

MACIEJ MOSKWIŃSKI

523.81:528.28.061.9

Błąd osobowy przy obserwacji gwiazd metodą podwójnej bisekcji

Jednym z podstawowych warunków otrzymania poprawnych wyników w wyznaczeniach astronomiczno-geodezyjnych jest możliwie dokładne wykonanie bisekcji gwiazdy, a dla większości metod wyznaczeń również dokładne zarejestrowanie chwili bisekcji. W praktyce przekonano się, że każdy obserwator posiada pewną stałą tendencję do zbyt wczesnej lub zbyt późnej oceny tej chwili. W rezultacie wyniki obarczone są systematycznym błędem, którego wielkość zależy od wielu czynników środowiskowych, instrumentalnych i osobowych. Błąd ten dla obserwacji przejścia gwiazdy przez nieruchomą nitkę i oceny chwili przejścia metodą oko-ucho może dochodzić do kilku dziesiątych sekundy czasowej. Jednym ze sposobów eliminacji wpływu błędu osobowego jest wyznaczanie jego wielkości za pomocą specjalnej aparatury.

Nie spotkano w literaturze przedmiotu żadnych wzmianek na temat błędu osobowego przy obserwacji gwiazd metodą podwójnej bisekcji. W metodzie tej obserwujemy przejście gwiazdy przez punkt przecięcia się nitek pionowej i poziomej. Ten sposób obserwacji wynika z założeń teoretycznych takich metod wyznaczeń astronomicznych, które wymagają znajomości położenia azymutalnego gwiazdy w określonym almukantaracie lub jej odległości zenitalnej w określonym wertykale. Należą do nich między innymi metody: Kępińskiego [1] — wyznaczania azymutu z obserwacji par gwiazd na tej samej wysokości, symetrycznie z obu stron południka miejscowego i w pobliżu pierwszego wertykału, Radeckiego [2] wyznaczania azymutu z obserwacji par gwiazd na tej samej wysokości w wertykale przedmiotu leżącego w pobliżu pierwszego wertykału, Leśnioka [3] — wyznaczania azymutu z obserwacji par gwiazd na tej samej wysokości i w tym samym kole godzinnym i Pieczyńskiego [4] wyznaczania azymutu i szerokości geograficznej bez rejestracji czasu.

Błąd osobowego w metodzie podwójnej bisekcji nie wiążemy z reje-

stracą czasu w chwili przejścia gwiazdy przez punkt przecięcia nitek. W wyżej wymienionych metodach, w których stosujemy ten sposób obserwacji, czasu nie notujemy w ogóle lub wymagania co do dokładności jego rejestracji są tak małe, że systematyczny błąd rzędu kilku dziesiątych sekundy możemy zaniedbać. Bardzo istotnym jest natomiast zachowanie warunku rejestracji położenia azymutalnego gwiazdy dokładnie w miejscu jej bisekcji przez nitkę poziomą. W praktyce realizujemy ten warunek, prowadząc gwiazdę pod nitką pionową za pomocą pokręteł mikrometru okularowego lub śruby ruchu leniwego koła poziomego i przerywając prowadzenie w miejscu bisekcji jej przez nitkę poziomą. O ile błąd systematyczny bisekcji przy prowadzeniu gwiazdy jest niewielki i nie przekracza $0,03^s$ [5], to systematyczny błąd oceny miejsca przejścia gwiazdy przez nieruchomą nitkę poziomą może być rzędu kilku dziesiątych sekundy czasowej, tj. tyle ile wynosi błąd oceny chwili przejścia metodą oko-ucho. W wyniku łącznego wpływu obu części składowych błędu odczytu bębna mikrometru lub koła poziomego nie odpowiadają rzeczywistemu miejscu przejścia gwiazdy przez określony almukantar, reprezentowany w przybliżeniu przez nitkę poziomą [6].

Przez błąd osobowy β podwójnej bisekcji będziemy rozumieli różnicę między poprawnym, tj. odpowiadającym rzeczywistemu miejscu przejścia gwiazdy przez nitkę poziomą odczytem n mikrometru a odczytem r otrzymanym z obserwacji. Będzie więc:

$$\beta = \mp (n - r),$$

- dla odczytów mikrometru rosnących ze wzrostem azymutu,
- + dla odczytów mikrometru malejących ze wzrostem azymutu.

Problem błędu osobowego w metodzie podwójnej bisekcji wyniknął w trakcie prowadzonych w Instytucie Geodezji i Kartografii badań nad możliwościami zastosowania metod Kępińskiego i Radeckiego do wyznaczeń azymutu na punktach Laplace'a.

Przedstawimy poniżej krótki opis wyznaczeń i uzyskane rezultaty, które pozwoliły ustalić fakt występowania systematycznego błędu azymutu wyznaczanego tymi metodami.

Prowadzone w latach 1968—1971 badania składały się z trzech etapów.

Pierwszy obejmował sezon obserwacyjny 1968 roku. W czasie jego trwania prowadzono wyznaczenia ze stanowiska naziemnego azymutu dwóch mir N i W , odległych od stanowiska instrumentu o około 120 m, położonych w prostopadłych wertykałach o przybliżonych azymutach 0° i 270° . Obserwacje wykonywane instrumentem Wild T4 nr 22686 prowadziło dwóch obserwatorów L.T. i M.M., z których każdy wyznaczył azymut obu mir trzema metodami: z kąta godzinnego Polaris, Kępińskiego i Radeckiego.

W drugim etapie w 1969 roku wyznaczono azymuty sześciu kierunków ze stolika wieży triangulacyjnej na punktach Laplace'a. Obserwator M.M. wyznaczył azymuty trzech kierunków metodą Kępińskiego i trzech metodą Radeckiego, a obserwator T.R. wyznaczył azymuty wszystkich kierunków, tym samym instrumentem, metodą kąta godzinnego Polaris. Przy wyznaczeniach metodą par obserwacje wykonywano nocą i w związku ze złą w tym okresie doby widocznością odległego celu posługiwano się mirą pomocniczą umieszczoną w odległości $1,5 \div 3,0$ km od stanowiska instrumentu. Kąt dowiązujący został pomierzony w okresach najlepszej widoczności. Z kąta godzinnego Polaris wyznaczano po południu bezpośrednio azymut odległego celu.

W trzecim etapie badań w 1970 i 1971 roku wyznaczenia, również na punktach Laplace'a, prowadzili obserwatorzy J.J. i T.R. instrumentem Wild T4 nr 16957. Obserwator T.R. wyznaczał azymut z Polaris, a J.J. zmodyfikowaną przez J. Radeckiego metodą Kępińskiego [7] (w trakcie obserwacji nie notuje się czasu). Wyznaczenia obejmowały: pomiar azymutu kontrolnego przez obu obserwatorów, wyznaczenia azymutu dwóch kierunków i powtórny pomiar azymutu kontrolnego. Azymut kontrolny wyznaczano bez pośrednictwa miry pomocniczej. W 1971 roku obserwator T.R. wykonał wyznaczenia azymutu kontrolnego zmodyfikowaną metodą Kępińskiego.

Zestawienie różnic i ich średnie błędy obliczono na podstawie otrzymanych z wyznaczeń rezultatów zawierają poniższe tablice: 1, 1a, 2 i 3.

1968

Tablica 1

Mira	Obserwator	$K-P$	m	$R-P$	m
N	M.M.	$-1,64''$	$0,50''$	$-2,52''$	$0,56''$
W		$-2,15$	$0,45$	$-3,02$	$0,28$
N	L.T.	$+1,39$	$0,47$	$+1,32$	$0,44$
W		$-0,31$	$0,55$	$-0,95$	$0,53$

W kolumnach z nagłówkami $K-P$, K_z-P , $R-P$ podano różnice między azymutami wyznaczonymi odpowiednio metodami Kępińskiego, zmodyfikowaną Kępińskiego i Radeckiego a z kąta godzinnego Polaris. W wyznaczeniach z 1968 roku przy obliczaniu różnic $K-P$ i $R-P$ dla obserwatorów M.M. i L.T. przyjęto odpowiednie azymuty wyznaczone przez nich z Polaris. Tablica 1a zawiera różnice między azymutami tych samych mir, wyznaczonych tymi samymi metodami przez obserwatorów L.T. i M.M.

Analizując wyniki, przede wszystkim pod kątem wpływu błędu osobo-

1968

Tablica 1a

Mira	Metoda	L.T.—M.M.	m
N	K	+2,94"	0,43"
W		+2,44	0,51
N	R	+3,75	0,43
W		+2,67	0,63
N	P	-0,09	0,53
W		+0,60	0,33

1969

Tablica 2

Kierunek	Obserwator	$K-P$	m	$R-P$	m
1	M.M.	-3,40"	0,48"	-2,88"	0,61"
2				-3,68	0,45
3				-3,17	0,50
4					
5		-3,07	0,50		
6		-1,90	0,42		

1970

Tablica 3

Kierunek	Obserwator	K_2-P	m
kontr.	J.J.	-2,87"	0,61"
1'		-3,60	0,71
2'		-1,24	0,80
kontr.		-4,23	0,56
1971	T.R.		
kontr.		-1,78	0,49

wego podwójnej bisekcji, spróbujemy wyjaśnić najpierw wpływ innych błędów systematycznych, które wynikają z odmiennych przyczyn, a wyraźnie rzutują na niektóre z zamieszczonych w tablicach różnic. Błędy te uwiadamiają się w następujących nieprawidłowościach:

a) systematycznej zależności od miry różnic z tablicy 1 dla tego samego obserwatora,

b) nieco większej niż wynikałoby to z błędów średnich, równej $0,60''$, różnicy między azymutem miry W wyznaczonym z Polaris przez obserwatorów L.T. i M.M.,

c) wyraźnemu odbieganiu różnicy dla kierunku 6 od pozostałych różnic w tablicy 2.

Dwie pierwsze nieprawidłowości wynikają prawdopodobnie z zależności obioru punktu celowania na bazie miry W od jej jasności. Obraz, w wyniku zasilania z baterii o małej pojemności, przygasał w czasie trwania wieczoru obserwacyjnego i dla wyznaczeń metodą par, trwających dwie do pięciu godzin, miał inną jasność niż dla wyznaczeń z Polaris nie dłuższych niż dwie godziny. Przyczyną ostatniej nieprawidłowości mogły być przede wszystkim specyficzne warunki środowiskowe. Obserwacje były wykonywane przy silnej przyziemnej mgle, a trzykilometrowa celowa do miry pomocniczej przebiegała równolegle do brzegu morskiego w odległości około 300 m od linii wody. Ta druga okoliczność mogła powodować znaczną refrakcję boczną. Tak np. obserwator z Państwowego Przedsiębiorstwa Geodezyjnego, wykonujący w tym samym czasie pomiar kąta, którego jedno ramię liczące około 20 km przebiegało również wzdłuż brzegu morskiego, otrzymał między wyznaczeniami w różnych porach doby różnice rzędu kilku sekund.

Jak wynika z podanych w tablicach rezultatów istnieje systematyczna różnica między azymutami wyznaczonymi z par gwiazd i z Polaris. Dla obserwatorów M.M., J.J. i T.R. przyjmuje ona wartość zdecydowanie ujemną. U obserwatora L.T., ze względu na znacznie silniejszy niż u M.M. wpływ wyżej omówionej zależności obioru punktu celowania od jasności, znak różnicy zależy od miry. Wyłączając wyniki otrzymane przez L.T. dla miry W, wielkości różnic kilkakrotnie przekraczają ich średnie błędy. Zgodność między różnicami dla poszczególnych kierunków w wyznaczeniach prowadzonych przez obserwatora M.M. w 1969 roku jest dobra, z wyjątkiem kierunku 6, a rozrzuty różnic tłumaczy całkowicie wielkość błędów średnich. Nie można tego powiedzieć o wynikach wyznaczeń obserwatora J.J. z 1970 roku. Rozrzuty różnic są tu znacznie większe niż wynikałoby to z ich średnich błędów, które również — szczególnie dla kierunków 1' i 2' — są stosunkowo duże.

Porównanie różnic z tablic 2 i 3 dla obserwatorów M.M., J.J. i T.R. mogłoby sugerować istnienie systematycznej rozbieżności między azymutami wyznaczonymi z Polaris i z par gwiazd, oscylującej w granicach $1 \div 4''$, przy czym różnica ta byłaby niezależna od obserwatora. Takiemu wnioskowi przeczy jednak systematyczna różnica między wynikami wyznaczeń azymutu tego samego kierunku metodami z par gwiazd przez obserwatorów L.T. i M.M. (tab. 1a). Z różnicy tej można wyciągnąć wniosek o zależności wyznaczonego azymutu od obserwatora, czyli o występo-

waniu błędu osobowego zniekształcającego wyniki wyznaczeń metodami Kępińskiego i Radeckiego. Źródłem błędu mogła być przede wszystkim czynność obserwatora wymagająca szybkiej oceny położenia ruchomego celu w stosunku do punktu skrzyżowania nitki, czyli podwójna bisekcja.

Dla potwierdzenia przypuszczenia występowania błędu osobowego podwójnej bisekcji wykonano badania wykorzystując urządzenie ezwane sztuczną gwiazdą. Urządzenie to, wyprodukowane w zakładach C. Zeissa w Jenie, stanowi element wyposażenia pomocniczego instrumentu przejściowego. Pozwoliło ono wykonać obserwacje podwójnej bisekcji raz dla gwiazdy w ruchu, a więc w warunkach bardzo zbliżonych do naturalnych, oraz powtórnie dla gwiazdy nieruchomej. W pierwszym wypadku była ona poruszana synchronicznym silnikiem elektrycznym, a obserwacje wykonywano prowadząc gwiazdę pod nitką ruchomą mikrometru i przerywając prowadzenie w miejscu jej przejścia przez poziomą nitkę. Bisekcja nieruchomej gwiazdy polegała na wprowadzeniu jej ręcznie, za pomocą odpowiedniego pokrętła, dokładnie pod nitkę poziomą. Na gwiazdę pozostającą w tym położeniu naprowadzono ruchomą nitkę mikrometru.

Podwójną bisekcję nieruchomego celu możemy wykonać bardzo dokładnie i będzie ona obarczona wyłącznie przypadkowymi błędami nacelowania. Stały znak różnicy między odczytami bębena mikrometru dla obydwu sposobów realizacji podwójnej bisekcji byłby dowodem występowania systematycznego błędu obserwacji ruchomej gwiazdy.

Już pierwsze obserwacje wykonane przez obserwatora M.M. pozwoliły stwierdzić realność występowania u niego takiej różnicy.

Dla dokładniejszego wyznaczenia wielkości błędu, jego zmienności, określenia pewności wyznaczenia oraz zbadania możliwości eliminowania jego wpływu na wyznaczany azymut — przeprowadzono serię wstępną pomiarów.

W trakcie wyznaczeń azymutalnych obserwacja każdej gwiazdy składała się z sześciu podwójnych bisekcji na sześciu nitkach poziomych. Najbardziej uzasadnione byłoby wykonywanie w identyczny sposób obserwacji sztucznej gwiazdy. Stwierdzenie systematycznych zmian toru gwiazdy wynikłych najprawdopodobniej z luzów w jej mechanizmach spowodowało konieczność realizacji takiego programu wyznaczeń, który zapewniłby eliminację wpływu tych zmian.

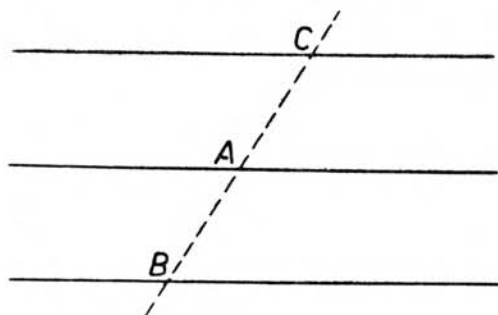
Obserwację ograniczono do jednej nitki poziomej. Pojedyncze wyznaczenie składało się z odczytu n_1 bębena mikrometru dla bisekcji gwiazdy nieruchomej, dwóch bisekcji gwiazdy w ruchu — odczyty r_1 i r_2 oraz ponownej bisekcji gwiazdy nieruchomej — odczyt n_2 . Stały znak różnicy $n_1 - n_2$ świadczył o występowaniu systematycznych przesunięć toru gwiazdy. Wielkość ta w prowadzonych wyznaczeniach wahała się w granicach

0,0"÷0,5". Zakładając, że przesunięcia toru w czasie między odczytami n_1 i r_1 oraz r_2 i n_2 są jednakowe i równe Δ można wartość średnią różnicy z pojedynczego wyznaczenia

$$\beta = (n-r)_{\text{śred}} = \frac{[n_1 - (r_1 - \Delta)] + [(n_2 - \Delta) - r_2]}{2} = \frac{(n_1 - r_1) + (n_2 - r_2)}{2},$$

uważać za wolną od wpływu błędu spowodowanego przesunięciem toru. Założenie równości przesunięć toru między odczytami jest tym bardziej uzasadnione, że drogi jakie przebywa sztuczna gwiazda między momentami wykonywania odczytów n_1 i r_1 oraz r_2 i n_2 są prawie identyczne.

Wyjaśni to bliżej rysunek nr 1 i krótki opis pojedynczego wyznaczenia.



Rys. 1

Rysunek przedstawia fragment pola widzenia. Linie poziome reprezentują na nim nieruchome nitki instrumentu. Ich wzajemna odległość wynosi około dwóch minut kątowych.

W punkcie A wykonywano bisekcję gwiazdy nieruchomej — odczyt n_1 . Ręcznie przesuwano ją do punktu B, uruchamiano silnik i wykonywano bisekcję gwiazdy w ruchu w punkcie A — odczyt r_1 . Następnie przesuwano gwiazdę ręcznie w kierunku B i włączano silnik. Wykonywano ponownie bisekcję gwiazdy ruchomej w punkcie A — odczyt r_2 i wyłączano napęd tak, aby gwiazda zatrzymała się możliwie blisko punktu C. Następnie przesuwano ją ręcznie do punktu A i wykonywano bisekcję — odczyt n_2 .

Jak widać drogi ABBA gwiazdy między odczytami n_1 i r_1 oraz ACCA między odczytami r_2 i n_2 są identyczne co do długości, sposobu napędu przy ich przebywaniu i mieszczą się na niewielkim odcinku około 4' toru. W tej sytuacji założenie równości zmian położenia toru wydaje się uzasadnione.

Seria składała się z 10 pojedynczych wyznaczeń i trwała 10÷15 min. Wykonywana bez odpoczynku nie powodowała większego zmęczenia obserwatora, a jednocześnie pozwalała z wystarczającą dokładnością ocenić wewnętrzna dokładność. Wykonywano od jednej do trzech serii jednorazowo, przy czym odstęp między seriami wynosił kilka minut. Kąt paralaktyczny

i szybkość sztucznej gwiazdy były w przybliżeniu równe średnim wartościom tych wielkości dla zaobserwowanych par. Wyznaczenia prowadzono dla kierunku ruchu gwiazdy sztucznej odpowiadającemu obserwacji gwiazdy wschodniej *E* i zachodniej *W*.

Otrzymano wartości błędu osobowego podwójnej bisekcji z poszczególnych serii zestawione w tablicy 4.

Tablica 4

Data	Seria	I		II		III	
	Gwiazda	β	m	β	m	β	m
21.06	W	+1,54"	0,23"				
23.06	W	+1,85	0,25	+3,70"	0,32"		
6.07	E	+3,08	0,38				
13.07	E	+2,46	0,22	+2,92	0,31	+2,62"	0,17"
14.07	E	+3,23	0,25	+3,23	0,18	+4,00	0,22
15.07	W	+2,16	0,18	+2,16	0,18	+3,08	0,29
27.07	W	+1,69	0,20	+2,00	0,22	+2,77	0,22
27.07	E	+2,62	0,18	+2,00	0,17	+2,93	0,15
27.10	W	+2,00	0,26	+2,77	0,14	+2,16	0,25
2.11	W	+1,54	0,15				

Analizując wyniki z tablicy 4 stwierdzić możemy brak systematycznych różnic między wartościami błędów dla gwiazdy wschodniej i zachodniej. Błędy średnie są o rząd mniejsze od wyznaczonego z serii błędu podwójnej bisekcji. Istnieją znaczne różnice — maksymalna 2,46" — między wynikami otrzymanymi z poszczególnych serii i to zarówno dla serii z tego samego dnia, jak i różnych dni. Różnice te znacznie przekraczają wartości jakie wynikałyby z wielkości błędów średnich. Wy tłumaczyć je można jedynie zmianą wielkości błędu osobowego, przy czym w zmianach tych nie widać regularności. Zauważono, że pewien wpływ na zmienność błędu wywierały zmiany jasności pola widzenia.

W związku z przypadkowym charakterem zmian można wyrazić przypuszczenie, że średnia wartość błędu z większej liczby wyznaczeń jest wielkością reprezentatywną dla danego obserwatora z dokładnością kilku dziesiątych sekundy. Chociaż sprawdzenie słuszności tego przypuszczenia wymaga dalszych badań, to jednak wydaje się interesujące sprawdzenie jak korekcja azymutów wyznaczonych w 1969 roku przez obserwatora M.M. metodami Kępińskiego i Radeckiego o wpływ wyznaczonego w 1972 roku błędu podwójnej bisekcji wpłynie na wielkość różnic $P-R$ i $P-K$ z tablicy 2.

Należy zaznaczyć, że azymut wyznaczany był w ciągu minimum trzech wieczorów, w 18 poczetach. W poczecie obserwowano dwie pary gwiazd,

dla każdej wykonując 6 podwójnych bisekcji. Azymut obarczony był więc średnim błędem osobowym z 432 podwójnych bisekcji. Wyznaczony w 1972 roku błąd jest średnią arytmetyczną z 230 pojedynczych wyznaczeń, tyle ich bowiem złożyło się na 23 zaobserwowane serie. Jego wartość jest równa $+2,54'' \pm 0,15''$.

Poprawny odczyt koła poziomego, wolny od wpływu omawianego błędu wyraża wzór:

$$H_* = H'_* - \beta \operatorname{cosec} z,$$

a ponieważ

$$A_\delta = A_* + (H_\delta - H_*),$$

więc podstawiając mamy

$$A_\delta = A_* + H_\delta - H'_* + \beta \operatorname{cosec} z.$$

Oznaczając

$$A_* + H_\delta - H'_* = A'_\delta,$$

otrzymamy ostatecznie

$$A_\delta = A'_\delta + \beta \operatorname{cosec} z,$$

gdzie A'_δ — oznacza azymut celu ziemskiego obarczony wpływem błędu osobowego podwójnej bisekcji.

Przyjmując średnią odległość zenitalną zaobserwowanych w 1969 roku par równą 60° , otrzymamy

$$A_\delta = A'_\delta + (+2,54'' \times \operatorname{cosec} 60^\circ) = A'_\delta + 2,92''.$$

Różnice $P-K$ i $P-R$ dla poprawionych wartości azymutów wyznaczonych metodami Kępińskiego i Radeckiego zestawiono w tablicy 5.

Tablica 5

Kierunek	$K-P$	$R-P$
1	$-0,48''$	
2		$+0,04''$
3		$-0,76$
4		$-0,25$
5	$-0,15$	
6	$+1,02$	

Porównując różnice z tablic 2 i 5 widzimy wyraźną poprawę zgodności między azymutami wyznaczonymi metodą par i z Polaris.

Przedstawione wyniki badań pozwalają wyciągnąć dwa istotne wnioski:

1. Stosując obserwacje metodą podwójnej bisekcji należy zawsze liczyć się z błędem osobowym rzędu kilku sekund kątowych.

2. Wydaje się słuszne stwierdzenie, że systematyczna różnica między azymutami wyznaczonymi metodą par i z Polaris jest spowodowana przede wszystkim wpływem błędu osobowego podwójnej bisekcji. Wpływ innych błędów o charakterze systematycznym na tę różnicę nie przekracza, jak to można stwierdzić na podstawie wartości w tablicy 5, kilku dziesiątych sekundy.

L I T E R A T U R A

- [1] *Kępiński F., Dulian B.*: *Astronomia praktyczna*. Łódź 1961.
- [2] *Radecki J.*: Wyznaczenie azymutu z obserwacji par gwiazd na tej samej wysokości w wertykale przedmiotu leżącego w pobliżu I wertykału. Warszawa 1951.
- [3] *Leśniok H.*: Wyznaczenie azymutu z obserwacji par gwiazd na tej samej wysokości i w tym samym kole godzinnym. Warszawa 1951.
- [4] *Pieczyński L.*: Wyznaczenie azymutu i szerokości geograficznej bez rejestracji czasu. Warszawa 1964. Maszynopis.
- [5] *Starostin A. M.*: Issledowanija po waprozam powyszenija tocznosti opriedielenija azimutow. Trudy CNIIGAIK 1959.
- [6] *Leśniok H., Radecki J.*: Konsekwencje zastosowania linii prostych w konstrukcji nitek poziomych w lunetach pomiarowych. „Przegląd Geodezyjny”, nr 1/1949. Warszawa.
- [7] *Radecki J.*: Wnioski z próbnej serii obserwacji do porównania trzech metod wyznaczania azymutu. Warszawa 1968. Maszynopis.

Recenzował: Prof.dr Julian Radecki

Rękopis złożono w Redakcji w marcu 1973 r.

ЛИЧНАЯ ОШИБКА ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗВЕЗД МЕТОДОМ ДВОЙНОЙ БИСЕКЦИИ

Резюме

Из теоретических предпосылок ряда методов астрономических определений вытекает необходимость знания показания горизонтального круга, соответствующего вертикала прохождения звезды через определённый альмукантарат. В результате практического применения этого требования появился способ наблюдения методом двойной бисекции. Этот метод основан на наблюдении прохождения звезды через точку пересечения нитей. На практике мы получаем это, проводя звезду под вертикальной нитью, при помощи маховичков окулярного микрометра или винта холостого хода горизонтального круга, и прерывая ведение в месте бисекции звезды горизонтальной нитью.

Под личной ошибкой β двойной бисекции подразумевается разность между правильным, то есть соответствующим действительному месту прохождения звезды через горизонтальную нить, показанием n микрометра и показанием r , полученным в результате наблюдения. Так что:

$$\beta = \mp(n-r),$$

- для показаний микрометра возрастающих при увеличении азимута;
- + для показаний микрометра, уменьшающихся при увеличении азимута.

Как видно, эта ошибка не связана с регистрацией времени.

Проблема личной ошибки при методе двойной бисекции появилась во время проводимых в Институте геодезии и картографии исследований возможности применения методов Кэмпиньского и Радэцкого при определении азимута пунктов Лапласа.

Полученные при исследованиях, проводимых в 1968—1971 годах, разности между азимутами, определёнными методом пар и по Полярной звезде, содержатся в таблице 1, 2 и 3 в колонках с заголовками $K-P$, K_z-P , $R-P$. Для объяснения причин этих разностей, имеющих явно систематический характер, в 1972 году были предприняты попытки определения ошибки двойной бисекции. Для этого использовалось приспособление, называемое искусственной звездой, являющееся элементом вспомогательного оборудования пассажного инструмента. Результаты определений содержатся в таблице 4, окончательное значение ошибки наблюдателя М.М., рассчитанное как средняя арифметическая отдельных серий, равняется $+2,54'' \pm 0,15''$. Исправленные на величину влияния определённой личной ошибки двойной бисекции разности из таблицы 2 содержатся в таблице 5.

На основании представленных результатов исследований можем отметить:

1. Применяя наблюдения по методу двойной бисекции, следует всегда считаться с личной ошибкой порядка нескольких угловых секунд.
2. Кажется правильным утверждение, что систематическая разность азимутов, определённых методом пар и по Полярной звезде, вызвана в первую очередь влиянием личной ошибки двойной бисекции.

Влияние прочих систематических ошибок на эту разность не превышает, как можно сделать вывод на основании значений из таблицы 5 — нескольких десятых секунд.

THE PERSONAL ERROR IN STAR OBSERVATION MADE BY THE DOUBLE
BISECTION METHOD

Summary

The theoretical assumptions of several methods of astronomic determinations demand knowledge of the reading of the horizontal circle corresponding to the vertical of the transit of a star over a definite almucantar. The practical execution of this necessity has initiated the method of double bisection. This method is based on the observation of the transit of a star through the point of intersection of the wires.

In practice this is accomplished by leading the star with the vertical wire — by operating the crews of the eyepiece micrometer or the slow-motion screw of the horizontal circle — and by stopping this move at the point of bisection of the star by the horizontal wire.

By the personal error β of double bisection is meant the difference between the correct, i.e. the true reading n of the micrometer for the point of transit across the horizontal wire and the reading r obtained from observation. Thus there is:

$$\beta = \pm(n-r),$$

with the $-$ sign for micrometer readings increasing with rising azimuth, and with the $+$ sign for micrometer readings decreasing with rising azimuth.

It can be seen that this error is independent of the registration of time.

The problem of the personal error involved in the method of double bisection came into view during investigations made at the Institute of Geodesy and Cartography, dealing with the possibility of applying the methods suggested by Kępiński and Radecki for determining the azimuth at Laplace's points.

The differences resulting from studies made in the 1968—1971 period between azimuths determined by the method of pairs and from Polaris observations are shown in Tables 1, 2 and 3 in columns headed by $K-P$, K_z-P , $R-P$.

For explaining the cause of these differences revealing distinctly a systematic character, attempts were initiated in 1972 towards determining the error of double bisection. For this purpose use was made of the device called an artificial star, being an element of the auxiliary equipment of a transit instrument. The results of these determinations are shown in Table 4, and the ultimate value of the error of observer M.M., calculated as the arithmetic mean from particular series, equals $+2.54'' \pm 0.15''$. The differences shown in Table 2, corrected by consideration of the effect of the personal error made by double bisection, are shown in Table 5.

Judging by the results referred to, it may be asserted that:

1. Adopting observations by the method of double bisection one must always take into account a personal error of an order of several angular seconds.
2. It seems proper to believe, that the systematic difference between the azimuth, determined by the pair method and from Polaris, is for the most part caused by the influence of the personal error in double bisection. As can be concluded from the values shown in Table 5, the effect of further errors of a systematic character upon this difference should not exceed a few tenths of a second.