

WOJCIECH JANUSZ

526.913.19

### Przyczynek do zagadnienia badania stałości osi głównej teodolitu

Badanie stałości osi głównej teodolitu dokonuje się zazwyczaj przy wykorzystaniu odczytów położenia pęcherzyka libeli głównej, wykonywanych przy różnych położeniach alidady względem nieruchomego limbusa. Badanie to można również przeprowadzić przy wykorzystaniu odczytów libeli nasadkowej lub przy wykorzystaniu odczytów koła pionowego, wykonywanych po sprowadzeniu do koincydencji obrazów końców pęcherzyka libeli kolimacyjnej. W tym ostatnim przypadku luneta winna być unieruchomiona na czas badania śrubą zaciskową.

Za pomocą takich badań można określić rząd wielkości chwiania się osi z odróżnieniem zmiennych i stałych elementów tego chwiania. Zmienne elementy chwiania się osi powstają niezależnie od tego, czy przyczyna ich występowania posiada charakter zmienny czy też jest stała. Na przykład istnienie luzu powoduje zmienne chwianie, pomimo że sam luz zmieniać może swój charakter bardzo wolno. Stałe elementy chwiania występują głównie pod wpływem różnic kształtu i wielkości poszczególnych części układu osiowego w stosunku do kształtu i wielkości projektowanej.

Odpowiednio do tego, czy pragniemy badać zmienne lub stałe elementy chwiania osi, powinniśmy zastosować różne sposoby opracowania wyników badania. I tak, aby zauważyć zmienność położenia osi o charakterze chwilowym, wystarczy określić rozrzut odczytanych wielokrotnie położzeń pęcherzyka libeli, przy tych samych ustawieniach alidady względem nieruchomego limbusa. Aby natomiast zbadać stałe odchylenia osi od właściwego położenia, w zależności od ustawienia alidady względem nieruchomego limbusa, należy określić rozrzut odczytanych położzeń pęcherzyka libeli w stosunku do położzeń jakie powinny towarzyszyć obracaniu alidady wokół osi idealnej (nie zmieniającej położenia). W praktyce możemy badać rozrzut położzeń pęcherzyka w stosunku do położzeń określających najbardziej prawdopodobne ustawienie osi.

Klasyfikując tak elementy chwiania osi należy powiedzieć, że klasyczne sposoby badania bez stosowania dodatkowej aparatury (wg opisu w publikacjach [2] [3]) zajmowały się jedynie zmiennymi elementami chwiania się osi. Dla przypomnienia podam tu krótki opis stosowanego postępowania.

Wykonuje się odczyt położenia pęcherzyka libeli głównej przy  $n$  kolejnych ustawieniach alidady względem nieruchomego limbuse, różniących się wzajemnie o kąt  $360^\circ/n$ , obracając alidadę w kierunku ruchu wskazówek zegara, czyli „tam”, co najmniej dwukrotnie, a następnie ze zwrotem przeciwnym, czyli „z powrotem”. Następnie redukuje się obliczone wychylenia pęcherzyka ze względu na błąd rektyfikacji, niesymetrię rurki libeli i kierunkowe oświetlenie libeli oraz oblicza się rozrzuty wyników uzyskanych dla każdego z położzeń alidady względem nieruchomego limbuse. Na podstawie uzyskanych wychyleń pęcherzyka sporządza się wykres, którego oś stanowi rozwinięty obwód limbuse z naniesionym podziałem kątowym. W rezultacie otrzymuje się linię łamaną o kształcie zbliżonym do sinusoidy. Badanie ogranicza się do prowizorycznego stwierdzenia przybliżonej zgodności tego wykresu z sinusoidą. Amplituda sinusoidy wyraża odchylenie badanego układu osiowego od linii pionu, zaś odczyt koła poziomego, odpowiadający dodatniemu maksimum wykresu, określa orientację tego odchylenia.

Istnieje możliwość wykorzystania zaobserwowanych położzeń pęcherzyka libeli dla wyznaczenia nie tylko linii łamanej zbliżonej swym kształtem do sinusoidy ale i do wyznaczenia elementów najbardziej prawdopodobnej sinusoidy, charakteryzującej najbardziej prawdopodobne położenie badanego układu osiowego w stosunku do linii pionu.

W przypadku wyznaczenia takiej sinusoidy uzyskujemy możliwość badania rozrzutu wszystkich zaobserwowanych położzeń pęcherzyka libeli w stosunku do najbardziej prawdopodobnych ich wartości. Tym samym możemy już coś powiedzieć o stałych elementach chwiania się osi.

W dalszym ciągu niniejszej pracy pragnę podać sposób obliczeń związanych z badaniem stałości położenia osi, uwzględniającym zmienne i stałe elementy chwiania.

Przy ustawieniu alidady, któremu odpowiada odczyt koła poziomego  $\beta_i$  wykonane zostają odczyty położenia końców pęcherzyka libeli  $l_i, p_i$ . Odchylenie osi od linii pionu ( $\gamma_{max}$ ) może być określone za pośrednictwem szeregu zależności między odczytami położenia pęcherzyka libeli, a składowymi odchylenia osi od linii pionu, zawartymi w odpowiednich płaszczyznach pionowych o kierunkach śladów poziomych  $\beta + 90^\circ$ , przechodzących przez oś libeli, która zmienia swe położenie wraz z obrotem alidady. Zależność między składową odchylenia osi od linii pionu, zawartą w płasz-

czyżnie o kierunku śladu  $\beta + 90^\circ$ , a odczytami położenia pęcherzyka libeli wyraża się wzorem: \*)

$$-\gamma_{\beta_i+90} = \frac{l_i + p_i}{2} - \frac{\left[ \frac{l_i + p_i}{2} \right]}{n}.$$

Poszczególne wielkości  $\gamma_{\beta+90}$  wiąże wspólna zależność, w której występują dwie niewiadome  $U$  i  $V$ . Uwzględniając fakt chwiania się osi i popełniania błędów przypadkowych badania, napiszemy wzór określający tę zależność:

$$\cos \beta_i \cdot U + \sin \beta_i \cdot V = -\frac{l_i + p_i}{2} + \frac{\left[ \frac{l_i + p_i}{2} \right]}{n} + v.$$

Dla każdego ustawienia alidady, określonego kierunkiem  $\beta_i$ , można napisać równanie poprawki o powyższej postaci. Z całego układu takich równań poprawek wyznaczamy drogą wyrównania niewiadome  $U$  i  $V$  oraz podstawiając je do równań poprawek obliczamy poprawki  $v$ . Uzyskane poprawki są funkcją błędów pomiaru, jak również istniejącego chwiania się osi teodolitu.

W oparciu o materiał obserwacyjny zawarty w publikacji [3] (tabl. 7) przeprowadzimy obliczenia zgodnie z proponowanym tu postępowaniem. Ze wspomnianej tablicy wypisujemy wyznaczone wychylenia pęcherzyka libeli oraz z różnic wychyleń w poszczególnych seriach określimy błąd typowego spostrzeżenia, tak jak to ma miejsce przy wyrównaniu stacyjnym obserwowanych kierunków.

Opisane obliczenia zawarte są w tablicy 1. Obliczony tam błąd  $m$  charakteryzuje średnią wielkość zmiennego chwiania się osi teodolitu, obarczoną dodatkowo błędami samego badania. Następnie zestawimy równania poprawek dla poszczególnych kierunków charakteryzujących ustawienie alidady względem nieruchomego limbuse, oraz dokonamy rozwiązania tego układu (tabl. 2). Obliczony błąd  $m_0$  charakteryzuje średnią wielkość stałego odchylenia osi od położenia właściwego obarczoną dodatkowo błędami samego badania.

Przy badaniu układu osiowego nie jest najbardziej istotne wyznaczenie niewiadomych  $U$  i  $V$  o znaczeniu zgodnym z określeniami podanymi w publikacji [1], bowiem niewiadome te służą jedynie do obliczenia w dalszym etapie poprawek  $v$  — świadczących o chwianiu się osi. Istnieje możliwość nieomal mechanicznego wykonywania obliczeń bez wchodzenia w istotę tych rachunków i z pominięciem obliczania niewiadomych  $U$  i  $V$ . Zauważmy, że w przypadku stosowania jednolitego programu badania, tj. wykony-

\*) Podane wzory opierają się na zależnościach wyprowadzonych w publikacji [1].

Tablica 1  
 $\frac{li + pi}{2}$   
 Tablica zaobserwowanych położeń pęcherzyka libeli głównej

$\beta_i$	„tam“		„z powrotem“		średnia	Poprawki			
	1 obr.	2 obr.	1 obr.	2 obr.		$\left(\frac{l+p}{2}\right)_{sr}$	$-\frac{l+p}{2}$	$+k$	$-k_{sr}$
0 <sup>g</sup>	0,08	0,08	0,10	0,20	0,12	0,00	0,10	0,03	-0,12
25	-0,22	-0,15	-0,50	-0,42	-0,32	-0,14	-0,11	0,19	0,06
50	-0,45	-0,42	-0,38	-0,48	-0,43	-0,02	0,05	-0,04	0,01
75	-0,75	-0,65	-0,65	-0,65	-0,68	0,03	0,03	-0,02	-0,07
100	-0,98	-0,95	-0,98	-0,92	-0,96	-0,02	0,05	0,03	-0,08
125	-1,18	-1,00	-0,98	-1,15	-1,08	0,06	-0,02	-0,09	0,03
150	-1,20	-1,18	-1,18	-1,20	-1,19	-0,03	0,05	0,00	-0,03
175	-1,15	-0,95	-0,95	-1,15	-1,05	0,06	-0,04	-0,09	0,06
200	-1,00	-0,78	-0,85	-0,98	-0,90	0,06	-0,06	-0,04	0,04
225	-0,68	-0,55	-0,55	-0,68	-0,62	0,02	-0,01	-0,06	0,02
250	-0,45	-0,35	-0,38	-0,50	-0,42	-0,01	-0,01	-0,03	0,04
275	-0,22	0,00	-0,20	-0,22	-0,16	0,04	-0,10	0,05	0,02
300	0,05	0,20	0,05	0,05	0,09	0,00	-0,05	0,05	0,00
325	0,30	0,40	0,32	0,20	0,30	-0,04	-0,04	-0,01	0,06
350	0,32	0,42	0,38	0,35	0,37	0,01	0,01	0,00	-0,02
375	0,32	0,35	0,35	0,28	0,32	-0,04	0,03	-0,02	0,00
$\frac{li + pi}{2}$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_{sr}$	$m_v = \sqrt{\frac{[vv]}{S(S-1)(n-1)}} = 0,034^{dz}$			
$n$	-0,45	-0,35	-0,40	-0,45	-0,41				

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{(S-1)(n-1)}} = 0,068^{dz}$$

Równania poprawek wychyleń pęcherzyka libeli (wyrazy wolne są to zredukowane średnie wychylenia, wypisane z poprzedniej tablicy)

Tablica 2

$\beta_i$	$-\cos \beta$	$-\sin \beta$	$\left(\frac{l+p}{2}\right)_{sr} - k_{sr}$	$s$	$-v$
0	-1,00	0,00	0,53	-0,47	-0,03
25	-0,92	-0,38	0,09	-1,21	0,16
50	-0,71	-0,71	-0,02	-1,44	-0,01
75	-0,38	-0,92	-0,26	-1,56	-0,05
100	0,00	-1,00	-0,54	-1,54	-0,07
125	0,38	-0,92	-0,67	-1,11	-0,02
150	0,71	-0,71	-0,78	-0,78	0,04
175	0,92	-0,38	-0,64	-0,10	-0,03
200	1,00	0,00	-0,49	0,51	-0,01
225	0,92	0,38	-0,20	1,10	-0,05
250	0,71	0,71	-0,01	1,41	0,04
275	0,38	0,92	0,25	1,55	0,06
300	0,00	1,00	0,50	1,50	0,04

Równania normalne z rozwiązaniem

$U$	$V$	$l$	$s$
7,98	0,00	-3,99	3,99
	7,98	4,31	12,28
2,83	0,00	-1,41	1,42
	2,83	1,52	4,35

-0,50    0,54

$$m_o = \sqrt{\frac{[vv]}{n-2}} = 0,062^{dz}$$

waniu odczytów przy określonej liczbie i kierunkach ustawień alidady względem limbusea zachodzi możliwość obliczania poprawek na podstawie wykonywania działania krakowianowego:

$$v = \mathbf{l} \cdot [\tau \mathbf{a} (\mathbf{a}^2)^{-1} \tau \mathbf{a}] - \mathbf{l}$$

gdzie  $\mathbf{l}$  — krakowian kolumnowy wyrazów wolnych równań poprawek  
 $[\tau \mathbf{a} (\mathbf{a}^2)^{-1} \tau \mathbf{a}]$  — krakowian transformujący, który nie zmienia się dla określonego programu badania.

Rachunkowo korzystanie z powyższej zależności sprowadzi się przy obliczaniu poszczególnych poprawek  $v$  do wykonania sumomnożenia kolumny wyrazów wolnych przez odpowiednią kolumnę krakowianu transformującego i odjęcia odpowiedniego wyrazu wolnego.

#### LITERATURA

- [1] Janusz W.: Metody wyznaczenia odchylenia osi teodolitu od linii pionu, Prace IGiK, tom IX, nr 1 (19), Warszawa 1962.
- [2] Szymoński J.: Instrumentoznawstwo geodezyjne, Warszawa 1956.
- [3] Szymoński J.: Badanie podziału koła poziomego oraz stałości osi pionowej teodolitu precyzyjnego Zeiss Theo 010. Prace IGiK, tom V, nr 3 (12), Warszawa 1957.
- [4] Tarczy-Hornoch A.: O wpływie pochylenia osi głównej teodolitu na pomiar kierunków poziomych, Geodezja i kartografia, tom VIII, nr 3, Warszawa 1959.

*Rękopis złożono w Redakcji w listopadzie 1961 r.*

ВОЙЦЕХ ЯНУШ

## ПРИЛОЖЕНИЕ К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТОЯНСТВА ГЛАВНОЙ ОСИ ТЕОДОЛИТА

### Резюме

Исследование постоянства главной оси теодолита основывается на анализе результатов наблюдений положения пузырька уровня при разных положениях алидады относительно неподвижной подставки. Можно различить два способа анализа:

1) Исследование рассеивания отсчётов положения пузырька уровня, многократно произведенных при таких же самых наставлениях алидады, которым предшествовали другие наставления.

2) Исследование рассеивания средних отсчётов пузырька уровня по отношению к наиболее вероятным значениям отсчётов, вычисленным на основании полученного из уравнивания тех же отсчётов положения главной оси.

Анализ результатов производился до сих пор только первым способом, доставляя уравнивательные поправки, называемые здесь переменными элементами колебания оси. В этом докладе дан ход другого способа анализа, результаты которого названо постоянными элементами колебания оси.

WOJCIECH JANUSZ

CONTRIBUTION TO THE QUESTION OF STABILITY  
EXAMINATION OF THE THEODOLITE VERTICAL AXIS

S u m m a r y

The examination of the stability of the theodolite vertical axis is based on the analysis of the results of the level tube bubble observations, made in different alidade positions, in regard to the immovable levelling head. One can distinguish two methods of analysis:

1) Examination of the dispersion of numerous lectures of the level tube bubble positions by the unchanged position of the alidade, preceded by other settings.

2) Examination of the dispersion of the mean lectures of the level tube bubble positions, made in particular alidade positions, in regard to the most probable lectures, calculated from the most probable setting of the vertical axis, determined from the adjustment.

Till now only the first method of analysis was made and the corrections thus obtained are indicated here as the variable elements of the axis oscillation.

In this paper the second method of analysis is discussed.

Its results are defined here as the constant elements of the axis oscillation.

## SPIS TREŚCI

JERZY GAŹDZICKI	
Rozwiązywanie układów równań normalnych na maszynach elektro- nowych . . . . .	3
JERZY NIEWIAROWSKI	
Ruchy pionowe reperów na głównych liniach niwelacji precyzyjnej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w okresie 1955—1958 . . . . .	17
STANISŁAW KASPEREK	
Osnowa geodezyjna na fotogrametrycznym polu doświadczalnym Insty- tutu w terenie górzystym (Nowy Sącz-Grybów) . . . . .	30
TADEUSZ CHOJNICKI	
Cechowanie grawimetru Askania Gs-11 w oparciu o dwie bazy grawi- metryczne . . . . .	64
WOJCIECH KRZEMIŃSKI	
Izopory deklinacji w Europie w latach 1900—1950 . . . . .	92
ANDRZEJ ŻÓŁTOWSKI	
Zmiany wiekowe deklinacji magnetycznej w Polsce w latach 1957—1961 . . . . .	100
ANDRZEJ UHRYNOWSKI	
Polowa stacja magnetyczna IGiK, Rajgród 1959 . . . . .	109
MARIA KRYSZYNA SZACHERSKA	
Porównanie podstawowych systemów czasu . . . . .	133
WOJCIECH JANUSZ	
Przyczynek do zagadnienia badania stałości osi głównej teodolitu . . . . .	156

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ЕЖИ ГАЗЬДЗИЦКИ</b>	
Решение систем нормальных уравнений на электронных машинах . . . . .	3
<b>ЕЖИ НЕВЯРОВСКИ</b>	
Вертикальные движения реперов на главных линиях прецизионного нивелирования угольного бассейна Верхней Силезии за период 1955-1958 . . . . .	17
<b>СТАНИСЛАВ КАСПЭРЭК</b>	
Геодезическая основа на фотограмметрическом исследовательском полигоне Института в гористом районе (Новы Сонч — Грыбув) . . . . .	30
<b>ТАДЭУШ ХОЙНИЦКИ</b>	
Эталонирование гравиметра Аскания Gs-11 при пользовании двумя гравиметрическими базами . . . . .	64
<b>ВОЙЦЕХ КШЕМИНЬСКИ</b>	
Изопоры магнитного склонения в Европе в периоде лет 1900—1950 . . . . .	92
<b>АНДЖЕЙ ЖУЛТОВСКИ</b>	
Вековые изменения магнитного склонения в Польше в периоде 1957-1961 . . . . .	100
<b>АНДЖЕЙ УХРЫНОВСКИ</b>	
Полевая магнитная станция Института Геодезии и Картографии, Райгруд 1959 . . . . .	109
<b>МАРИЯ КРЫСТЫНА ШАХЭРСКА</b>	
Сравнение основных систем времени . . . . .	133
<b>ВОЙЦЕХ ЯНУШ</b>	
Приложение к вопросу исследования постоянства главной оси теодолита . . . . .	156

## CONTENTS

JERZY GAŹDZICKI	
The solution of normal equations by means of electronic calculating machines . . . . .	3
JERZY NIEWIAROWSKI	
Vertical movements of height marks on the main lines of precise levelling of the Upper Silesia Coal-Basin in the period 1955—1958 . . . . .	17
STANISŁAW KASPEREK	
The geodetic net on the photogrammetric test field of the Institute in the hilly region (Nowy Sącz-Grybów) . . . . .	30
TADEUSZ CHOJNICKI	
Calibration of the Askania Gs-11 gravimeter by the use of two gravimetric bases . . . . .	64
WOJCIECH KRZEMIŃSKI	
Isopors of declination in Europe in years 1900—1950 . . . . .	92
ANDRZEJ ŻÓŁTOWSKI	
Secular changes of magnetic declination in Poland in years 1957—1961 . . . . .	100
ANDRZEJ UHRYNOWSKI	
Field magnetic station of the Institute of Geodesy and Cartography in the year 1959 in Rajgród . . . . .	109
MARIA KRYSZYNA SZACHERSKA	
Comparison of the basic systems of time . . . . .	133
WOJCIECH JANUSZ	
Contribution to the question of stability examination of the theodolite vertical axis . . . . .	156