

3412

PRACE GEODEZYJNEGO INSTYTUTU NAUKOWO-BADAWCZEGO
ТРУДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
TRAVAUX DE L'INSTITUT GEODESIQUE

Nr 14

J. CHWAŁEK

WYZNACZENIE BŁĘDÓW
INSTRUMENTALNYCH
I REKTYFIKACJA TRIANGULATORA
RADIALNEGO P.W.O.

WARSZAWA 1952

PAŃSTWOWE PRZEDSIĘBIORSTWO WYDAWNICTW KARTOGRAFICZNYCH



Redaktor techn.: SIELSKI TADEUSZ

Korektor: STACHURSKA IRENA

PPWK — Zam. nr 29 — nakład 611 egz.

Obj. 1,5 ark. Papier dr. sat. kl. V 70 gr. B1

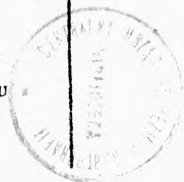
Podpisano do druku 12. III. 1952 roku

Druk ukończono dnia 31. V. 1952 roku

E R R A T A

Str.	Wiersz	Wydrukowano	Powinno być
3	od dołu 10	O_1 i O_2	O_1 i O_p
7	od góry 7	„e“	„e _z ”
7	od dołu 16	obrano 8	obrano po 8
7	„ 2	np.:	nast.
10	„ 6	00,0019	0,0019
11	„ 9	$\gamma_1 = 200^g - \alpha$	$\gamma_1 = 200^g - \alpha$ (6)
12	rysunek 15	punkt przecięcia prostych AB i CD powinien być oznaczony O	
12	od dołu 18	$\beta - 1/2..$	$\beta = 1/2....$
12	„ 17	$\gamma - 1/2..$	$\gamma = 1/2....$
13	rysunek 16	zmienić oznaczenia dolnych krzyżyków z 2 na 3 i z 3 na 2	
16	od góry 14	(23)	(13)

3412



WYZNACZENIE BŁĘDÓW INSTRUMENTALNYCH I REKTYFIKACJA TRIANGULATORA RADIALNEGO P. W. O.

Aby móc przetworzyć zdjęcia lotnicze na plan, trzeba posiadać dla każdego zdjęcia co najmniej 4 punkty o znanych współrzędnych, które uzyskuje się zwykle drogą zagęszczenia istniejącej sieci triangulacji podstawowej. Jedną z metod służących do tego celu jest triangulacja radialna, polegająca na rozwiązaniu łańcuchów trójkątów, specjalnego kształtu, w których kąty są mierzone nie w terenie, a na negatywach przy pomocy instrumentów, zwanych triangulatorami radialnymi.

Triangulator radialny firmy P.W.O. służy do bezpośredniego pomiaru na zdjęciach lotniczych kierunków z punktu głównego, nadirowego, lub izocentrycznego, przy zastosowaniu efektu stereoskopowego.

Jak każdy przyrząd pomiarowy, tak i triangulator radialny P.W.O. posiada w wykonaniu pewne odchylenia od teoretycznych założeń konstrukcyjnych, które sprawiają, że wykonane na tym instrumencie obserwacje są obciążone pewnymi błędami systematycznymi, zwanymi błędami instrumentalnymi.

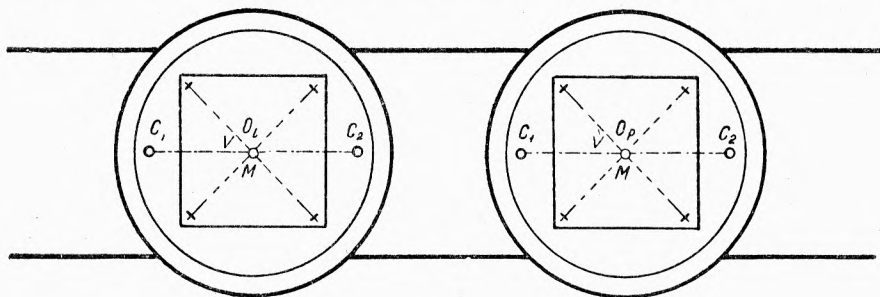
Triangulator radialny musi spełniać następujące warunki geometryczne, wynikające z teoretycznych założeń konstrukcyjnych:

- 1) Znaczkі pomiarowe M_1 i M_2 , umieszczone w systemach obserwacyjnych, winny leżeć na osiach obrotów limbusów O_1 i O_2 (rys. 1).
- 2) Łącznica czopów C_1 , C_2 , umieszczonych na limbusie dla przytrzymywania tarcz, winna przechodzić przez środek obrotu limbusa.
- 3) Punkt główny — krzyżyk środkowy tarczy winien pokrywać się z osią obrotu limbusa.
- 4) Prowadnica winna posiadać kształt linii prostej i być równoległa do łącznicy znaczków pomiarowych.
- 5) Podział limbusa winien być prawidłowy.

W celu wyznaczenia wielkości tych błędów przeprowadzono odpowiednie obserwacje w Zakładzie Fotogrametrii Politechniki Warszaw-

skiej na triangulatorze radialnym P.W.O. nr 006 oraz analizę ich wpływu na pomiar kierunków.

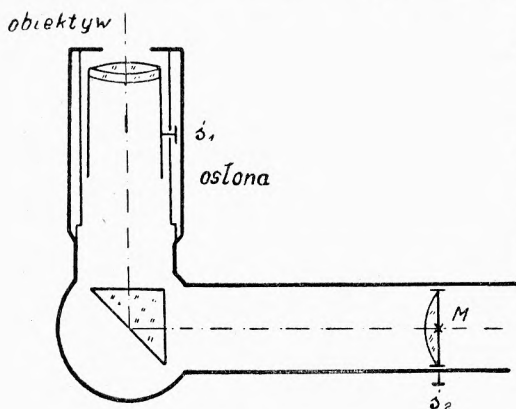
Po wyznaczeniu wielkości odchyień od założeń teoretycznych, o ile przekraczają one wymagane granice dokładności, niektóre z nich można usunąć samemu, a o usunięciu innych trzeba się zwrócić do fabryki.



Rys. 1

Do błędów, które można samemu usunąć, należą: niecentryczne położenie środkowych krzyżyków na tarczach, paralaksa i mimośród znaczków pomiarowych.

W celu usunięcia pierwszych należy odśrubować płytę szklaną, na której są nacięte znaczki i przez podkładanie odpowiedniej grubości



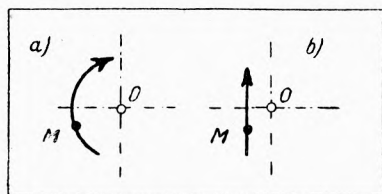
Rys. 2

skrawków preszpanu względnie papieru rysunkowego doprowadzić do położenia właściwego.

Rektyfikacja znaczków pomiarowych jest przewidziana konstrukcyjnie. Znaczki są umieszczone za obiektywami mikroskopów (rys. 2), które osadzone są mimośrodowo. Dla usunięcia paralaksy, należy odkręcić osłonę, zwolnić śrubkę s_1 i przesunąć odpowiednio obiektyw w górę lub na dół. W celu przeprowadzenia rektyfikacji obserwujemy jeden z bocz-

nych krzyżyków tarczy przy dwu położeniach wózka (środek tarczy z lewej strony, drugi raz z prawej strony znaczka pomiarowego). Średnia z odczytów da nam właściwe położenie znaczka. Nastawiamy więc tarczę na odczyt średni i zwalniamy śrubkę s_1 . Naprowadzamy znaczek pomiarowy na punkt obserwowany obracając obiektyw dookoła jego osi i przesuwając wózek w odpowiednim kierunku. Przez pokręcanie obiekty-

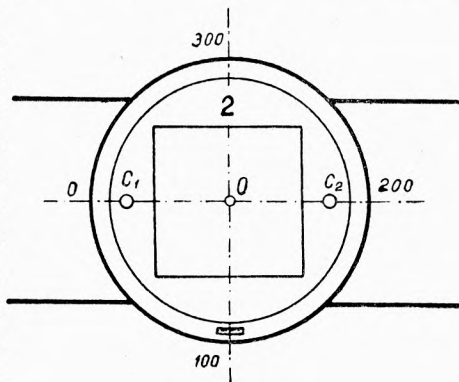
wu przesuwamy znaczek pomiarowy wzdłuż pewnej krzywej jak pokazane na rys. 3a, a przez ruch wózka przesuwamy znaczek wzdłuż prowadnic. Jeżeli ruch mimośrodowy obiektywu nie wystarcza, wówczas



Rys. 3

musimy przesunąć nieco znaczek za pomocą śrubki s_2 (rys. 2). W tym przypadku znaczek pomiarowy przesunie się w kierunku prostopadłym do prowadnic, jak pokazano na rysunku 3b. Przesuwanie śruby s_2 jest mniej wygodne toteż zwykle używa się jej do przesunięć większych, a drobne przesunięcia wykonujemy za pomocą mimośrodowego ruchu obiektywu.

Przed przystąpieniem do wyznaczenia błędów instrumentalnych postępując w wyżej opisany sposób usunięto do minimum niecentryczne położenie środkowych krzyżyków na tarczach, paralaksę i mimośród znaczków pomiarowych. Usuwając niecentryczne położenie krzyżyków na tarczach stwierdzono, że poszczególne tarcze dadzą się zrektyfikować tylko dla jednego limbusa, ponieważ oba limbasy posiadają różne mimośrodowe. Uwzględniając więc metodę pracy na radialnym triangulatorze zrektyfikowano tarcze nr 2 i nr 4 dla limbusa lewego, a tarcze nr 1 i nr 3 dla limbusa prawego, przy takim położeniu, że przy odczycie 100° numer tarczy znajduje się po przeciwnej stronie dolnego noniusza (rys. 4). Do usunięcia paralaksy i mimośrodu znacznika pomiarowego użyto tarczy nr 2 dla limbusa lewego, a tarczy nr. 1 dla limbusa prawego.



Rys. 4

Po zrektyfikowaniu tarcz i po usunięciu (w granicach dokładności obserwacji) paralaksy oraz mimośrodu znaczków pomiarowych przystąpiono do wyznaczenia wielkości błędów instrumentalnych według niżej podanej teorii.

1. MIMOŚRÓD ZNACZKA POMIAROWEGO

Przyjmujemy, że znaczek pomiarowy M_1 nie pokrywa się ze środkiem obrotu limbusa O_1 , lecz jest oddalony od niego o wielkość liniową „ e_z ” zwaną mimośrodem znacznika pomiarowego (rys. 5).

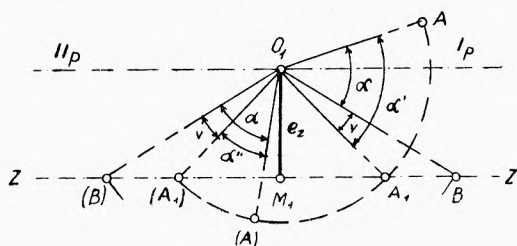
Ze względu na budowę triangulatora radialnego, mimośrodem znacznika pomiarowego będzie odległość „ e_z ” osi obrotu limbusa O_1 od prostej

Z-Z przechodzącej przez znaczek pomiarowy i równoległej do kierunku przesuwania się wózka.

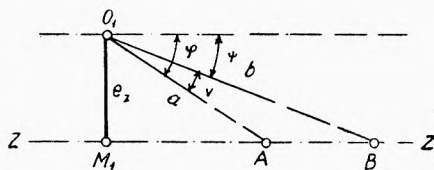
Wpływ mimośrodów znaczka na pomiar kąta α wyrazi się w postaci kąta v powstałego wskutek różnicy długości ramion.

Pomiar kąta α na limbusie możemy wykonać w dwojaki sposób: 1) obserwując odpowiednie kierunki przy położeniu środka tarczy z lewej strony (I położenie), 2) obserwując odpowiednie kierunki przy położeniu środka tarczy z prawej strony znaczka pomiarowego (II położenie).

Z rysunku 5-go widzimy, że przy pierwszym położeniu zamiast szukanego kąta α mierzymy jakiś kąt $\alpha' = \alpha + v$, a przy drugim położeniu $\alpha'' = \alpha - v$. Prawdziwą wartość kąta α oraz jego błąd wyrażony w postaci kąta v otrzymamy z wzoru:



Rys. 5



Rys. 6

I położenie:

$$\alpha + v = \alpha'$$

II położenie:

$$\alpha - v = \alpha'' \quad \text{stąd}$$

$$\alpha = \frac{\alpha' + \alpha''}{2} \quad \text{i}$$

$$v = \frac{\alpha' - \alpha''}{2} \quad (1)$$

Z rysunku 6-go wielkość kątowna

$$v = \varphi - \psi$$

Z trójkąta prostokątnego O_1M_1A mamy

$$e_z = a \cdot \sin \varphi \quad \text{stąd}$$

$$\sin \varphi = \frac{e_z}{a} \quad \text{lub} \quad \varphi^c = \frac{e_z}{a} \cdot \rho^c$$

Z trójkąta prostokątnego O_1M_1B mamy

$$e_z = b \cdot \sin \psi \quad \text{stąd} \quad \sin \psi = \frac{e_z}{b} \quad \text{lub} \quad \psi^c = \frac{e_z}{b} \cdot \rho^c$$

Wstawiając otrzymane φ i ψ do równania $v = \varphi - \psi$ otrzymamy

$$v^c = \left(\frac{e_z}{a} - \frac{e_z}{b} \right) \cdot \rho^c \quad \text{lub}$$

$$v^c = \frac{b - a}{a \cdot b} \cdot e_z \cdot \rho^c$$

stąd wielkość liniowa mimośrodu

$$e_z = \frac{a \cdot b}{(b - a) \cdot \rho^c} \cdot v^c \quad (2)$$

gdzie: a i b = długości ramion kąta (rys. 6)

v^c = błąd kąta α wyliczony z wzoru (1).

Z wzoru (2) wynika, że jeżeli długości ramion są równe, to wpływ mimośrodu znaczka pomiarowego na pomiar kąta jest równy zeru.

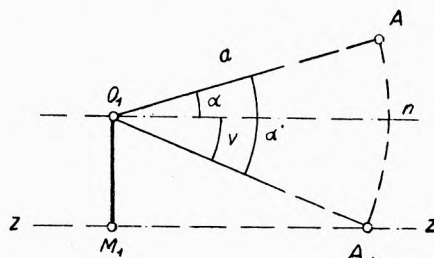
Wpływ mimośrodów znaczków pomiarowych na pomiar kierunku

Celem wyznaczenia kierunku O_1A musimy przesunąć i obrócić tarczę tak, by punkt A pokrył się ze znacznikiem pomiarowym. Przy założeniu, że znaczek pomiarowy pokrywa się z osią obrotu limbusa O_1 , punkt A ułoży się na prostej n przechodzącej przez O_1 i równoległej do kierunku ruchu wózka (rys. 7). W wypadku istnienia mimośrodu znaczków pomiarowych „e” punkt A sprowadzamy na prostą $Z-Z$, wskutek czego kierunek ten będzie obciążony błędem v . Zamiast odczytu α zrobimy odczyt $\alpha' = \alpha + v$.

Znając wielkość liniową „ e_z ” i długość ramienia „ a ”, z trójkąta prostokątnego $O_1M_1A_1$ wyznaczmy wartość v błędu kierunku:

$$\sin v = \frac{e_z}{a} \quad \text{zatem} \\ v^c = \frac{e_z}{a} \rho^c \quad (3)$$

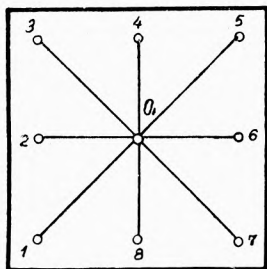
Jak wynika z wzoru (3) wielkość błędu v zależy od długości ramienia „ a ” i jest tym większa im długość ramienia jest krótsza („ ρ^c ” i „ e_z ” są wielkościami stałymi).



Rys. 7

Wyznaczenie mimośrodu znaczków pomiarowych

Do wyznaczenia wielkości liniowej mimośrodu znaczków pomiarowych użyto dwu płytek probierczych (klisza z odfotografowaną siatką kwadratów, bok kwadratu $a = 1$ cm). Na płytkach tych obrano 8 punktów symetrycznie ułożonych względem środka o różnej odległości punktów parzystych i nieparzystych od osi obrotu O_1 (rys. 8), a mianowicie $O_12 = O_14 = O_16 = O_18 = a$ i $O_11 = O_13 = O_15 = O_17 = b$.



Rys. 8

Symetryczność położenia pozwoliła na wyeliminowanie wpływu błędów podziału limbusa. Celem wyeliminowania mimośrodu tarcz (limbusa) wykonano obserwacje przy dwu położeniach tarcz: normalnym i obroconym o 200° , przyjmując do obliczeń średnie z odczytów.

Z zaobserwowanych kierunków w dwu położeniach wózka wyliczono osiem kątów w położeniu I-szym i osiem tych samych kątów w położeniu II-gim. Płytki probiercze umieszczono np.: jedną na tarczy nr 4 dla limbusa lewego, drugą na tarczy nr 1 dla limbusa prawego.

Wielkość liniową mimośrodów „ e_z ” obliczono z wzoru:

$$e_z = \frac{a \cdot b}{(b - a) \cdot \rho^c} \cdot v^c$$

i otrzymano następujące wyniki:

Mimośród lewego znacznika pomiarowego: $e_z = + 0,0326 \pm 0,006$ mm.

Mimośród prawego znacznika pomiarowego: $e_z = - 0,0292 \pm 0,005$ mm.

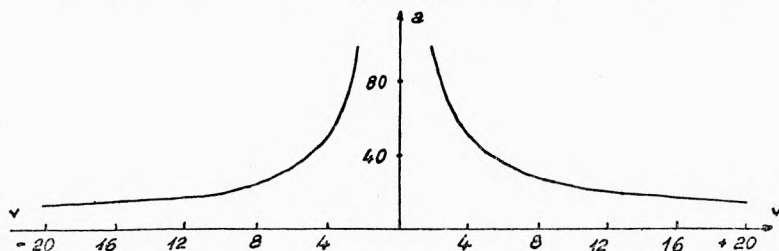
Podstawiając otrzymane wielkości do równania (3) $v^c = \frac{e_z}{a} \cdot \rho^c$

przy założeniu, że „ a ” zmienia się w granicach od 10 do 100 mm otrzymano wykres zmienności błędów v (rys. 9),

dla lewego znacznika pomiarowego $v^c = \frac{+ 0,033}{a} \cdot \rho^c$

dla prawego znacznika pomiarowego $v^c = \frac{- 0,029}{a} \cdot \rho^c$

limbus prawy		limbus lewy	
a w mm	v w centigradach	a w mm	v w centigradach
1	185,87	1	207,53
2	92,83	2	103,76
6	30,97	6	34,59
10	18,59	10	20,75
20	9,29	20	10,38
30	6,20	30	6,92
40	4,65	40	5,19
50	3,72	50	4,15
60	3,10	60	3,46
70	2,66	70	2,96
80	2,32	80	2,59
85	2,19	85	2,44
90	2,06	90	2,30
100	1,86	100	2,07



Rys. 9

Z uwagi na nieuniknione błędy przypadkowe radialnej triangulacji, wywołane grubością ziarna emulsji i nieregularną deformacją filmu, dokładność z jaką zrektyfikowano ekscentryczność znaczków pomiarowych jest wystarczająca.

2. WYZNACZENIE MIMOŚRODU LIMBUSÓW

Tarcze radialnego triangulatora, w które wkłada się negatywy, umocowane są na limbusie w ten sposób, że można je przekładać o 200^g . Na limbusach są osadzone średnicowo dwa czopy, w tarczach zrobione są dokładnie im odpowiadające otwory. Aby otrzymać tę samą wartość mierzonego kąta, przy dwu położeniach tarczy, musi łącznica tych czopów przechodzić przez oś obrotu tarczy. W przypadku przeciwnym będziemy mieli do czynienia z mimośrodem limbusa, którym będzie odległość łącznicy czopów od osi obrotu tarczy (rys. 10).

Celem wyznaczenia wielkości tego mimośrodu, obierzmy sobie jakieś dwa punkty A i B w ten sposób, by ich łącznica znajdowała się możliwie blisko łącznicy czopów i była do niej równoległa oraz, by odległości tych punktów od środka obrotu tarczy były sobie równe. Kierunki do tych punktów możemy pomierzyć przy obu położeniach tarczy.

Z rysunku 11-go mimośród tarczy

$$e_t = r - t \quad \text{gdzie}$$

$$r = a \cdot \sin \frac{\xi}{2} = \frac{\xi}{2} \cdot \frac{a}{\rho^c}$$

Kąt $\xi/2$ obliczymy na podstawie odczytów kierunków OA i OB z wzoru:

$$\xi/2 = 1/2 \{200^g - [(OA) - (OB)]\}$$

Dalej z rysunku 11-go mamy:

$$2t = a \cdot \sin \eta/2 = \eta/2 \cdot a/\rho^c$$

$$t = \eta/4 \cdot a/\rho^c$$

Kąt $\eta/4$ otrzymamy również na podstawie odczytów kierunków OA i OB wykonanych przy jednym położeniu tarczy oraz OA_1 i OB_1 wykonanych po przełożeniu tarczy o 200^g z wzoru:

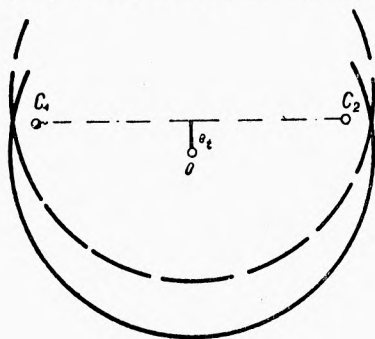
$$\eta/4 = 1/2 \cdot \{ |(OB_1) - (OA_1)| - [(OA) - (OB)] \}$$

wobec tego

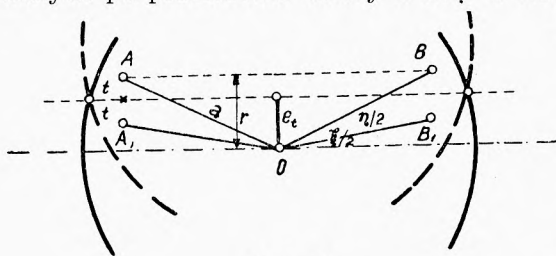
$$e_t = r - t = \xi/2 \cdot a/\rho^c - \eta/4 \cdot a/\rho^c \quad \text{i ostatecznie}$$

mimośród limbusa

$$e_t = a/\rho^c \cdot (\xi/2 - \eta/4) \quad (4)$$



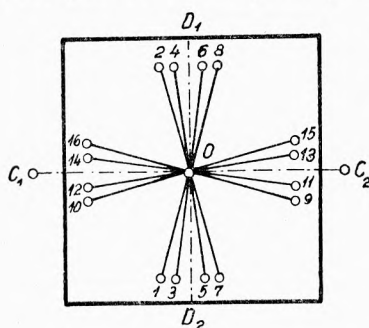
Rys. 10



Rys. 11

Ze względu na charakter i wpływ mimośrodu limbusów na pomiar kierunków, należy znać jego wielkość i kierunek umieszczenia na limbusie. W tym celu musimy z wzoru (4) znaleźć składową poziomą i pionową mimośrodu.

Do znalezienia tych wielkości użyto płytek probierczych, na których obrano po 16 punktów ułożonych symetrycznie względem środka i dwu prostych do siebie prostopadłych (rys. 12).



Rys. 12

Punkty (rys. 12) położone blisko i symetrycznie względem prostej D_1-D_2 , użyte zostały do wyznaczenia składowej poziomej mimośrodowo dlatego, że ta składowa będąc prostopadłą do tych kierunków da nam większy efekt w postaci różnicy odczytanych kierunków. Na tej samej zasadzie, składową pionową wyznaczono z pozostałych punktów położonych symetrycznie względem prostej C_1-C_2 prostopadłej do prostej D_1-D_2 i przechodzącej przez jej środek.

Do obserwacji użyto dwu płytek probierczych, umieszczając je kolejno na czterech tarczach, pierwszą na tarczach nr: 2, 4, drugą na tarczach nr: 1, 3. Obserwacje kierunków wykonano czterokrotnie dla każdej tarczy, układając ją na limbusie lewym i prawym, raz w położeniu I-II (normalne), drugi raz w położeniu II-I (obrócone o 200°). Celem wyeliminowania wpływu, poprzednio wyznaczonego mimośrodowo znaczka pomiarowego, obserwowano kierunki przy dwu położeniach wózka w stosunku do znaczka pomiarowego, a do obliczeń przyjęto średnie z odczytów.

Po podstawieniu do wzoru (4) wyników obserwacji kierunków otrzymano następujące wartości mimośrodowo limbusa:

Limbus lewy

	składowa pozioma	składowa pionowa
tarcza nr. 1	$e_t = - 0,1664 \pm 0,0018 \text{ mm}$	$e_t = + 0,0225 \pm 0,0013 \text{ mm}$
tarcza nr. 2	$e_t = - 0,1652 \pm 0,0007 \text{ mm}$	$e_t = + 0,0184 \pm 0,0009 \text{ mm}$
tarcza nr. 3	$e_t = - 0,1560 \pm 0,0010 \text{ mm}$	$e_t = + 0,0162 \pm 0,0012 \text{ mm}$
tarcza nr. 4	$e_t = - 0,1630 \pm 0,0020 \text{ mm}$	$e_t = + 0,0049 \pm 0,0020 \text{ mm}$

Limbus prawy

	składowa pozioma	składowa pionowa
tarcza nr. 1	$e_t = + 0,0826 \pm 0,0019 \text{ mm}$	$e_t = - 0,2292 \pm 0,0026 \text{ mm}$
tarcza nr. 2	$e_t = + 0,0830 \pm 0,0019 \text{ mm}$	$e_t = - 0,2315 \pm 0,0023 \text{ mm}$
tarcza nr. 3	$e_t = + 0,0941 \pm 0,0014 \text{ mm}$	$e_t = - 0,2259 \pm 0,0035 \text{ mm}$
tarcza nr. 4	$e_t = + 0,0856 \pm 0,0018 \text{ mm}$	$e_t = - 0,2276 \pm 0,0024 \text{ mm}$

Ostateczne składowe wyliczono jako średnie z obserwacji czterech tarcz (nr: 1, 2, 3, 4), otrzymując w wyniku następujące wartości składowych:

Limbus lewy

Składowa pionowa $x = + 0,0175 \pm 0,0026$ mm

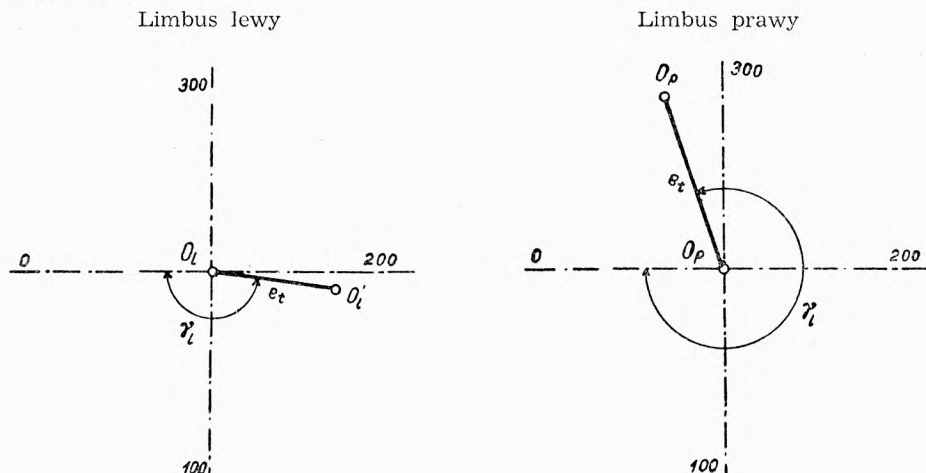
Składowa pozioma $y = - 0,1626 \pm 0,0024$ mm

Limbus prawy

Składowa pionowa $x = - 0,2287 \pm 0,0011$ mm

Składowa pozioma $y = + 0,0826 \pm 0,0029$ mm

Rysunek 13-ty ilustruje nam rozmieszczenie mimośrodków na obu limbusach



Rys. 13

Elementy mimośrodu e_t i γ_l (rys. 14) wyliczono z wzorów:

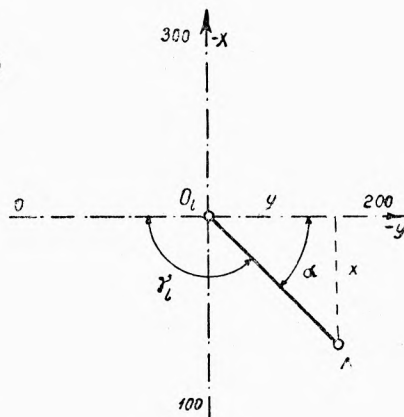
$$e_t = \sqrt{y^2 + x^2} \quad (5)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y}$$

$$\gamma_l = 200^\circ - \alpha$$

i otrzymano następujące wyniki:

Limbus lewy	Limbus prawy
$e_t = 0,1634$ mm	$e_t = 0,2449$ mm
$\gamma_l = 193^\circ 17',5$	$\gamma_l = 323^\circ 28',5$



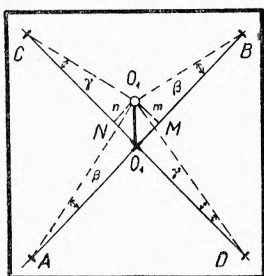
Rys. 14

3. WYZNACZENIE MIMOŚRODU PUNKTU GŁÓWNEGO TARCZY

Ważną jest rzeczą, aby krzyżyk środkowy tarczy leżał na jej osi obrotu, w przeciwnym bowiem razie wykonana triangulacja radialna nie będzie ani z punktów głównych, ani nadirowych, ani izocentrycznych,

ale z jakichś zupełnie innych przesuniętych o stałą wielkość w stosunku do punktów głównych. Wielkość tego przesunięcia nazywamy mimośrodem punktu głównego tarczy.

W celu wyznaczenia mimośrodu punktu głównego tarczy obrano na płytce probierczej cztery punkty symetrycznie ułożone względem środka i w równej odległości od niego (rys. 15), w ten sposób, by w przybliżeniu pokrywały się z krzyżykami bocznymi tarczy. Jak widać z rysunku 15-go krzyżyk środkowy znajduje się w punkcie O odległym od osi obrotu O_1 o wielkość V . Oznaczmy odległość osi obrotu O_1 od prostych AB i CD odpowiednio przez n i m , wreszcie odległości punktów A, B, C i D od osi obrotu przez a .



Rys. 15

Celem wyznaczenia mimośrodu V mierzymy kierunki do punktów A, B, C i D , przy dwu położeniach wózka eliminując w ten sposób wpływ mimośrodu znaczka pomiarowego.

Następnie obliczamy kąty β i γ z wzorów:

$$\beta = 1/2 [200'' - (O_1A) - (O_1B)]$$

$$\gamma = 1/2 [200'' - (O_1C) - (O_1D)]$$

Z trójkątów prostokątnych O_1MB i O_1NC otrzymamy

$$m = \frac{a}{\rho^c} \cdot \beta \quad \text{ i } \quad n = \frac{a}{\rho^c} \cdot \gamma$$

Wreszcie, ponieważ $OM = NO_1 = n$ otrzymamy

$$V^2 = m^2 + n^2 \quad \text{ czyli }$$

$$V^2 = \frac{a^2}{\rho^2} \cdot \beta^2 + \frac{a^2}{\rho^2} \cdot \gamma^2 \quad \text{ a stąd }$$

$$V = \frac{a}{\rho} \cdot \sqrt{\beta^2 + \gamma^2} \quad (7)$$

Zbadane w powyższy sposób cztery tarcze nr: 1, 2, 3, 4 wykazały następujące mimośrody punktów głównych tarcz:

Limbus lewy		Limbus prawy	
tarcza nr	położenie I-II	tarcza nr	położenie I-II
2	$V = 0,0192 \pm 0,0013 \text{ mm}$	1	$V = 0,0229 \pm 0,0056 \text{ mm}$
4	$V = 0,0252 \pm 0,0037 \text{ mm}$	3	$V = 0,0314 \pm 0,0016 \text{ mm}$

skąd wniosek, że tarcze zostały zrektyfikowane z wystarczającą dokładnością.

Również nie bez znaczenia na wyniki triangulacji radialnej jest dokładność z jaką zostały na płycie nacięte znaczki boczne, służące do cen-

trowania negatywów. Punkt przecięcia łącznic przeciwległych znaczków powinien pokrywać się ze środkowym krzyżykiem, w przeciwnym wypadku będzie występował mimośród krzyżyka „v“, równy odległości krzyżyka środkowego tarczy od punktu przecięcia się łącznic.

Celem wyznaczenia tego przesunięcia pomierzono na koordynatografie współrzędne krzyżyków środkowego i bocznych. Współrzędne punktu O_1 (rys. 16) obliczono w sposób następujący:

Równanie prostej 1-2 jest:

$$(y_1 - y_2) \cdot x - (x_1 - x_2) \cdot y = - (x_1 y_2 - x_2 y_1),$$

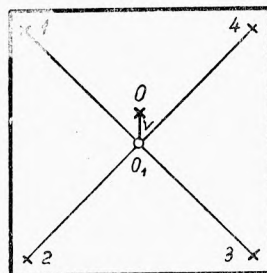
oznaczając:

$$y_1 - y_2 = a_1$$

$$x_1 - x_2 = b_1 \quad \text{oraz}$$

$$- (x_1 y_2 - x_2 y_1) = c_1 \quad \text{otrzymamy}$$

$$a_1 x - b_1 y = c_1 \quad (8)$$



Rys. 16

postępując analogicznie otrzymamy dla prostej 3-4 następujące równanie:

$$a_2 x - b_2 y = c_2 \quad (9)$$

Z równań (8) i (9) możemy napisać:

$$x = \frac{c_1 b_2 - c_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \quad y = \frac{c_2 a_1 - c_1 a_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$$

oznaczając: $c_1 b_2 - c_2 b_1 = 1_x$, $c_2 a_1 - c_1 a_2 = 1_y$

$$\text{i } a_1 b_2 - a_2 b_1 = W$$

otrzymamy ostatecznie współrzędne szukanego punktu:

$$x = \frac{1_x}{W} \quad \text{i} \quad y = \frac{1_y}{W}$$

Znając współrzędne środkowego krzyżyka obliczamy mimośród krzyżyka według wzoru:

$$v = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} \quad (10) \quad \text{gdzie}$$

Δy i Δx oznaczają różnice współrzędnych środkowego krzyżyka i punktu przecięcia łącznic przeciwległych krzyżyków bocznych.

W wyniku obserwacji i obliczeń otrzymano następujące wartości mimośrodu „v“:

$$\text{tarcza nr 1 } v = 0,071 \text{ mm}$$

$$\text{tarcza nr 2 } v = 0,040 \text{ mm}$$

$$\text{tarcza nr 3 } v = 0,191 \text{ mm}$$

$$\text{tarcza nr 4 } v = 0,021 \text{ mm}$$

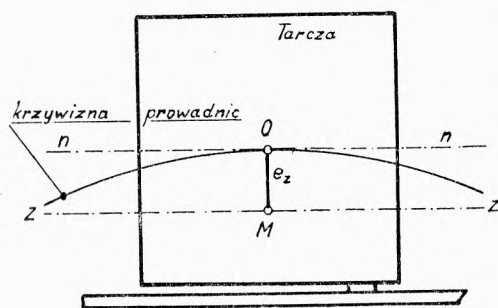
Tarcza nr 3 ze względu na duże przesunięcie krzyżyka środkowego względem punktu przecięcia łącznic przeciwległych krzyżyków bocznych nie powinna być używana do obserwacji.

4. PROSTOLINOWOŚĆ PROWADNIC

Zachowanie prostoliniowości prowadnic ma zasadnicze znaczenie dla dokładności obserwacji.

Jeżeli przesuwanie wózków nie jest prostoliniowe, to zmienność położenia środka obrotu tarczy względem znaczką pomiarowego wyrazi się w zmienności mimośrodów znaczką. Zaobserwowane wówczas kierunki o różnych długościach ramion będą obarczone różnymi mimośrodami znaczków pomiarowych.

W celu zbadania prostoliniowości prowadnic, układa się na tarczach płytki szklane z wrytymi na nich liniami prostymi tak, by przechodziły one przez osie obrotów tarcz. Po takim ułożeniu przesuwamy wózek w kierunku prawo-lewo i obracamy tarczę tak, by znaczek pomiarowy wypadł raz na jednym, drugi raz na drugim końcu obserwowanej



Rys. 17

linii, tj. wykonujemy podobną czynność jak przy strojeniu baz. Jeżeli prowadnice są prostoliniowe to po zestrojeniu, podczas przesuwania wózka znaczek pomiarowy będzie stałe pozostawał na linii, względnie będzie od niej oddalony o stałą wielkość (w przypadku istnienia mimośrodu znaczką pomiarowego). Jeżeli natomiast odległość znaczką od linii będzie się zmieniała, będzie to świadczyło o nieprostoliniowości prowadnic. Chcąc w tym przypadku wprowadzić redukcję ze względu na brak prostoliniowości, należy wyznaczyć przyrost zmienności mimośrodu Δe_z w każdym położeniu wózka. Miarą przesunięcia wózka od położenia normalnego będą odczyty podziałki liniowej (noniusz związany z ruchem podłużnym tarczy da nam odczyty na stałej podziałce liniowej, umieszczonej wzdłuż prowadnic triangulatora), zaś miarą przyrostu mimośrodu Δe_z odległości poszczególnych punktów krzywej od prostej n (rys. 17).

Przeprowadzając badanie w wyżej opisany sposób stwierdzono, że prostoliniowość prowadnic jest zachowana w granicach dokładności obserwacji.

5. BŁĘDY PODZIAŁU LIMBUSÓW

Błędy podziału limbusów są dwójakiego rodzaju: przypadkowe i systematyczne. Błędy przypadkowe powstają wskutek odchyłania się noża w chwili nacinania kreski, a błędy systematyczne powstają wskutek niecentrycznego ułożenia limbusa na maszynie podziałowej. Niecentryczne

ułożenie limbusem powoduje zmniejszanie się względnie zwiększanie odstępów poszczególnych kresek na pewnych obszarach limbusem przechodząc stopniowo od jednych do drugich.

W wyniku, mierzony na różnych miejscach limbusem, kąt α otrzyma różne wartości. Najprawdopodobniejszą wartość kąta α wyznaczymy jako średnią z n pomiarów, wolną od wpływu błędu systematycznego podziału według wzoru:

$$\alpha = \frac{[\alpha']}{n}$$

przyjmując, że obserwacje będą wykonane symetrycznie na całym limbusie.

Wyznaczenie błędu systematycznego podziału limbusem, przeprowadzono metodą pomiaru stałego kąta, zaznaczonego na płytce probierczej i odkładanego w równych odstępach (50-gradowych) na całym obwodzie limbusem.

Błędy poszczególnych kresek wyliczono na podstawie wzoru:

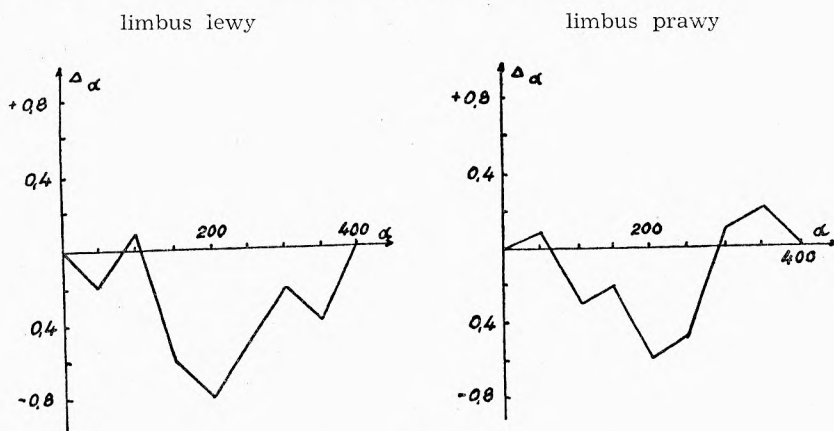
$$\Delta\alpha = \alpha_n - \alpha + \Delta_{n-1} \quad (11)$$

zakładając, że błąd kreski zerowej Δ_0 równa się zero.

W rezultacie otrzymano następujące wartości błędów:

$\Delta\alpha$	Δ_0	Δ_{50}	Δ_{100}	Δ_{150}	Δ_{200}	Δ_{250}	Δ_{300}	Δ_{350}	Δ_{400}
Limbus lewy	0,0	-0,2	+0,1	-0,6	-0,8	-0,5	-0,2	-0,4	0,0
Limbus prawy	0,0	+0,1	-0,3	-0,2	-0,6	-0,5	+0,1	+0,2	0,0

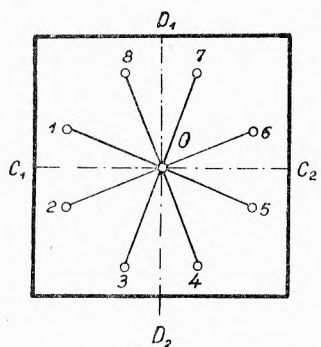
Wyliczone błędy kresek według wzoru (11), przedstawione na wykresach (rys. 18), nie przekraczają dokładności odczytu.



Rys. 18

6. WYZNACZENIE MIEJSCA ZERA NONIUSZY LEWEGO I PRAWEGO LIMBUSA

Do wyznaczenia miejsca zera noniuszy, użyto dwu płytek probierczych, na których obrano po 8 punktów symetrycznie ułożonych względem środka i dwu prostych wzajemnie prostopadłych (rys. 19). Płytki te ułożono następująco: jedną na tarczy nr 2 i lewym limbusie, drugą na tarczy nr 1 i prawym limbusie, w ten sposób, by jedna z prostych prostopadłych przechodziła przez zero noniusza.



Rys. 19

Jeżeli oznaczymy przez O_i odczyt pomierzonego kierunku, a przez m_o miejsce zera, to dla naszego przykładu będziemy mieli:

$$m'_o = \frac{\frac{O_1 + O_2}{2} + \frac{O_5 + O_6}{2}}{2} \text{ i analogicznie} \quad (12)$$

$$m''_o = \frac{\frac{O_3 + O_4}{2} + \frac{O_7 + O_8}{2}}{2} \quad (23)$$

m'_o powinno być różne od m''_o o 100° , w przypadku otrzymania różnicy $\neq 100^\circ$ należy wziąć wartość średnią, zatem miejsce zera

$$m_o = \frac{m'_o + m''_o}{2} \quad (14)$$

Kierunki do wyżej wymienionych punktów, pomierzono przy jednym położeniu wózka. Podstawiając wyniki pomiarów do wzorów: (12), (13) i (14) otrzymano, że

miejsce zera noniusza lewego limbusa = $2^{\text{h}}68^{\text{c}}$

miejsce zera noniusza prawego limbusa = $1^{\text{h}}64^{\text{c}}$

7. ŚCISŁE WYZNACZENIE ELEMENTÓW MIMOŚRODU LIMBUSÓW

Do ścisłego wyznaczenia elementów mimośrodu limbusów użyto tak jak poprzednio, dwu płytek probierczych. Jedną z nich umieszczono na tarczy nr 2 i lewym limbusie, a drugą na tarczy nr 1 i prawym limbusie. Na obu płytkach obrano po 8 punktów symetrycznie ułożonych względem środka (rys. 20). Tak zaznaczone kierunki zaobserwowano przy dwu położeniach tarcz na limbusie, różnych o 200° , przy położeniu I-II i przy położeniu II-I. Ponieważ tarcze zostały zrektyfikowane dla położenia I-II przyjęto więc, że kierunki zaobserwowane przy tym położeniu są wolne od wpływu błędów, a kierunki zaobserwowane w położeniu II-I są obciążone błędami. Wobec tego kierunki pomierzone przy po-

łożeniu II-I należy tak poprawić, by otrzymane wyniki były identyczne lub zbliżone do kierunków zaobserwowanych przy położeniu I-II. Rysunek 21 wskazuje nam położenie środka obrotu tarczy (O_1) przy położeniu I-II w stosunku do środka obrotu tarczy (O_2) przy położeniu II-I. Jak więc wskazują powyższe rozważania kierunek O_2A , zmierzony przy położeniu II-I należy zredukować o kąt Δ_i do środka O_1 .

Oznaczając (rys. 21):

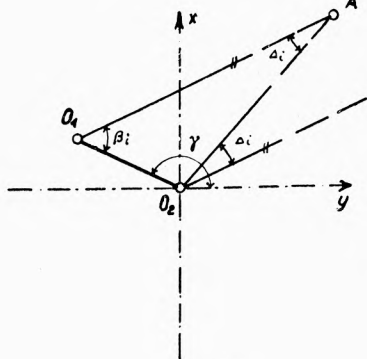
S — mimośród limbusa

a — długość ramienia

mamy:

$$\sin \Delta_i = \frac{S}{a} \cdot \sin \beta_i \quad \text{ale}$$

$$\beta_i = \gamma - O'_i \quad \text{gdzie}$$



Rys. 21

O'_i — odczyt kierunku przy położeniu II-I

γ — kierunek mimośrodu

wobec tego

$$\sin \Delta_i = \frac{S}{a} \cdot \sin (\gamma - O'_i) \quad \text{lub}$$

$$\Delta_i \sin 1^c = \frac{S}{a} \cdot \sin (\gamma - O'_i)$$

przekształcając $\sin (\gamma - O'_i)$ otrzymujemy

$$\Delta_i \sin 1^c = \frac{S}{a} \cdot \sin \gamma \cdot \cos O'_i -$$

$$- \frac{S}{a} \cdot \cos \gamma \cdot \sin O'_i \quad \text{stąd}$$

$$\Delta_i = \frac{\cos O'_i}{a \sin 1^c} \cdot S \cdot \sin \gamma - \frac{\sin O'_i}{a \sin 1^c} \cdot S \cdot \cos \gamma \quad \text{lub}$$

$$\Delta_i = - \frac{\sin O'_i}{a \sin 1^c} \cdot S \cos \gamma + \frac{\cos O'_i}{a \sin 1^c} \cdot S \sin \gamma \quad (15)$$

oznaczając:

$$A = \frac{- \sin O'_i}{a \sin 1^c}$$

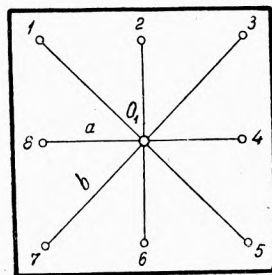
$$B = \frac{+ \cos O'_i}{a \sin 1^c}$$

$$x = S \cdot \sin \gamma$$

$$y = S \cdot \cos \gamma$$

i wstawiając do wzoru (15) otrzymujemy:

$$\Delta_i = A_i y + B_i x \quad (16)$$



Rys. 20

Przyjmując, że V jest poprawką kierunku pomierzonego przy położeniu II-I otrzymujemy:

$$O_i = O'_i + V + 200^g \quad \text{gdzie}$$

O_i — kierunek pomierzony przy położeniu I-II

O'_i — kierunek pomierzony przy położeniu II-I

V — poprawka kierunku O'_i

$$\text{ale } V = -\Delta_i + v_i \quad \text{gdzie} \quad (17)$$

Δ_i — błąd systematyczny

v_i — błąd przypadkowy wobec tego

$$O_i = O'_i - \Delta_i + v_i + 200^g \quad \text{a stąd}$$

$$v_i = O_i - O'_i - 200^g + \Delta_i \quad (18)$$

oznaczając:

$$\lambda_i = O_i - O'_i - 200^g, \quad \Delta_i = A_i y + B_i x$$

i wstawiając do wzoru (18) otrzymujemy następujące równania błędów:

$$\frac{v_1 = A_1 y + B_1 x + \lambda_1}{v_i = A_i y + B_i x + \lambda_i}$$

oraz równania normalne:

$$[AA]y + [AB]x + [A\lambda] = 0$$

$$[AB]y + [BB]x + [B\lambda] = 0$$

po rozwiązaniu których z otrzymanych wartości y i x obliczymy elementy mimośrodów według wzorów:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{x}{y} \quad (19) \quad \text{ i } \quad S = \frac{x}{\sin \gamma} = \frac{y}{\cos \gamma} \quad (20)$$

Elementy mimośrodów obliczone według wyżej podanej teorii wynoszą:

$$\text{Limbus lewy } S = 0,3466 \text{ mm } \gamma = 390^g 83^c,7$$

$$\text{Limbus prawy } S = 0,5319 \text{ mm } \gamma = 320^g 63^c,5$$

a wielkości x i y :

$$\text{Limbus lewy } x = -0,0497 \pm 0,0025 \quad y = +0,3429 \pm 0,0014$$

$$\text{Limbus prawy } x = -0,5042 \pm 0,0081 \quad y = +0,1694 \pm 0,0081$$

Porównajmy wyżej uzyskane wyniki S i γ z wynikami otrzymanymi z wyznaczenia mimośrodów limbusów ($2e_i$ i γ_i rozdział 2-gi strona 11).

Limbus lewy	Limbus prawy
$2e_i = 0,3268 \text{ mm}$	$2e_i = 0,4898 \text{ mm}$
$S = 0,3466 \text{ mm}$	$S = 0,5319 \text{ mm}$
$2e_i - S = 0,0178 \text{ mm}$	$2e_i - S = 0,0421 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \gamma_l &= 393^{\circ}17',5 \\
 m_o &= 2^{\circ}67',8 \\
 \hline
 \gamma'_l &= 390^{\circ}49',7 \\
 \gamma'_l &= 390^{\circ}49',7 \\
 \gamma &= 390^{\circ}83',7 \\
 \hline
 \Delta\gamma &= \gamma'_l - \gamma = 0^{\circ}34',0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_l &= 323^{\circ}28',5 \\
 m_o &= 1^{\circ}64',0 \\
 \hline
 \gamma'_l &= 321^{\circ}64',5 \\
 \gamma'_l &= 321^{\circ}64',5 \\
 \gamma &= 320^{\circ}63',5 \\
 \hline
 \Delta\gamma &= \gamma'_l - \gamma = + 1^{\circ}01',0
 \end{aligned}$$

W powyższym zestawieniu wyników podwójnego wyznaczenia elementów mimośrodów limbusów, przyjęto zamiast e_p $2e_l$ z tego względu, że jak już wyżej wspomniano, tarcze radialnego triangulatora zostały zrektyfikowane dla położenia I-II. Kąt γ_l poprawiono o miejsce zera noniusza odpowiedniego limbusa. Tak znaczne różnice wynikają z tego, że w wyrównaniu ścisłym nie uwzględniono błędów mimośrodów znaczków pomiarowych oraz mimośrodów punktów głównych tarcz, ponieważ obserwacje wykonane do tego wyrównania, zostały przeprowadzone tak, jak przeprowadza się je przy obserwowaniu rozet. Z tego samego względu zwiększono kąt γ_l dla lewego limbusa o $200''$.

W wyniku wyżej przeprowadzonych badań i analiz sporządzono następującą metrykę radialnego triangulatora:

Metryka radialnego triangulatora Nr 006 f-my P.W.O.

Tarcza Nr	Przesunięcie krzyżyka środkowego	Zrektyfikowano na limbusie	Położenie tarczy na limbusie
1	0,071 mm	prawym	przy odczycie
2	0,040 mm	lewym	100''
3	0,191 mm	prawym	numer tarczy
4	0,021 mm	lewym	u góry

Miejsce zera noniusza przy limbusie lewym $m_o = 2^{\circ}68'$

Miejsce zera noniusza przy limbusie prawym $m_o = 1^{\circ}64'$

Elementy mimośrodów położenia II-I względem położenia I-II:

dla limbusa lewego $S = 0,3466$ mm $\gamma = 390^{\circ}84'$

dla limbusa prawego $S = 0,5319$ mm $\gamma = 320^{\circ}64'$

Wzór na obliczenie poprawki:

$$V_i = - \frac{\sin O'_i}{a \sin 1''} \cdot y + \frac{\cos O'_i}{a \sin 1''} \cdot x + 200''$$

Wzór na poprawiony kierunek:

$$O_i = O'_i - V_i \quad \text{gdzie}$$

O_i — kierunek pomierzony przy położeniu I-II

O'_i — kierunek pomierzony przy położeniu II-I

x i y — składowe mimośrodu:

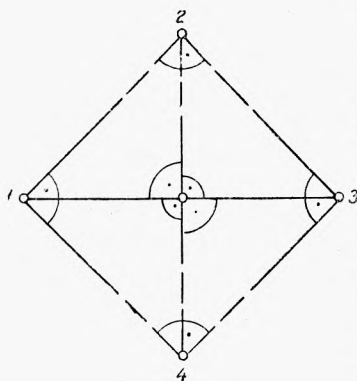
$$\text{limbus lewy } y = + 0,3429 \quad x = - 0,0049$$

$$\text{limbus prawy } y = + 0,1694 \quad x = - 0,5042$$

a — odległość punktu obserwowanego od punktu głównego.

8. SPRAWDZENIE REKTYFIKACJI I WYZNACZONYCH BŁĘDÓW INSTRUMENTALNYCH

Dla sprawdzenia rektyfikacji i wpływu wyznaczonych błędów instrumentalnych na pomiar kierunków, zaobserwowano rozetę teoretyczną, foremną o kątach wierzchołkowych równych 50° i bokach równych 60 mm (rys. 22). Przeprowadzając ściśle wyznaczenie elementów mimośrodu, obrano punkty na płytkach probierczych tak, żeby część z nich utworzyła wyżej wymienioną rozetę. Również obserwacje kierunków przeprowadzono tak, by ich wyniki posłużyły do opracowania obydwu zagadnień.



Rys. 22

Zaobserwowane kierunki są zniekształcone wskutek istnienia mimośrodu znaczka pomiarowego, mimośrodu limbusa, mimośrodu punktu głównego tarcz i przesunięcia miejsca zera noniuszy. Obarczone tymi błędami

kierunki przyjęte do obliczeń, dały obraz zniekształcenia rozety który wyraża się w warunku sinusowym boków w postaci wyrazu wolnego ω .

Dla rozety teoretycznej zaobserwowanej w położeniu tarcz I-II, wyraz ten wynosi $\omega = + 16$ jednostek logarytmu na piątym miejscu natomiast dla tej samej rozety zaobserwowanej w położeniu tarcz II-I $\omega = - 93$ jednostek logarytmu. Wprowadzając poprawki na kierunki pomierzone w położeniu tarcz II-I, a uzyskane ze ścisłego wyznaczenia elementów mimośrodu limbusów (według metryki radialnego triangulatora), otrzymano wyraz wolny poprawionej rozety $\omega = - 4$.

Niżej umieszczona tabelka przedstawia wyniki przeprowadzonych obliczeń, dotyczące obserwacji wyżej wymienionej rozety.

	Kierunki	O'_i pomie- rzone	$\Delta_i + 200g$	O'_i popra- wione	O_i pomie- rzone	$O'_i - O_i$ popr. pom.
Limbus lewy tarcza Nr 2	1 — 2	347,207	200,161	147,046	147,047	— 0,001
	1 — 5	297,387	200,359	97,028	97,030	— 0,002
	1 — 4	247,213	200,197	47,016	47,018	— 0,002
	3 — 2	46,872	199,804	247,068	247,072	— 0,004
	3 — 5	96,700	199,640	297,070	297,070	0,000
	3 — 4	146,865	199,837	347,028	347,030	— 0,002
Limbus prawy tarcza Nr 1	5 — 2	197,235	200,517	396,718	396,700	+ 0,018
	5 — 1	296,915	200,201	96,714	96,730	— 0,016
	5 — 4	396,145	199,487	196,658	196,660	— 0,002
	5 — 3	96,470	199,795	296,675	296,675	0,000

Jak z powyższej tabelki widać, różnice pomiędzy poprawionymi kierunkami, pomierzonymi przy położeniu tarczy II-I, a odpowiednimi kierunkami, pomierzonymi przy położeniu tarczy I-II, zawierają się w granicach dokładności odczytu tego instrumentu. Są one minimalne dla kierunków bliskich kierunkowi równoległemu do łącznicy czopów C_1, C_2 (o których mowa w rozdziale 2-gim), a maksymalnymi dla kierunków prostopadłych do łącznicy czopów C_1, C_2 .

Zbadany instrument posiada następujące wady konstrukcyjne, których drogą rektyfikacji usunąć nie można:

1) Łącznica czopów umieszczonych na limbusie dla przytrzymywania tarcz nie przechodzi przez środek obrotu limbusa (dotyczy lewego i prawego limbusa).

1a) Rozmieszczenie czopów jest niesymetryczne w stosunku do środków tarcz i różne na poszczególnych limbusach.

2) Noniusze obu limbusów są nie prawidłowo umieszczone, co powoduje przesunięcie miejsca zera, wynoszące dla limbusa lewego $2'68''$, a dla limbusa prawego $1'64''$.

3) Tarcza nr 3 wykazuje w stosunku do pozostałych tarcz, przesunięcie krzyżyka środkowego względem punktu przecięcia łącznic przeciwnych krzyżyków bocznych, wynoszące 0,2 mm.

Drogą rektyfikacji usunięte zostały natomiast pozostałe błędy instrumentalne jak: niecentryczne położenie środkowych krzyżyków na tarczach, paralaksa i mimośród znaczków pomiarowych. Ponieważ limbus lewy posiada inną wielkość i kierunek mimośrodu niż limbus prawy,

zrektyfikowano więc dla każdego limbusa dwie tarcze przy położeniu I-II, tarcze nr 2 i 4 dla lewego, a tarcze nr 1 i 3 dla prawego.

Robiąc obserwacje przy tym położeniu tarcz można uzyskać wyniki z dokładnością wystarczającą. Potwierdzają to wyniki obserwacji rozety teoretycznej.

L I T E R A T U R A

- BRANCEWICZ CZ. — Wyznaczenie błędów instrumentalnych fototriangulatora Zeissa. Prz. Fotogr. Nr 19-20, 1936 r.
ZELLER M. — Podręcznik Fotogrametrii. Nakładem P.W.T. 1950 r.
PIASECKI M. B. — Fotogrametria płaska. Nakładem P.P.F. i K. 1951 r.



WYDAWNICTWA GEODEZYJNEGO INSTYTUTU NAUKOWO-BADAWCZEGO

STEFAN HAUSBRANDT

Tablice do rachunków trygonometrycznych na elipsoidzie Bessel'a. Warszawa 1948. Str. 49.

EDWARD WARCHAŁOWSKI

Triangulation d'un type nouveau. Warszawa 1948. Str. 26.

STANISŁAW PAWŁOWSKI

Problem właściwej i zorientowanej elipsoidy w Polsce. Warszawa 1948. Str. 19 + 1 mapa.

FRANCISZEK BIERNACKI

Teoria odwzorowań powierzchni dla geodetów i kartografów. Warszawa 1949. Str. XI + 375.

JÓZEF PAWŁOWSKI

Przeliczenie współrzędnych prostokątnych płaskich w odwzorowaniu południkowym wiernokątnym z jednego układu do układu sąsiedniego przy pomocy maszyny do liczenia. Wzory i tablice. Warszawa 1949. Str. 19 + 3 wykresy.

JAN RÓŻYCKI

Odwzorowanie Gaussa—Krügera i jego zastosowanie w Polsce. Warszawa 1949. Str. VII + 94.

STEFAN HAUSBRANDT

Bezpośrednia interpolacja wielomianowa. Warszawa 1950. Str. 117.

JAN RÓŻYCKI

Odwzorowanie Gaussa—Krügera i jego zastosowanie w Polsce. Wydanie drugie, zmienione. Warszawa 1950. Str. VIII + 83, rys. 15.

CZESŁAW KAMEŁA

Wyznaczenie geoidy z pomiarów grawimetrycznych. Warszawa 1950. Str. VIII + 96, rys. 9.

ZBIGNIEW CZERSKI

Zagadnienie dalmierzy geodezyjnych z łąką pionową. Warszawa 1951. Str. 120, rys. 30.

M. B. PIASECKI

Fotogrametria płaska. Technika i organizacja zdjęć w terenach płaskich. Warszawa 1951. Str. 144, rys. 121.

TADEUSZ LAZZARINI

Geodezyjne pomiary odkształceń ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb kontroli zapór wodnych. Warszawa 1952. Str. 116, rys. 49.

STEFAN HAUSBRANDT

Ścisłe wyrównanie układów obserwacji geodezyjnych, w których obserwowano elementy kątowe i elementy liniowe. Warszawa 1952. Str. 16 + 1 wklejka.

JÓZEF CHWAŁEK

Wyznaczenie błędów instrumentalnych i rektyfikacja triangulatora radialnego P. W. O. Warszawa 1952. Str. 24, rys. 22.

Cena zł 17,-