

WANDA WYSZYŃSKA

529.71:522.617.3:621.383

Wyznaczenie opóźnień fotopowielacza służącego do obserwacji przejść gwiazd przy użyciu urządzenia zwanego sztuczną gwiazdą

Wstęp

Przy korzystaniu z urządzenia fotoelektrycznego do obserwacji przejść gwiazd wyznaczenie opóźnień aparatury jest sprawą pierwszej wagi, szczególnie przy wyznaczaniu absolutnych wielkości, jak to ma miejsce przy użyciu takiej aparatury do służby czasu. W przypadku stosowania fotopowielacza radzieckiego typu ФЭУ-17 opóźnienie aparatury jest rzędu 0,2 sek.

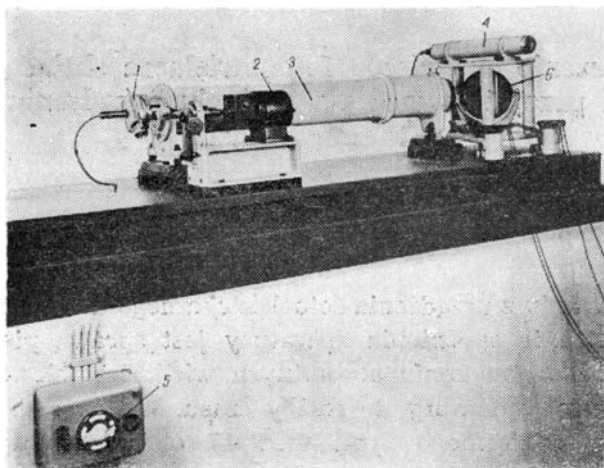
Opracowana tutaj metoda wyznaczania opóźnień urządzenia fotoelektrycznego opiera się na wykorzystaniu sztucznej gwiazdy konstrukcji Zeissa w zastosowaniu do fotoelektrycznej przystawki do instrumentu przejściowego Zeissa, konstrukcji radzieckiego astronoma Brandta.

Wyznaczanie opóźnień aparatury fotoelektrycznej dla impulsów prostokątnych jest bardzo proste, wystarczy zastosować jakieś urządzenie wytwarzające impulsy dwusekundowe, np. silnik sterowany przez zegar kwarcowy i zarejestrować je raz bezpośrednio, drugi raz poprzez neonówkę i fotoelektryczną przystawkę, a z różnicy otrzymujemy od razu opóźnienie dla impulsów prostokątnych. Przy obserwacji gwiazd jednak mamy do czynienia z impulsami sinusoidalnymi, a dla takich impulsów opóźnienie jest inne.

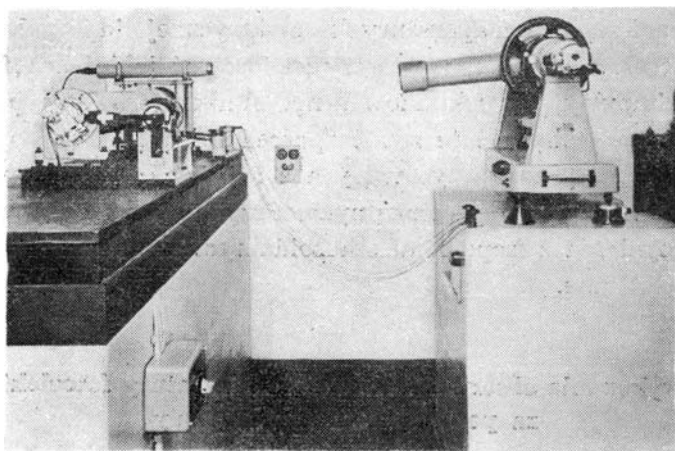
Sposób wykonania obserwacji opóźnień aparatury fotoelektrycznej za pomocą sztucznej gwiazdy

Urządzenie ze sztuczną gwiazdą konstrukcji Zeissa składa się z kolimatora ustawionego prostopadle do płaszczyzny lunety instrumentu przejściowego, z wmontowanym mikrometrem bezosobowym, posiadającym punkt świetlny (mała żaróweczka-sztuczna gwiazda), wstawiony w miejsce nitki ruchomej, oraz z lustro pozwalającego na załamanie promieni punktu

światlnego, przechodzących od mikrometru poprzez kolimator do lunety instrumentu przejściowego. Z mikrometrem bezosobowym połączony jest motorek elektryczny z urządzeniem pozwalającym na zmianę szybkości ruchu sztucznej gwiazdy, od szybkości odpowiadającej gwieździe równi-



Rys. 1. Sztuczna gwiazda. 1 — mikrometr bezosobowy, 2 — motorek synchroniczny, 3 — kolimator duży, 4 — kolimator mały, 5 — przełącznik, 6 — lustro



Rys. 2. Instrument przejściowy Zeissa ze sztuczną gwiazdą

kowej, do szybkości gwiazdy okołobiegunowej. Z położeniem punktu światlnego sprzężone są kontakty, identycznie jak to ma miejsce w każdym mikrometrze z kontaktami sprzężonymi z nitką ruchomą. (Rys. 1 i 2)

Właściwym przeznaczeniem urządzenia ze sztuczną gwiazdą było wyznaczanie błędów osobowych obserwatorów, wykonujących obserwacje gwiazd za pomocą mikrometru bezosobowego. Z powodu błędów systematycznych urządzenie to zostało ogólnie uznane za nienadające się do tego celu. Jednym z błędów systematycznych tego urządzenia, utrudniającym wyznaczanie błędów osobowych jest nierównomierne przesuwanie się światełka (gwiazdy sztucznej), spowodowane ślizganiem się sprzęgła przenoszącego ruch motorku elektrycznego na mikrometr bezosobowy, gdzie światełko to jest wmontowane w miejsce nitki ruchomej. Przy korzystaniu z urządzenia ze sztuczną gwiazdą do wyznaczania opóźnień fotopowielacza można było zmienić konstrukcję sprzęgła lub też zastosować sposób pozwalający na wyeliminowanie nierównomierności przesuwania się światełka. Zastosowano sposób drugi.

W urządzeniu z gwiazdą sztuczną przesuwaniu się światełka umieszczonego w miejsce nitki ruchomej mikrometru bezosobowego towarzyszy obrót tarczy z kontaktami elektrycznymi. Aby wyeliminować w stopniu wystarczającym nierównomierność obrotu mikrometru bezosobowego przy wyznaczaniu opóźnienia, wystarczy zarejestrować przesuwanie się światełka i kontakty mikrometru równocześnie. Taki sposób możliwy jest przy użyciu dwóch chronografów, z których jeden rejestruje impulsy gwiazdy sztucznej poprzez fotoelektryczną przystawkę, a drugi rejestruje bezpośrednio kontakty mikrometru bezosobowego, przesuwającego światełko. Nie dysponując dwoma chronografami, zastosowano metodę eliminacji nierównomierności przesuwania się sztucznej gwiazdy za pomocą jednego chronografu Belin'a, rejestrując na zmianę kontakty i sztuczną gwiazdę.

Instrument przejściowy Zeissa, przystosowany do obserwacji automatycznych za pomocą fotopowielacza, zamiast krzyża nitek, w lunecie głównej posiada płytkę z 30 szczelinami (okienkami), umieszczonymi syme-



Rys. 3. Płytkę z okienkami

trycznie po obydwu stronach środka lunety (rys. 3). Gwiazda przechodząca przez odpowiednie okienko rejestrowana jest przez chronograf Belin'a dwukrotnie; raz kiedy zbliża się do okienka i 50% jej światła znajdzie się już w okienku, drugi raz kiedy w podobny sposób opuszcza okienko. Natomiast kontakty mikrometru bezosobowego rejestrowane są w momentach zwarcia i rozwarcia obwodu elektrycznego, w którym one się znajdują. Radziecki wzmacniacz do fotopowielacza posiada przełącznik pozwalający na włączenie rejestracji gwiazdy poprzez fotopowielacz, bądź

też bezpośredniej rejestracji dowolnych kontaktów, jak to ma miejsce przy wyznaczaniu opóźnienia impulsów prostokątnych za pomocą neonówki.

Obserwacje opóźnienia za pomocą jednego chronografu Belin'a wykonane zostały w ten sposób, że manipulując wspomnianym przełącznikiem, rejestrowano sztuczną gwiazdę w okienkach: 5,7,9,11 i 13, a kontakty mikrometru bezosobowego gwiazdy sztucznej w czasie przechodzenia jej przez okienka: 4,6,8,10,12 i 14. Przy czym należy nadmienić że obserwowano gwiazdę sztuczną w dwu położeniach, raz w czasie przesuwania się jej od okienka 1 do 15, drugi raz od okienka 15 do 1.

Tworząc średnią arytmetyczną z obydwu położań, osobno dla sztucznej gwiazdy, rejestrowanej poprzez fotopowielacz w okienkach 5,7,9,11 i 13, a osobno dla zarejestrowanych kontaktów w czasie przechodzenia gwiazdy przez okienka 4,6,8,10,12 i 14, wzór na całkowite opóźnienie przystawki fotoelektrycznej będzie

$$O_p = (F - K) + h + o + m,$$

gdzie:

- O_p — całkowite opóźnienie przystawki fotoelektrycznej,
- F — średnia arytmetyczna z obu położań dla gwiazdy sztucznej,
- K — średnia arytmetyczna z obu położań dla kontaktów,
- h — tak zwana histereza przełącznika końcowego fotowzmacniacza,
- o — opóźnienie kontaktów mikrometru przepuszczonych przez przełącznik,
- m — martwy ruch kontaktów mikrometru gwiazdy sztucznej w odniesieniu do punktu świetlnego.

Histereza fotowzmacniacza

Przez histerezę fotowzmacniacza rozumiemy w tym przypadku zjawisko analogiczne do właściwej histerezy, a mianowicie opóźnione zadziałanie końcowego przełącznika fotowzmacniacza, który daje impuls do rejestracji dla innego natężenia dla gwiazdy wchodzącej do okienka, a dla innego gdy gwiazda opuszcza okienko.

Wzór na uwzględnienie wpływu histerezy został wyznaczony empirycznie i składa się z dwóch części: z wpływu histerezy na impulsy gwiazd, oraz z wpływu histerezy na opóźnienie prostokątnych impulsów z neonówki.

Ostateczny wzór na poprawkę do średniego momentu z obserwacji gwiazd z powodu histerezy będzie:

$$\Delta H = -0,005\ 39^s \sec \delta \cdot H$$

gdzie δ jest deklinacją obserwowanej gwiazdy, H jest to ilość podziałek na mikroamperomierzu.

Podobnie przy obserwacjach opóźnień za pomocą neonówki dla prostokątnych sygnałów, do średniego odczytu z taśmy należy uwzględnić poprawkę na wpływ histerezy wg wzoru

$$\Delta H = -0,00178^s \cdot H.$$

Tablica 1

Przykład obserwacji gwiazdy sztucznej i kontaktów mikrometru zarejestrowanych na chronografie drukującym Belin'a

Data 31. I. 1968 Położenie lunety W. Odl. zenitalna 10 S.

Wzmocnienie 6 μA . Temperatura +7,0 °C. Histereza -0,30 μA

Przesuwanie się gwiazdy sztucznej w kierunku					
od okienka 1 do 15			od okienka 15 do 1		
nr okien. podczas rejestr. mikrom.	zarejestrowane momenty kont. mikr. i gw. sztucz. na zmianę	nr okien. podczas rejestr. gwiazdy sztucz.	nr okien. podczas rejestr. mikrom.	zarejestrowane momenty kont. mikr. i gw. sztucz. na zmianę	nr okien. podczas rejestr. gwiazdy sztucz.
4	22 ^m 08,483 ^s	5	6		5
	[09,437			24 ^m [53,397 ^s	
	10,466			[54,428	
	11,432			54,730	
	12,432			55,736	
	12,733			56,697	
	14,401			57,961	
	16,799]			25 00,386]	
	18,170			02,991	
	18,700		4	[03,956	
6	19,698			[04,983	
	[19,998			05,946	
	21,020			06,907	
				07,673	
					

Wyznaczenie opóźnienia przekaźnika, przez który rejestrowane były kontakty mikrometru sztucznej gwiazdy

Na oscylografie czasowym (Rohde und Schwarz Zeitzeichenszillo-graph) obserwowane były kontakty silnika sterowanego przez zegar kwarcowy — raz bezpośrednio, drugi raz przez przekaźnik. Różnica odczytów wyraża opóźnienie przekaźnika i wynosi 0,0071^s.

Tablica 2

Obliczenie średniej z dwóch położań dla gwiazdy sztucznej i kontaktów mikrometru

Numer okienka	Średnia z gwiazdy sztucznej	Średnia z kontaktów mikrometru	Średnia z kontaktów zredukowana	Opóźnienie przybliżone
4		37,2105 ^s		
5	37,3868 ^s		37,2106 ^s	0,1762 ^s
6		37,2108		
7	37,3702		37,2055	0,1647
8		37,2002		
9	37,3545		37,1976	0,1569
10		37,1950		
11	37,3558		37,1914	0,1644
12		37,1878		
13	37,3408		37,1830	0,1578
14		37,1782		śr 0,1640

Martwy ruch sztucznej gwiazdy

Obrót śruby mikrometru sztucznej gwiazdy powoduje przesuwanie się światelka w głównej lunecie Zeissa na tle płytki ze szczelinami, umieszczonej w miejsce krzyża nitkowego instrumentu. Kiedy światelko zaczyna wchodzić do jednej ze szczelin, na mikroamperomierzu fotowzmacniacza pojawia się natężenie, które przy odpowiednim wyregulowaniu, w miarę wchodzenia gwiazdy do szczeliny, rośnie od 2 μA do 82 μA , a przy natężeniu równym 42 μA uruchamia końcowy przekaźnik wzmacniacza, powodując rejestrację tego momentu na chronografie drukującym. Podobnie natężenie spada od 82 μA poprzez 42 μA do 2 μA kiedy światelko opuszcza szczelinę.

Wyznaczenie martwego ruchu światelka w odniesieniu do kontaktów mikrometru sztucznej gwiazdy opiera się na zaobserwowaniu odczytu mikrometru dla jednego i tego samego położenia światelka w okienku, raz przy naprowadzaniu go ruchem mikrometru wkręcającym, drugi raz ruchem odkręcającym, przy czym dla wyeliminowania pewnych błędów aparatury koniecznym jest obliczać średnie z momentów wejścia do okienka i jego opuszczenia.

Ponieważ czułość aparatury w otoczeniu punktu impulsowego, to znaczy 42 μA jest bardzo duża i równowaga jest chwiejna, nastawienie natężenia na mikroamperomierzu na dowolny odczyt jest bardzo trudne.

Praktycznie dochodzimy do tego w sposób pośredni — mikrometr nastawiamy na dwa natężenia, w przybliżeniu na odczyt mniejszy od 42 μA i następnie, zachowując ten sam kierunek ruchu mikrometru, na odczyt

większy od $42 \mu\text{A}$, obliczając następnie z proporcji wartość odczytu na bębnieku mikrometru odpowiadającą natężeniu $42 \mu\text{A}$.

Tablica 3

Przykład obserwacji martwego ruchu gwiazdy sztucznej w odniesieniu do kontaktów mikrometru

Odczyty mikrometru rosną				Odczyty mikrometru maleją		
numer okienka	mikrom.	natężenie w μA	mikrom. zredukow.	mikrom. zredukow.	natężenie w μA	mikrom.
1	2	3	4	5	6	7
5	8,630	31,0	8,8245	8,8265	30,0	8,630
	8,645	50,0			46,9	8,650
	9,000	53,0			50,0	9,000
	9,015	36,0			34,0	9,015
						
						

Ostateczna wartość martwego ruchu sztucznej gwiazdy obliczona z pięciu okienek (5, 7, 9, 11 i 13 okienko) wynosi $-0,003^R$.

Tablica 4

Zestawienie wyników obserwacji opóźnienia fotoelektrycznej przystawki

Wzmocnienie na fotowzmacniaczu	Polożenie lunety	Odległość zenitalna			
		$52^\circ 28' \text{S}$	10°S	0°	10°N
$5 \mu\text{A}$	E	$0,1592^S$	$0,1681^S$	$0,1708^S$	$0,1759^S$
	W	$0,1639$	$0,1716$	$0,1752$	$0,1778$
$15 \mu\text{A}$	E	$0,1598$	$0,1671$	$0,1706$	$0,1740$
	W	$0,1630$	$0,1643$	$0,1707$	$0,1695$
$25 \mu\text{A}$	E	$0,1635$	$0,1703$	$0,1745$	$0,1800$
	W	$0,1616$	$0,1721$	$0,1724$	$0,1763$
Średnia		$0,1618^S$	$0,1689^S$	$0,1724^S$	$0,1756^S$
Średni błąd śr. arytm. M		$\pm 0,0008^S$	$\pm 0,0012^S$	$\pm 0,0008^S$	$\pm 0,0015^S$

W wynikach została uwzględniona histereza oraz opóźnienie prze-
kaźnika.

Wyznaczanie opóźnienia przystawki fotoelektrycznej metodą Brandta

Metoda radzieckiego astronoma Brandta polega na laboratoryjnym wyznaczeniu opóźnienia przystawki fotoelektrycznej dla sinusoidalnych sygnałów, a następnie na wyprowadzeniu wzoru pozwalającego na przejście od sygnałów prostokątnych do sinusoidalnych. Pomimo, że podczas obserwacji gwiazd mamy do czynienia z sygnałami sinusoidalnymi, opracowane wzory pozwalają nam wyznaczać opóźnienie sygnałów prostokątnych.

Sygnały prostokątne otrzymać możemy z neonówki nałożonej na lunetę główną instrumentu przejściowego i zapalanej za pomocą silnika sterowanego przez zegar kwarcowy, wytwarzającego dwusekundowe impulsy, powodujące zapalenie się i gaszenie neonówki na zmianę w odstępach dwusekundowych.

W wyniku porównania opóźnienia otrzymanego dla sygnałów sinusoidalnych i prostokątnych Brandt wyprowadził następujący wzór, pozwalający na przejście od opóźnienia sygnałów prostokątnych do opóźnienia dla sygnałów sinusoidalnych.

$$\Delta T_s = \Theta - k\Theta + \Delta$$

gdzie:

ΔT_s — opóźnienie przystawki fotoelektrycznej dla sygnałów sinusoidalnych,

$$\Theta = 1,443 (t_d - \Delta),$$

t_d — opóźnienie przystawki fotoelektrycznej dla prostokątnych sygnałów,

Δ — opóźnienie wzmacniacza dla prostokątnych sygnałów,

$$k = 1 - \alpha \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{S_0 \sec \delta}{\Theta \pi}$$

S_0 — średnica obrazów gwiazd zależna od typu widma, ogniskowania obiektywu i warunków atmosferycznych.

Dla badanej przystawki fotoelektrycznej

$$\Delta = 0,036^s \quad \text{ i } \quad S_0 = 1,96^s$$

$k\Theta$ zależne jest od deklinacji gwiazdy:

δ	0°	$42^\circ 28'$	$52^\circ 28'$	$62^\circ 28'$
$k\Theta$	0,0021 ^s	0,0012 ^s	0,0008 ^s	0,0004 ^s

Porównanie wyników naszych z wynikami przy zastosowaniu wzorów Brandta

Równoległe z wyznaczeniem opóźnienia przystawki fotoelektrycznej przy zastosowaniu sztucznej gwiazdy wyznaczane było opóźnienie sygnałów prostokątnych za pomocą neonówki, którego wyniki podajemy niżej:

Tablica 5

H	$t_d - \Delta H$	ΔH	t_d	H	$t_d - \Delta H$	ΔH	t_d
-0,10	0,1322 ^s	+2	0,1324 ^s	-0,10	0,1307 ^s	+2	0,1309 ^s
-0,10	0,1320	+2	0,1322	-0,20	0,1301	+4	0,1305
-0,10	0,1315	+2	0,1317	-0,10	0,1317	+2	0,1319
-0,10	0,1316	+2	0,1318	-0,30	0,1256	+5	0,1261
-0,10	0,1325	+2	0,1327	-0,20	0,1321	+4	0,1325
-0,10	0,1318	+2	0,1320	-0,20	0,1300	+4	0,1304
-0,20	0,1310	+4	0,1314	-0,30	0,1309	+5	0,1314
-0,30	0,1314	+5	0,1319	-0,10	0,1302	+2	0,1304
-0,10	0,1312	+2	0,1314	-0,40	0,1299	+7	0,1306
-0,30	0,1288	+5	0,1293	-0,10	0,1312	+2	0,1314
-0,10	0,1326	+2	0,1328	-0,10	0,1316	+2	0,1318
-0,60	0,1288	+11	0,1299	-0,20	0,1312	+4	0,1316
				-0,40	0,1310	+7	0,1317

$$\text{Średnie } t_d = 0,1312^s \pm 0,0003^s$$

poprawka z powodu histerezy obliczona została z wzoru

$$\Delta H = -0,0018^s \cdot H.$$

H — ilość podziałek na mikroamperomierzu.

Porównanie opóźnienia dla sinusoidalnych sygnałów, wyznaczonego z gwiazdy sztucznej z opóźnieniem wyznaczonym z neonówki po zastosowaniu wzorów Brandta na przejście od sygnałów prostokątnych do sinusoidalnych przedstawia się następująco:

Tablica 6

z	52°28'	10°S	0°	10°N
$\Theta + \Delta$	0,1733 ^s	0,1733 ^s	0,1733 ^s	0,1733 ^s
$k\Theta$	-21	-12	-8	-4
$\Delta T_s = \Theta - k\Theta + \Delta$	0,1712	0,1721	0,1725	0,1729
opóźnienie ze sztucznej gwiazdy	0,1618	0,1689	0,1724	0,1756
Różnica	-0,0094 ^s	-0,0032 ^s	-0,0001 ^s	-0,0027 ^s

Wniosek końcowy

Dla sprawdzenia wpływu dwu różnych sposobów wyznaczenia opóźnienia na ostateczne wyniki obserwacji gwiazd obliczono 10 serii po 14 gwiazd z dwiema gwiazdami równikowymi dwukrotnie, raz stosując opóźnienie dla sygnałów prostokątnych z neonówki i wzory Brandta, drugi raz z opóźnieniem wyznaczonym za pomocą gwiazdy sztucznej. Ostateczne różnice wyników poprawki zegara nie przekraczają $0,0001^s$.

Ostateczne wyniki potwierdzają prawidłowość wzorów Brandta dla przejścia z sygnałów prostokątnych na sygnały sinusoidalne, a więc stosowanie metody wyznaczania opóźnienia prostokątnych sygnałów za pomocą neonówki jest słuszne.

L I T E R A T U R A

Brandt W.E.: Fotoelektriczeskaja ustanowka dla riegistracii prochożdenia zwiezd. Trudy CNIIGAiK wyp. 112, 1956.

Recenzował: doc. inż. Błażej Dulian

Rękopis dostarczono Redakcji w listopadzie 1969 r.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАЗДЫВАНИЯ ФОТОУМНОЖИТЕЛЯ,
СЛУЖАЩЕГО ДЛЯ НАБЛЮДЕНИИ ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД,
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ НАЗЫВАЕМОГО
ИСКУССТВЕННОЙ ЗВЕЗДОЙ**

Резюме

При использовании для наблюдения прохождений звёзд фотоэлектрических приборов очень важным становится определение запаздывания аппаратуры, поскольку от точности запаздывания зависит точность наблюдения. Величина запаздывания может быть значительной, например, у советского фотоумножителя типа ФЭУ-17 оно порядка $0,2^s$ и зависит от формы импульсов.

Во время наблюдения получают синусоидальные импульсы, и в этой работе запаздывание определялось при условиях, как можно более близких к условиям наблюдений.

Метод определения запаздывания основан на использовании аппаратуры Цейсса с искусственной звездой путём исключения ошибок аппаратуры, являющихся следствием неравномерного перемещения искусственной звезды, а также на введении в результаты всех основных систематических ошибок, таких как мёртвый ход микрометрического винта, перемещающего искусственную звезду, запаздывание реле, использованного для исследования, а также неодинаковую реакцию реле тока при увеличении и уменьшении напряжения, так называемый гистерезис усилителя к фотоумножителю.

Таблица 1 представляет наблюдения искусственной звезды и контактов микрометра, зарегистрированные попеременно на ленте печатающего хронографа Белина.

Таблица 3 содержит пример определения мертвого хода искусственной звезды.

Таблица 4 представляет сводку определения запаздывания фотоэлектрической установки с фотоумножителем типа ФЭУ-17 для различных усиления усилителя и разных скоростей звезды, значиться для различных зенитных расстояний.

Окончательно в таблице 6 полученные результаты сравнены с формулами Брандта, относящимися к определению запаздываний на основании прямоугольных импульсов при помощи неоновой лампы. Результаты, полученные при сравнении этих двух методов, подтвердили правильность и точность избранного метода, а также формул Брандта.

DETERMINATION OF TIME LAG OF PHOTOMULTIPLIER USED
FOR OBSERVING STAR PASSAGE BY MEANS OF APPARATUS
CALLED ARTIFICIAL STAR

Summary

When a photo-electric apparatus is used for observing the passage of stars it is very important to determine the time lag of this apparatus, because the accuracy of observation depends on how accurately is known this time lag. This lag may be considerable; for the Soviet-made photomultiplier type $\Phi\Theta Y-17$ it is of the order of $0,2^s$ and depends on the shape of the impulses received.

During observations of the passage of stars sinusoidal impulses are received, and in the present study the time lag has been determined under conditions resembling as closely as possible these observations.

In the method of observing the time lag, a Zeiss instrument with an artificial star is used eliminating the instrument error which results from the non-uniform movement of the artificial star, and introducing into the calculation the results of all the most important systematic errors, such as the lost motion of the micrometer screw moving the artificial star, the time lag of the relay used, and the non-uniform reaction of the relay to the current with rising and dropping voltage, the so-called hysteresis of the amplifier of the photomultiplier.

Table 1 illustrates the observations made of the artificial star and the micrometer contacts, which alternately were recorded on the band of a Belin printing chronograph.

Table 3 shows an example of how the lost motion of the movement of the artificial star is determined.

Table 4 presents the comparison of the results of the determination of the time lag of the photo-electric apparatus for the $\Phi\Theta Y-17$ photomultiplier for different amplifications of its amplifier with different star velocities, i.e. different zenithal distances.

Finally, Table 6 shows a comparison of the results obtained from the observations mentioned, with Brandt's formulae referring to the determination of the time lag from square impulses received by means of a neon lamp. The results gained from comparing these two methods confirmed the soundness and accuracy of the adopted method as well as of Brandt's formulae.

SPIS TREŚCI

STANISŁAW KRYŃSKI

Józef Chwałek 1922—1969 3

STEFAN HAUSBRANDT

Parę uwag o wzorach wyznacznikowych do obliczania kwadratu objętości czworościanu, przy znanych długościach jego krawędzi 7

JERZY BOKUN, DANUTA CHOWAŃSKA-OTYŚ,

MARIA JĘDRZEJEWSKA, MARIA MAJEWSKA

Nowa metoda opracowania średnich wartości anomalii siły ciężkości na dużym obszarze i jej praktyczne zastosowanie 23

MARIA JĘDRZEJEWSKA

Analiza dokładności opracowania średnich wartości anomalii siły ciężkości 39

ANDRZEJ OTYŚ

Analiza pracy przesuwnika fazy z kondensatorem różnicowym . . . 65

WANDA WYSZYŃSKA

Wyznaczenie opóźnienia fotopowielacza służącego do obserwacji przejść gwiazd przy użyciu urządzenia zwanego sztuczną gwiazdą 83

СОДЕРЖАНИЕ

СТАНИСЛАВ КРЫНЬСКИ	
Юзеф Хвалек 1922—1969	3
СТЕФАН ХАУСБРАНДТ	
Несколько замечаний о детерминантных формулах для расчёта квадрата объёма тетраэдра на основании известной длины его грани . .	7
ЕЖИ БОКУН, ДАНУТА ХОВАНЬСКА-ОТЫСЬ, МАРИЯ ЕНДЖЕЕВСКА, МАРИЯ МАЕВСКА	
Новый метод разработки средних аномалий силы тяжести на большой территории и его практическое применение	23
МАРИЯ ЕНДЖЕЕВСКА	
Анализ точности обработки средних значений аномалии силы тяжести	39
АНДЖЕЙ ОТЫСЬ	
Анализ работы фазовращателя с дифференциальным конденсатором	65
ВАНДА ВЫШИНЬСКА	
Определение запаздывания фотоумножителя, служащего для наблюдения прохождения звезд, при использовании приспособления, называемого искусственной звездой	83

CONTENTS

STANISŁAW KRYŃSKI	
Józef Chwałek 1922—1969	3
STEFAN HAUSBRANDT	
Some Comment on Determinant Formulae for Computing the Square of the Volume of a Tetrahedron from the Lengths of its Edges	7
JERZY BOKUN, DANUTA CHOWAŃSKA-OTYŚ, MARIA JĘDRZEJEWSKA, MARIA MAJEWSKA	
A New Method of Determining the Mean Anomalies of Gravity on a Wide Area, and its Practical Application	23
MARIA JĘDRZEJEWSKA	
An Analysis of the Accuracy of Determination of Mean Values of Gravity Anomalies	39
ANDRZEJ OTYŚ	
An Analysis of the Operation of a Phase Shifter With a Differential Condenser	65
WANDA WYSZYŃSKA	
Determination of Time Lag of Photomultiplier Used for Observing Star Passage by Means of Apparatus Called Artificial Star	83

