus proche de connaissance de cette méthode.

L'auteur encourage à l'usage de la méthode de Zinger plus largement par ce qu'elle permet d'obtenir des résultats de même précision que les résultats obtenus dans le cas qu'on emploie l'instrument de passage transportable et en même temps elle permet de déterminer tous les trois éléments (latitude, longitude, azimut) par usage de théodolite.

L'auteur élabora une simple méthode qui permet de procéder les observations de précision pour la détermination de la longitude par la méthode de Zinger en moyenant un simple micromètre d'oculaire — particulièrement en cas de théodolite Wild T-4 et de théodolite soviétique AU 2"/10" — sans adaptations mécaniques.

Cette méthode consiste en usage d'un fil mobile et d'un filet des fils immobiles du micromètre d'oculaire pour conduire l'image de l'étoile d'après son angle parallactique de cette façon qu'elle passerait par le centre de croix des fils.

L'auteur représente aussi la base théorique de la méthode de Zinger, les formules simplifiées de Kulikow; il fit une analyse des tous les sources les plus importantes des erreurs qui résultent de passage oblique de l'image de l'étoile par la champ visuel de la lunette; il donne une méthode de calculer des éphémérides des étoiles avec le nomogramme pour la calculation d'angle parallactique de l'étoile, quelques information pratiques concernant les processus des observations et des réductions; l'article est illustré par un exemple et d'une table pour la réduction de signaux astronomiques de temps à la réception par la méthode de Kuk-Prejpic.

Toutes ces informations on pour le but rendre accesible l'utilité de la méthode de Zinger.