

### Wyznaczenie stałych dalmierza nitkowego dla pomiarów odległości o podwyższonej dokładności

Prace nad metodą umożliwiającą zwiększenie dokładności określenia dalmierzem nitkowym odcinka łąty wykazały, że ograniczenie się do wyznaczenia stałych  $k$ ,  $c$  nie zawsze jest właściwe z uwagi na zauważoną zmienność stałej  $c$ . Wskazuje na to wyraźnie publikacja [1], podnosząca istotne zagadnienie wykorzystania dalmierzy nitkowych dla pomiaru długości boków poligonowych. W publikacji tej na stronie 106 zamieszczony został wykres wyznaczonych zmian stałej  $c$  w zależności od długości mierzonego odcinka  $D$ . Wykres ten wskazuje, że korzystne byłoby wyznaczenie prócz stałych  $k$ ,  $c$  również dalszych współczynników  $d$ ,  $e$ ,  $f$  ..., bliżej charakteryzujących zależność między określonym odcinkiem łąty  $l$  a odległością  $D$ . Przyjmujemy, że określenie odległości  $D$  na podstawie pomierzonego dalmierzem nitkowym odcinka  $l$  na łącie opiera się na zależności funkcyjnej  $D = f(l)$ . W pomiarach tachimetrycznych o nieco większej stosunkowo dokładności przyjęło się przedstawianie tej funkcji w formie:

$$D = k \cdot l + c \quad (1)$$

Ponieważ w naszym przypadku — w zastosowaniu do pomiarów dokładniejszych — uznaliśmy tę formę za niewystarczającą, a jednocześnie nie znamy poszukiwanej funkcji, możemy dążyć do określenia innej funkcji o znanej formie, stanowiącej dostateczne przybliżenie dla wykorzystania w praktyce. Funkcję  $D = f(l)$  możemy np. aproksymować za pośrednictwem wielomianu o postaci:

$$D = k \cdot l + c \cdot l^0 + d \cdot l^{-1} + e \cdot l^{-2} + f \cdot l^{-3} + \quad (2)$$

gdzie:  $k$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f$  ... — współczynniki stałe dla danego dalmierza, wymagające wyznaczenia dla późniejszego liczbowego określania wielkości  $D$  na podstawie zmierzonych odcinków  $l$  na łącie.

Istotne jest tu zagadnienie ustalenia stopnia wielomianu, który aproksymuje funkcję  $D = f(l)$  z dostatecznym przybliżeniem. Do zagadnienia tego wrócimy w dalszej części tekstu, po uprzednim ustaleniu sposobu wyznaczania stałych współczynników.

Zależność (2) przedstawimy w postaci:

$$D = 100 \cdot l + (k - 100)l + c + d \cdot l^{-1} + e \cdot l^{-2} + f \cdot l^{-3} + \quad (3)$$

co jest korzystne przy  $k \cong 100$ .

Wobec tego, że wyznaczane niewiadome  $k - 100$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f \dots$  są niewielkie, można przyjąć przybliżone wartości współczynników przy nich, zastępując:  $l \cong \frac{D}{100}$ . W rezultacie otrzymamy:

$$D = 100 \cdot l + (k - 100) \frac{D}{100} + c + d \frac{100}{D} + e \frac{10^4}{D^2} + f \frac{10^6}{D^3} + \quad (4)$$

Wobec tego, że pomiar dla wyznaczenia stałych prowadzimy na odcinkach o różnych długościach  $D$  w ilości przekraczającej ilość wyznaczanych niewiadomych, zachodzi potrzeba rozwiązania układu równań liniowych opartych na zależności (4):

$$(k - 100) \frac{D_1}{100} + c + d \frac{100}{D_1} + e \frac{10^4}{D_1^2} + f \frac{10^6}{D_1^3} + \dots = D_1 - 100 l_1 + v_{l_1}$$

$$(k - 100) \frac{D_2}{100} + c + d \frac{100}{D_2} + e \frac{10^4}{D_2^2} + f \frac{10^6}{D_2^3} + \dots = D_2 - 100 l_2 + v_{l_2}$$

..... (5)

$$(k - 100) \frac{D_n}{100} + c + d \frac{100}{D_n} + e \frac{10^4}{D_n^2} + f \frac{10^6}{D_n^3} + \dots = D_n - 100 l_n + v_{l_n}$$

Dla zrównoważenia dokładnościowego powyższego układu równań przyjmiemy  $ml_i = m_o \cdot D_i$  co oznacza przyjęcie założenia wzrastania błędu odczytu odcinka  $l$  na łacie wprost proporcjonalnie do odległości  $D$ . Po zrównoważeniu dokładnościowym otrzymamy:

$$\frac{k - 100}{100} + c \frac{1}{D_1} + d \frac{100}{D_1^2} + e \frac{10^4}{D_1^3} + f \frac{10^6}{D_1^4} + \dots = \frac{D_1 - 100 l_1}{D_1} + \frac{v_{l_1}}{D_1}$$

$$\frac{k - 100}{100} + c \frac{1}{D_2} + d \frac{100}{D_2^2} + e \frac{10^4}{D_2^3} + f \frac{10^6}{D_2^4} + \dots = \frac{D_2 - 100 l_2}{D_2} + \frac{v_{l_2}}{D_2}$$

..... (6)

$$\frac{k - 100}{100} + c \frac{1}{D_n} + d \frac{100}{D_n^2} + e \frac{10^4}{D_n^3} + f \frac{10^6}{D_n^4} + \dots = \frac{D_n - 100 l_n}{D_n} + \frac{v_{l_n}}{D_n}$$

W praktycznym rachunku korzystniej będzie wyznaczać zamiast niewiadomych:  $\frac{k-100}{100}$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f \dots$  ich wielokrotności:  $\frac{k-100}{100}$ ,  $\frac{c}{10}$ ,  $d$ ,  $10e$ ,  $100f \dots$

wówczas bowiem współczynniki przy niewiadomych w układzie równań osiągną wartości bardziej zbliżone do siebie:

$$\begin{aligned} \frac{k-100}{100} + \frac{c}{10} \frac{10}{D_1} + d \left( \frac{10}{D_1} \right)^2 + 10 e \left( \frac{10}{D_1} \right)^3 + 100 f \left( \frac{10}{D_1} \right)^4 + \dots &= \frac{D_1 - 100 l_1}{D_1} + \frac{v_{l_1}}{D_1} \\ \frac{k-100}{100} + \frac{c}{10} \frac{10}{D_2} + d \left( \frac{10}{D_2} \right)^2 + 10 e \left( \frac{10}{D_2} \right)^3 + 100 f \left( \frac{10}{D_2} \right)^4 + \dots &= \frac{D_2 - 100 l_2}{D_2} + \frac{v_{l_2}}{D_2} \\ \dots \dots \dots & \dots \dots \dots (7) \\ \frac{k-100}{100} + \frac{c}{10} \frac{10}{D_n} + d \left( \frac{10}{D_n} \right)^2 + 10 e \left( \frac{10}{D_n} \right)^3 + 100 f \left( \frac{10}{D_n} \right)^4 + \dots &= \frac{D_n - 100 l_n}{D_n} + \frac{v_{l_n}}{D_n} \end{aligned}$$

Dla zilustrowania na przykładzie omawianego zagadnienia wykonany został pomiar odcinków na łące odpowiadających kolejnym jej ustawieniom w wyznaczonych taśmą następujących odległościach: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 m od instrumentu. Ponieważ zauważona zmienność stałej  $c$  [1] wymyka się uwadze przy dokładnościach pomiaru charakterystycznych dla zwykłej tachimetrii, zastosowano przy wspomnianym pomiarze zabiegi zwiększające dokładność. Posługiwano się mianowicie niwelatorem precyzyjnym Ni 004 Zeissa oraz łąką do niwelacji precyzyjnej. Przebieg pomiaru opisano niżej.

Nacelowywano na łąkę ustawioną pionowo w miejscu określonym na podstawie pomiaru taśmą. Naprowadzano nitkę górną dalmierza do położenia symetrycznego względem najbliższej kreski podziału łąty (po uprzednim przybliżonym spoziomowaniu niwelatora) przy wykorzystaniu śruby elewacyjnej. Przy naprowadzaniu tym mikrometr był ustawiony na odczycie 00. Następnie śrubą mikrometryczną naprowadzano nitkę dolną dalmierza do położenia symetrycznego względem najbliższej (młodszej) kreski podziału łąty. Po wykonaniu odczytu nitki górnej (odczyt gruby z łąty + 00 z mikrometru) oraz nitki dolnej (odczyt gruby z łąty + reszta z mikrometru) powtarzano nacelowania i zapisy dla zwiększenia dokładności wyznaczenia. Przyjęto stosowanie czterokrotnego wyznaczenia każdego odcinka. Wyniki dokonanego pomiaru przedstawione są w tabelicy 1. Rzuca się tu w oczy duża zgodność wyników powtórzeń wyznaczenia każdego z odcinków łąty w granicach przeciętnie 2–3 działek mikrometru co pozwala przypuszczać, że błąd średni wyznaczenia odległości tym sposobem może się wahać w granicach paru centymetrów przy odległościach rzędu kilkudziesięciu metrów.

Dla określenia liczby koniecznych do wyznaczenia stałych, charakteryzujących badany dalmierz nitkowy, przeprowadzono analizę otrzymanego z pomiaru szeregu wielkości liczbowych  $\frac{\Delta}{D}$ .

Określenie stopnia wielomianu (a więc i liczby występujących w nim parametrów wymagających wyznaczenia) można wykonać na drodze

Tablica 1

Wyznaczenie stałych dalmierza nitkowego. Dziennik pomiarowy  
(fragment)

Obserwował Stefan Zykubek

Dalmierz nitkowy niwelatora Ni 004 Nr 104177, położenie łąty pionowe.

D	Nitka górna		Nitka górna Nitka dolna	D - 100 l = Δ metrów	$\frac{\Delta}{D}$ (wyr. wolny)
	łata	mikr.			
			2l		
5	312	20	312 21,5		
		23			
		22	302 00		
		21	10 21,5	- 0,108	- 0,0216
10	320	04	320 04,0		
		05			
		03	300 00		
		03	20 04,0	- 0,020	- 0,0020
15	330	00	330 00,5		
		01			
		00	300 00		
		01	30 00,5	- 0,002	- 0,0001
20	340	00	340 00,0		
		01			
		00	300 00		
		00	40 00,0	0,000	0,0000
25	339	97	339 97,5		
		96			
		98	290 00		
		99	49 97,5	0,012	0,0005
30	345	92	345 91,0		
		92			
		91	286 00		
		90	59 91,0	0,045	0,0015
35	349	92	349 92,0		
		93			
		92	280 00		
		91	69 92,0	0,040	0,0011
40	354	76	354 76,0		
		77			
		76	275 00		
		74	79 76,0	0,120	0,0030
45	359	76	359 76,0		
		77			
		74	270 00		
		76	89 76,0	0,120	0,0027

D	Nitka górna		Nitka górna Nitka dolna	D - 100 l = Δ metrów	$\frac{\Delta}{D}$ wyr. wolny
	łata	mikr.			
			21		
50	364	77	364 77,0	0,115	0,0023
		78			
		76	265 00		
		76	99 77,0		
60	374	81	374 79,0	0,105	0,0018
		77			
		79	255 00		
		78	119 79,0		

analizy szeregu wielkości zmiennej, podanych dla wartości argumentów zmieniających się w sposób regularny.

W naszym przypadku szereg taki stanowią uzyskane z pomiaru wielkości  $\frac{\Delta}{D}$ , odpowiadające jednakowym zmianom mierzonej długości a więc np. dla wszystkich  $D$  w zakresie 5—50 m w odstępach co 5 m. W tabelicy 2 zestawiono krakowian kolejnych uzyskanych wartości  $\frac{\Delta}{D}$  dla wspomnianego zakresu odległości. Sposób analizy oparty jest na wykonywaniu mnożeń krakowianu wartości zmiennej przez krakowiany newtonowskie:  $\left\{\frac{\Delta}{D}\right\} \cdot \mathbf{N} = \mathbf{U}$ . W wyniku mnożenia otrzymujemy krakowian  $\mathbf{U}$ , którego poszczególne elementy powinny być dostatecznie bliskie zera w przypadku, gdy krakowian newtonowski zawiera w kolumnach  $n + 2$  elementy, (gdzie  $n$  — stopień wielomianu aproksymującego badany szereg liczbowy z wystarczającym przybliżeniem). Bliższe szczegóły na temat zastosowanej metody analizy znajdzie czytelnik np. w [2] strona 190. Istotne jest ustalenie roboczego kryterium, określającego, czy uzyskane przybliżenie jest dostateczne lub niewystarczające. Do tego celu wykorzystamy wzór:

$$m = \frac{\sqrt{\frac{[UU]}{r}}}{s} = \min. \quad (8)$$

gdzie:  $U$  — element krakowianu  $\mathbf{U}$ ,

$r$  — liczba wyznaczonych elementów krakowianu  $\mathbf{U}$ ,

$s$  — suma bezwzględnych wartości elementów w kolumnie krakowianu newtonowskiego.

W tabelicy 2 przedstawione są przykładowo kolejne obliczenia, mające na celu wyznaczenie wielkości  $m$  przy zakładaniu, iż badany szereg  $\frac{\Delta}{D}$  jest zastąpiony przez wielomiany stopnia drugiego, trzeciego

T ablica 2

$$\begin{pmatrix} -0,0216 \\ -0,0020 \\ -0,0001 \\ 0,0000 \\ 0,0005 \\ 0,0015 \\ 0,0011 \\ 0,0030 \\ 0,0027 \\ 0,0023 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -3 & 1 \\ 3 & -3 & 1 \\ -1 & 3 & -3 & 1 \\ & -1 & -3 & 1 \\ & & -1 & 3 & -3 & 1 \\ & & & -1 & 3 & -3 \\ & & & & -1 & 3 \\ & & & & & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,0153 \\ -0,0022 \\ -0,0001 \\ 0,0019 \\ -0,0027 \\ 0,0045 \\ -0,0021 \end{pmatrix}$$

8  $m = 0,0007$

$$\begin{pmatrix} -0,0216 \\ -0,0020 \\ -0,0001 \\ 0,0000 \\ 0,0005 \\ 0,0015 \\ 0,0011 \\ 0,0030 \\ 0,0027 \\ 0,0023 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -4 & 1 \\ 6 & -4 & 4 \\ -4 & 6 & -1 & 1 \\ 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \\ & 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \\ & & 1 & -4 & 6 & -4 \\ & & & 1 & -4 & 6 \\ & & & & 1 & -4 \\ & & & & & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,0137 \\ -0,0021 \\ -0,0020 \\ 0,0056 \\ -0,0082 \\ 0,0066 \end{pmatrix}$$

16  $m = 0,0005$

$$\begin{pmatrix} -0,0216 \\ -0,0020 \\ -0,0001 \\ 0,0000 \\ 0,0005 \\ 0,0015 \\ 0,0011 \\ 0,0030 \\ 0,0027 \\ 0,0023 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -5 & 1 \\ 10 & -5 & 1 \\ -10 & 10 & -5 & 1 \\ 5 & -10 & 10 & -5 & 1 \\ -1 & 5 & -10 & 10 & -5 \\ & -1 & 5 & -10 & 10 \\ & & -1 & 5 & -10 \\ & & & -1 & 5 \\ & & & & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,0116 \\ -0,0001 \\ -0,0076 \\ 0,0138 \\ -0,0148 \end{pmatrix}$$

32  $m = 0,0004$

i czwartego. Te i dalsze, niewykazane tu obliczenia pozwoliły uzyskać następujące wartości  $m$ , charakteryzujące wartość dopasowania odpowiednich wielomianów do badanego szeregu wielkości zmiennej:

$n$	1	2	3	4	5	6
$m$	0,0018	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0004

Powyższa tabelka wskazuje, że poczynając od wielomianu trzeciego stopnia wzwyż nie następuje istotna poprawa w przybliżeniu, co ma

związek z ograniczoną dokładnością elementów badanego szeregu liczbowego, wskutek błędów pomiarowych. Z tego wynika, że w dostatecznym stopniu szereg liczbowy może być aproksymowany przez wielomian zawierający cztery wyznaczone parametry — stałe dalmierza. Taki wniosek winien uzyskać potwierdzenie w postaci małej wielkości błędu średniego typowego spostrzeżenia, uzyskanej po wyrównaniu mającym na celu wyznaczenie parametrów — stałych dalmierza.

Wykorzystany tu sposób analizy stopnia wielomianu aproksymującego badany szereg z dostatecznym przybliżeniem jest słuszny przy założeniu, iż wielomian ten posiada postać:

$$D = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot l + \alpha_3 \cdot l^2 + \alpha_4 \cdot l^3 + \quad (9)$$

gdzie:  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \dots$  — wyznaczone parametry.

Wykonano wyznaczenie na podstawie wyników pomiaru zawartych w tabelicy 1, czterech parametrów  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ , określających liczbowo  $D$  w zależności od  $l$  zgodnie z powyższą formą wielomianu. Otrzymano przy tym wyrównaniu błąd średni typowego spostrzeżenia  $m_o = 0,00132 = \frac{1}{760}$ .

Wielomian określony równaniem (2) różni się od powyższego w zasadniczy sposób i dlatego wnioski z wyżej omówionej analizy stopnia wielomianu i koniecznej do wyznaczenia liczby parametrów nie obowiązują wprost przy jego wykorzystaniu. Tym nie mniej wydaje się, że w niniejszym zagadnieniu wielomian o formie (2) w lepszy sposób przybliża badany szereg wielkości z pomiaru aniżeli wielomian o formie (9) zawierający tyle samo parametrów. Wyznaczmy przeto dla porównania 4 parametry określające liczbowo  $D$  w zależności od  $l$  zgodnie z formą (2) wielomianu. Tabela 3 zawiera takie wyznaczenie parametrów  $k, c, d, e$  na podstawie wyników pomiaru zawartych w tabelicy 1. Następnie wykonano wyznaczenie parametrów  $k, c$  na podstawie tych samych wyników pomiaru zawartych w tabelicy 1. W wyniku dokonanych wyrównań otrzymaliśmy potwierdzenie przypuszczenia o celowości wyznaczenia dodatkowych poza  $k, c$  parametrów. Mianowicie przy wyznaczeniu czterech stałych  $k, c, d, e$  błąd średni typowego spostrzeżenia po wyrównaniu jest tu równy  $m_o = 0,00055$  to jest  $\frac{1}{1800}$  zaś przy wyznaczeniu jedynie stałych  $k, c$   $m_o = 0,00190$  to jest  $\frac{1}{530}$ .

Zauważmy jeszcze, że gdyby wykonać analizę dla określenia właściwego stopnia wielomianu po uprzednim skreśleniu kilku początkowych elementów szeregu liczbowego  $\frac{A}{D}$  (tabela 2) to uzyskalibyśmy mniejsze wartości  $m$  przy niższych niż poprzednio stopniach wielomianu. Pomijając

Tablica 3

Wyznaczenie stałych  $k$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  dalmierza na podstawie wyników pomiaru odcinków w granicach 5—120 m

Równania poprawek zestawione wg wzoru (7)

D	N i e w i a d o m e				$\frac{\Delta}{D} 100$	kontr.	$100 \cdot \frac{v}{D}$	v metrów
	$\frac{k-100}{100}$	$\frac{c}{10}$	d	10 e				
5	1,000	2,000	4,000	8,000	- 2,160	12,840	0,003	0,000
10	1,000	1,000	1,000	1,000	- 0,200	3,800	- 0,025	- 0,002
15	1,000	0,667	0,445	0,297	- 0,010	2,399	- 0,006	- 0,001
20	1,000	0,500	0,250	0,125	0,000	1,875	0,063	0,013
25	1,000	0,400	0,160	0,064	0,050	1,674	0,059	0,015
30	1,000	0,333	0,111	0,037	0,150	1,631	- 0,009	- 0,003
35	1,000	0,287	0,082	0,024	0,110	1,503	0,054	0,019
40	1,000	0,250	0,063	0,016	0,300	1,629	- 0,117	- 0,047
45	1,000	0,223	0,050	0,011	0,270	1,554	- 0,072	- 0,032
50	1,000	0,200	0,040	0,008	0,230	1,478	0,019	- 0,010
60	1,000	0,167	0,028	0,005	0,180	1,380	0,050	0,030
70	1,000	0,143	0,020	0,003	0,240	1,406	0,004	0,003
80	1,000	0,125	0,016	0,002	0,240	1,383	0,016	0,013
90	1,000	0,111	0,012	0,001	0,310	1,434	- 0,046	- 0,041
100	1,000	0,100	0,010	0,001	0,260	1,371	0,012	0,012
120	1,000	0,083	0,007	0,001	0,250	1,341	0,033	0,040

Równania normalne

16,000	6,589	6,294	9,595	0,220	38,698
	6,294	9,593	17,315	- 4,068	35,723
		17,315	33,182	- 8,747	57,637
			65,110	- 17,460	107,742

Rozwiązanie równań normalnych

4,000	1,647	1,574	2,399	0,055	9,674	5
	1,893	3,698	7,060	- 2,197	10,453	4
		1,078	3,059	- 0,658	3,478	9
			0,392	- 0,174	0,215	8

0,343   -0,774   0,650   -0,444   Niewiadome pomnożone przez 100

Obliczenie błędu typowego spostrzeżenia po wyrównaniu z kontrolą wyrównania:

[ll] 5,332

$$[LL] \frac{5,293}{0,039} \cdot 10^4 \left[ \frac{vv}{DD} \right] = 0,036 \quad m_o = \sqrt{\frac{0,036}{10^4 \cdot 12}} = 0,00055 = \frac{1}{1800}$$

W wyniku wyrównania ustalono formę wielomianu:

$$100 l + 0,00343 \cdot D - 0,0774 + 0,65 \cdot D^{-1} - 4,44 \cdot D^{-2} = D$$



trzy początkowe elementy analizowanego szeregu liczbowego (to jest przyjmując do wyznaczenia stałych wyniki pomiaru odcinków poczynając od 20 m wzwyż) otrzymamy:

$n$	1	2	3
$m$	0,0004	0,0004	0,0005

Tabela wskazuje, iż w tym przypadku dostateczne przybliżenie daje już wielomian pierwszego stopnia, co pozwala na obliczenie jedynie stałych  $k$ ,  $c$ . Wykonano obliczenie, oparte na wykorzystaniu wyników wykonanych pomiarów poczynając od odcinka 20 m wzwyż. Również to obliczenie wykazało słuszność dokonanego ustalenia stopnia wielomianu, bowiem towarzyszy mu mała wielkość  $m_o = 0,00053$  to jest  $\frac{1}{1900}$ .

Dokonane ustalenia wydają się dosyć istotne, bowiem pozwalają skorygować stosowany niesłusznie sposób wyznaczenia stałych  $k$ ,  $c$  przy wykorzystaniu również pomiaru krótkich odcinków (przeważnie poczynając od 10 m). Z drugiej strony okazało się możliwe opieranie wyznaczenia stałych  $k$ ,  $c$  na wynikach pomiaru odcinków krótszych, niż uwzględniono z zachowaniem pewnej ostrożności w publikacji [1] (wyznaczenie stałej  $k$  na podstawie pomiaru odcinków o długościach nie mniejszych od 100 metrów). Wykorzystanie również odcinków krótszych, poczynając od 20—30 m posiada tu niewątpliwie znaczenie dla dokładności wyznaczenia stałych i jednocześnie nie obciąża wyników wpływem zmienności stałej  $c$ , występującym na odcinkach krótszych.

W przypadkach, gdy istotne jest określenie zależności między  $D$  i  $l$  w całym zakresie długości możliwych do zmierzenia, poczynając od najmniejszej odległości przedmiotowej, właściwe jest wyznaczenie większej niż dwa liczby parametrów charakteryzujących wielomian.

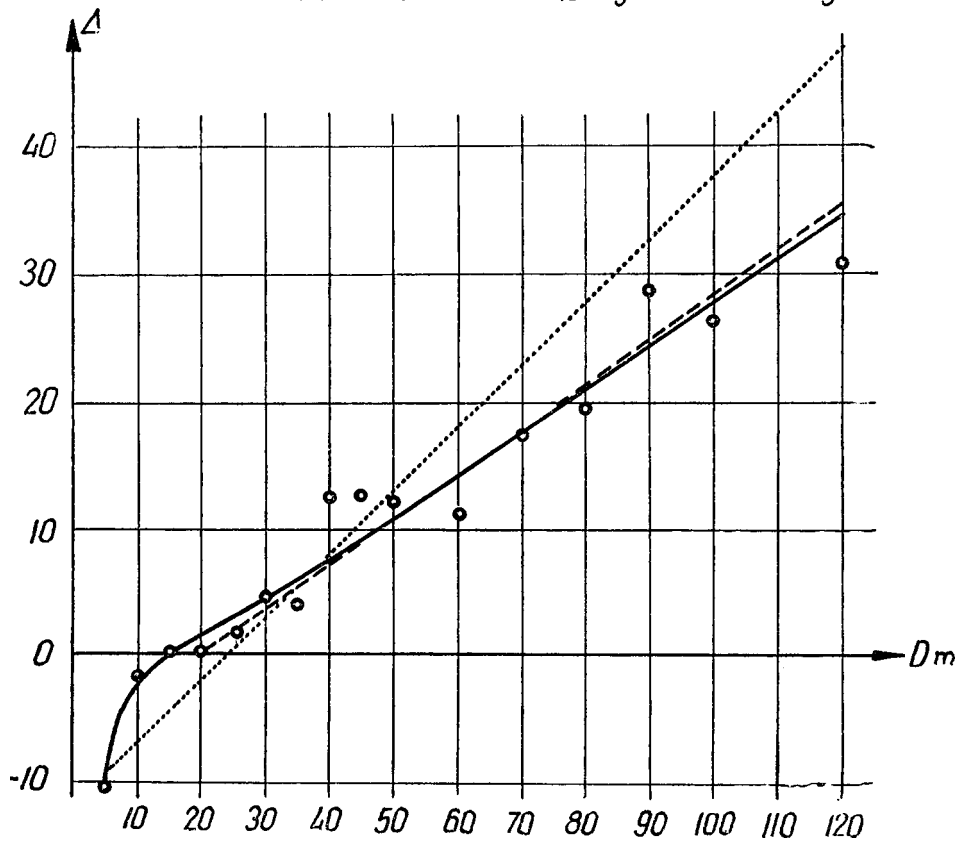
Praktyczne wykorzystanie wyznaczonych stałych dalmierza może opierać się na zależności (4). Dla obliczenia długości należy tu pomnożyć odczytany na łacie odcinek przez 100 i dodać do niego poprawkę  $\Delta$  obliczoną na podstawie wyznaczonych stałych. Na podstawie wyznaczonych tu w trzech wariantach stałych dalmierza (wg. wzoru (2)) sporządzono wykres 1 na którym poprawki  $\Delta$  określone są przez odpowiednie krzywe. Na wykresie tym naniesiono również w postaci kółek wyniki pomiaru, które posłużyły do wyznaczenia każdego z wielomianów i odpowiednich wykresów. Na wykresie zaobserwować można, że najlepiej wpasowana jest pomiędzy pozycje kółek krzywa stanowiąca wykres wielomianu o parametrach  $k$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ . Również prosta narysowana linią przerywaną, stanowiąca wykres wielomianu o parametrach  $k$ ,  $c$  wyznaczonych na podsta-

wie długości 20—120 m jest wpasowana dobrze. Inaczej rzecz się ma w stosunku do prostej narysowanej linią kropkowaną, która stanowi wykres wielomianu o parametrach  $k, c$  wyznaczonych na podstawie długości 5—120 m.

Ogólnie rzecz biorąc, omówiony wykres stanowi graficzną ilustrację wartości dopasowania określonego wielomianu do uzyskanego z pomiaru szeregu wielkości liczbowych  $\Delta$  a jednocześnie stanowi pomoc przy obliczaniu długości mierzonych odcinków.

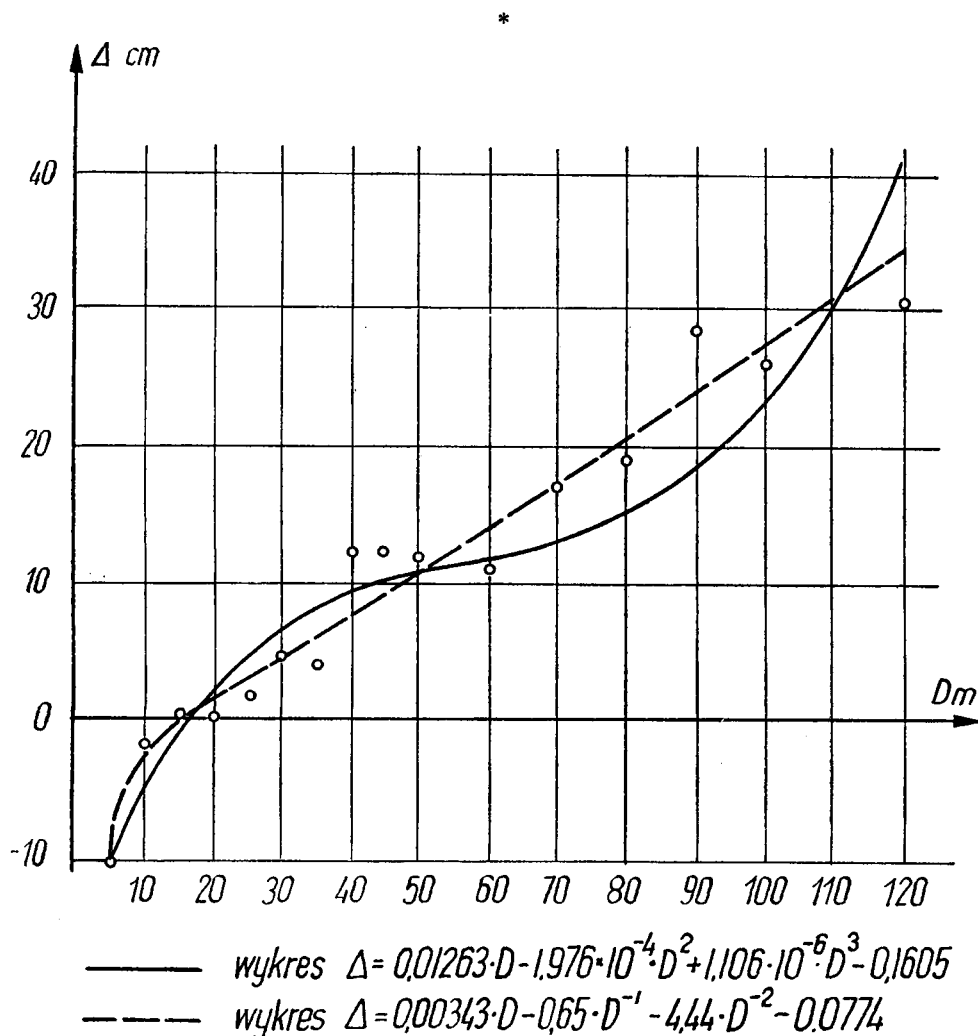
Wykresy poprawek  $\Delta$  do wzoru  $D=100L + \Delta cm$   
określone:

- na podstawie  $k, c, d, e$  wyznaczonych z  $D$  5-120 m  
 - - - " " "  $k, c$  " " " " 20-120 m  
 ····· " " "  $k, c$  " " " " 5-120 m  
 ○ -  $\Delta$  zaobserwowane dla wyznaczenia statych



wykres 1

Wykres 2 stanowi ilustrację różnic między wyznaczeniem 4 parametrów na podstawie zależności typu (2) (oznaczenie linią przerywaną) i zależności typu (9) (oznaczenie linią ciągłą). Oba wykresy wartości  $\Delta$ , sporządzone na tle pozycji kółek oznaczających wyniki pomiaru, które posłużyły do obliczenia parametrów obu zależności, unaczynają obok wielkości uzyskanych błędów  $m_o$  — wartość dokonanych aproksymacji.



Pomiar odcinka  $l$  na łące przeprowadzony dla wyznaczenia stałych dalmierza omówionym wyżej sposobem okazał się dosyć dokładny, co zachęca do przeprowadzenia dalszych badań polowych. Wydaje się, że może on znaleźć dosyć szerokie zastosowanie w przypadku wykorzystania

do niego nie tylko niwelatorów precyzyjnych lecz również dowolnego teodolitu zawierającego dalmierz nitkowy, wyposażonego w nasadkę płaskorównoległą, zakładaną na oprawę obiektywu. Z istniejących nasadek niwelacyjnych najbardziej do tego celu nadaje się nasadka płaskorównoległa firmy Kern, bowiem jej śruba mikrometryczna jest osadzona bezpośrednio na oprawie nie zaś na wysięgniku. Taka konstrukcja nasadki umożliwi zakładanie jej na oprawę obiektywu teodolitu w dwu położeniach — dla pomiaru przy łacie poziomej lub pionowej. Możliwości te zbadano zakładając nasadkę na oprawę obiektywu teodolitu Zeissa Th-2. Zamocowanie nasadki wymagało tu wykonania mosiężnego pierścienia o średnicy wewnętrznej dopasowanej do średnicy oprawy obiektywu oraz o średnicy zewnętrznej dopasowanej do prowadzącej średnicy nasadki (do średnicy oprawy obiektywu niwelatora firmy Kern). Zastosowanie nasadki płaskorównoległej zakładanej dla omawianego celu na oprawę obiektywu jest pod pewnym względem bardziej korzystne, aniżeli wykorzystanie nasadek dwuobrazowych. Mianowicie przy pomiarze kątów wystarczy tu ustawić płytkę płaskorównoległą prostopadle do celowej, to jest obrócić śrubę mikrometryczną do położenia odpowiadającego odczytowi 50 na bębnieku, bez konieczności zdejmowania nasadki. Również interesującą jest możliwość założenia nasadki na oprawę lunety o krótkim wyciągu okularowym (dającą się przekładać przez zenit okularom w położeniu dolnym) bowiem wówczas pomiar kątów może się odbywać bez zdejmowania nasadki w obu położeniach lunety.

Opisany sposób pomiaru przy wykorzystaniu istniejących przyrządów, wykorzystywanych do innych celów, możliwy jest do zastosowania w zakresie długości do około 120—140 m. Ma to związek ze stosunkowo niską kreską podziału łaty do niwelacji precyzyjnej. W przypadku gdybyśmy dysponowali nasadką płaskorównoległą o zakresie przesuwu celowej w granicach 1 cm, możliwe stałoby się wykonanie łaty o interwale co 1 cm z podziałem mijanym, w rezultacie czego sąsiednie kreski jednego szeregu rozmieszczone byłyby w odstępach 2 cm, umożliwiającymi odpowiednie pogrubienie rysunku kresek dla ich lepszej widoczności przy większych odległościach.

#### LITERATURA

- [1] *Gomoliszewski J.*: Nowy sposób pomiaru długości boków poligonowych za pomocą dalmierza nitkowego. *Geodezja i Kartografia*, Tom XI, zeszyt 2, PWN, W-wa 1962
- [2] *Hausbrandt St.*: *Rachunki Geodezyjne*. PPWK, W-wa 1953
- [3] *Marczenko CN, Sadilenko N Ch.*: *Tocznoje opredielenie postojannych nitianogo dalnomiera*. *Geodezja i Kartografia*, Geodezizdat 10. 1960

*Rękopis złożono w Redakcji w lutym 1963 r.*

*ВОЙЦЕХ ЯНУШ*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННЫХ НИТЯНОГО ДАЛЬНОМЕРА  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ**

**Резюме**

Работа содержит описание метода определения постоянных нитяного дальномера. Метод учитывает изменения постоянной  $s$ , выступающие на практике при небольших расстояниях. Изложенный материал иллюстрируется примером измерения и расчетов, связанных с определением постоянных.

С целью повышения точности определения постоянных использовался для измерений прецизионный нивелир, точная нивелирная рейка и специальная программа наблюдений. Это измерение дало возможность сделать вывод, что можно таким образом достичь значительной точности (порядка  $1 : 2\ 000$ ); это делает выгодным использование в измерениях расстояния нитяного дальномера с плоско-параллельными насадками, укрепляемыми на оправку объектива трубы теодолита.

*WOJCIECH JANUSZ*

DETERMINATION OF THE STADIA CONSTANTS FOR DISTANCE  
MEASUREMENTS OF HIGH PRECISION

S u m m a r y

The method of determination of constants of a range-finder with wires is described in this paper; the changes of the addition constant  $c$ , which appears in the practice by measurements of short distances, are taken into account. An example of measurement and computations for the determination of constants is given.

In order to obtain the greater accuracy in the constants determination a precise level with a precise staff and a special program of observations were used.

The measurement, performed in such a way, has shown the possibility of obtaining the high accuracy (1 : 2 000); it is therefore suitable to use the plane-parallel plates, to be put on the lens mount of the transit telescope, by the measurements of distances with a range-finder with wires.