

## KONCEPCJA ŚWIATŁOWODOWEJ SYGNALIZACJI CELU W GEODEZYJNYCH POMIARACH KĄTOWYCH NA NIEDUŻYCH OBIEKTACH INŻYNIERSKICH

Kazimierz Ćmielewski

**Streszczenie.** W pracy zaprezentowano idee kształtowych światłowodowych celów do sygnalizowania punktów geodezyjnych usytuowanych na elementach obiektów inżynierskich podlegających pomiarom geodezyjnym. Określono wstępnie w warunkach laboratoryjnych dokładność pomiaru kierunku do celu sygnalizowanego światłowodem włóknistym.

**Słowa kluczowe:** pomiary geodezyjne, sprzęt, światłowody, obiekty inżynierskie

### WSTĘP

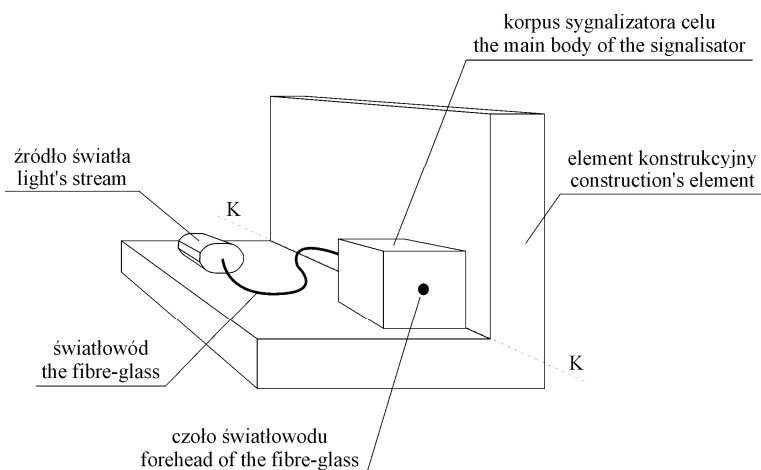
Obiekty inżynierskie na etapach: montażu, eksploatacji oraz prac remontowych i modernizacyjnych podlegają niejednokrotnie kątowym obserwacjom geodezyjnym. Wynikiem pomiarów jest określenie spełnienia wymaganych dla elementów obiektu warunków geometrycznych zadanych projektem. Warunki przestrzeni pomiarowej na obiektach, a także kształt i usytuowanie elementów kontrolnych nie zawsze i nie wszędzie pozwalają na zastosowanie typowych geodezyjnych tarcz i sygnałów celowniczych oraz pionów znanych z literatury [Szymoński 1982]. Ponadto znane tarcze celownicze i sygnały, a także pionyswoją konstrukcją oraz możliwościami pomiarowymi nie pozwalają uzyskać często dokładności sygnalizowania punktów bądź linii pomiarowych w odniesieniu do dokładności nakładanych na pomiary przez normy PN, ISO, wytyczne branżowe itp. Jedną z podstawowych czynności przy pracach pomiarowych na obiektach inżynierskich jest pomiar kąta. Na dokładność jego pomiaru zasadniczy wpływ wywiera błąd celowania, którego wielkość uzależniona jest od następujących czynników: predyspozycji wzrokowych obserwatora, parametrów techniczno-optycznych lunety instrumentu, środowiska pomiaru oraz budowy i kształtu celu sygnalizującego położenie punktu geodezyjnego w przestrzeni pomiarowej.

W ostatnich latach pojawiły się nowe metody pomiaru oraz nowe tendencje w budowie instrumentów i urządzeń przeznaczonych do precyzyjnego pomiaru odległości, różnic wysokości i kątów. Do techniki pomiarowej zostały wprowadzone przyrządy laserowe oraz urządzenia elektroniczne tworzące wysoce wyspecjalizowane układy pomiarowe [Gocał 1993]. Dzięki ogromnemu postępowi optoelektroniki powstały warunki do wykorzystania właściwości światła na dużą skalę. Stworzono odpowiednie źródła i doskonale prowadnice fal świetlnych – światłowody, które umożliwiają budowę

aparatury kontrolno-pomiarowej o niespotykanej precyzji. Zasadniczo rozróżnia się światłowody włókniste oraz płaskie stosowane w strukturach optyki scalonej. Przewodzenie światła przez włókno optyczne – światłowód opisuje się prawem całkowitego wewnętrznego odbicia światła zachodzącego pomiędzy płaszczem, a rdzeniem o różnych współczynnikach załamania, stanowiącego podstawę konstrukcyjną włókna. Światłowody włókniste dzielą się na światłowody wielomodowe i jednomodowe. Światłowód jest włóknem dielektrycznym (zazwyczaj wykonanym ze szkła) o średnicy zewnętrznej 100–1000  $\mu\text{m}$ , w którym płaszcz (ang. cladding) otacza cylindryczny rdzeń (ang. core) o średnicy 3–500  $\mu\text{m}$ .

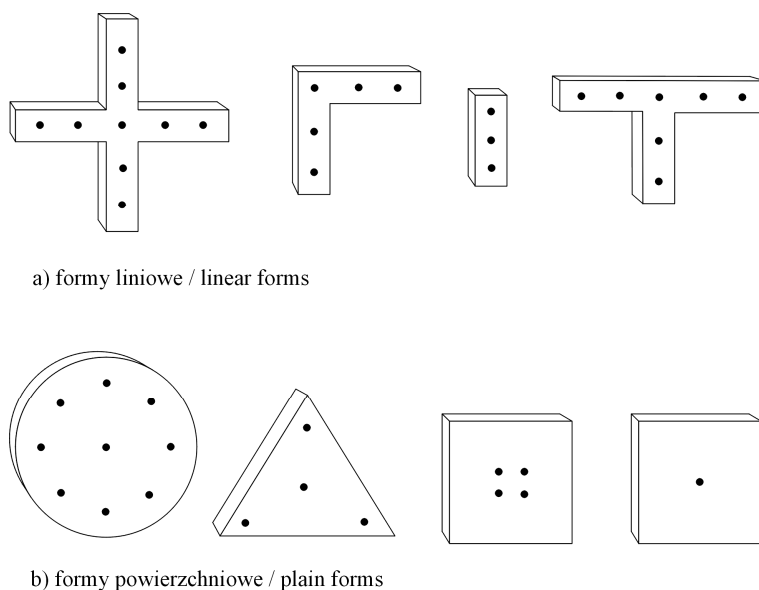
## ŚWIATŁOWODOWE SYGNALIZATORY CELU

Elementy obiektów inżynierskich podlegające pomiarom często oprócz skomplikowanego powiązania technologicznego charakteryzują się utrudnionym dostępem do zlokalizowanych na nich punktów geodezyjnych, słabym ich oświetleniem oraz zabudowaniem uniemożliwiającym zastosowanie znanych sygnałów i tarcz celowniczych [Prospekty...]. Stąd też autor proponuje, aby w przypadku wspomnianych utrudnień pomiarowych zastosować światłowodowe sygnalizatory celu. Na rysunku 1 przedstawiono schemat budowy i działania światłowodowego sygnalizatora celu. W przypadku wykonywania obserwacji kątowych na obiekcie inżynierskim na przykład pomiarów krawędzi K-K, na elemencie konstrukcyjnym ustawia się korpus sygnalizatora celu, tak aby był w styku ze ściankami tworzącymi wspomnianą krawędź K-K. Po włączeniu źródła światła, światło propagowane przez światłowód widziane jest jako punkt na jego czole (świecący kołowo rdzeń). Obserwacje prowadzi się do czoła światłowodu przesuniętego względem krawędzi o określone wielkości konstrukcyjne korpusu sygnalizatora celu. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe formy światłowodowych sygnalizatorów celu, jakie mogą być zastosowane w zależności od specyfiki kształtów elementów konstrukcyjnych występujących na badanym obiekcie.



Rys. 1. Schemat działania światłowodowego sygnalizatora celu (SSC)

Fig. 1. Scheme of the fibre-optical target signalisation set



Rys. 2. Widok przykładowych form światłowodowych sygnalizatorów celu (ŚSC) od strony obserwacyjnej

Fig. 2. The example fibre-optical target signalisators from the observation-side view

## BADANIA DOŚWIADCZALNE

Dla sprawdzenia możliwości zastosowania światłowodu do nacelowań kątowych autor wykonał model światłowodowego sygnalizatora celu w nawiązaniu konstrukcyjnym do schematu przedstawionego na rysunku 1. Model sygnalizatora stanowi kostka metalowa o wymiarach 15 x 15 x 15 mm, w środku której osadzono światłowód wielomodowy o parametrach: 50  $\mu\text{m}$ /125  $\mu\text{m}$  (średnica rdzenia/średnica płaszcz). Jako źródło światła zastosowano oświetlacz mikroskopowy zaopatrzony w filtry: czerwony, żółty, zielony i niebieski. Jako instrument testujący użyto tachymetr elektroniczny firmy Leica TC1800 charakteryzujący się standardowym błędem pomiaru kąta równym 1'' (0,3<sup>cc</sup>). Badania przeprowadzono na laboratoryjnej bazie pomiarowej założonej w korytarzu przyziemia Katedry Geodezji i Fotogrametrii Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Celem badań i doświadczeń było: wyznaczenie błędu średniego kierunku dla zmiennej odległości tachymetru TC1800 od modelu światłowodowego sygnalizatora celu ( $D_1=4,000$  m,  $D_2=8,000$  m,  $D_3=16,000$  m). Po ustawieniu na końcach odcinka testowego instrumentu TC1800 oraz modelu światłowodowego sygnału celu dokonano dziesięciokrotnych nacelowań krzyżem nitek na sygnalizator celu. Przed dokonaniem odczytu kąta poziomego za pomocą leniwiek ruchu poziomego dokładnie naprowadzano kreskę pionową ogniskowej lunety na świecące czoło światłowodu (rdzeń).

Zaobserwowane wartości kierunków dla kolejnych odległości testowych  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , wraz z obliczonymi błędami średniego pojedynczego kierunku zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie obserwowanych wartości kierunków poziomych  
 Table 1. Summary of the observed horizontal directions

Odległość Distance	D <sub>1</sub> =4,000 [m]			D <sub>2</sub> =8,000 [m]			D <sub>3</sub> =16,000 [m]		
	Kierunki poziome Horizontal directions								
Lp. No	g	c	cc	g	c	cc	g	c	cc
1.	82	1	40	109	8	24	109	12	48
2.			44			21			42
3.			44			23			46
4.			39			22			47
5.			44			21			48
6.			38			24			46
7.			38			17			50
8.			43			16			48
9.			46			22			48
10.			43			23			44
Średni kierunek Mean direction	82	1	41,9	109	8	21,3	109	12	46,7
Błąd średni kierunku Directional error			2,7			2,6			2,2

## PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule światłowodowy sygnalizator celu może stanowić uzupełnienie technik pomiarowych stosowanych na obiektach inżynierskich o skomplikowanych kształtach budowy i posiadających utrudniony dostęp do punktów pomiarowych, zwłaszcza tych, które uległy zabudowaniu lub mogą być niedostępne dla klasycznego sprzętu z uwagi na specyfikę procesu technologicznego. Uzyskane dokładności pomiaru kierunku predysponują stosowanie proponowanego rozwiązania konstrukcyjnego w pomiarach kątowych o podwyższonej dokładności.

## PIŚMIENNICTWO

- Ćmielewski K., 2001. Środowiskowe, technologiczne i materiałowe uwarunkowania zastosowania linii światłowodowych do testowania dalmierzy elektrooptycznych, V Konferencja Naukowo-Techniczna pt.: Problemy Automatyzacji w Geodezji Inżynierskiej, Warszawa.
- Ćmielewski K., 2002. Przyrząd do sygnalizowania punktów geodezyjnych, zgłoszenie do Urzędu Patentowego RP projektu wynalazku.
- Gocał J., 1993. Metody i instrumenty geodezyjne w precyzyjnych pomiarach maszyn i urządzeń mechanicznych, Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Holejko K., 1987. Precyzyjne elektroniczne pomiary odległości i kątów, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.

- Płatek A., 1991. Geodezyjne dalmierze elektrooptyczne i tachymetry elektroniczne, część I i II, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera, Warszawa – Wrocław.
- Prospekty firm produkujących sprzęt geodezyjny, Kern, Leica, Sokkisha, Topcon, Zeiss.
- Szymoński J., 1982. Instrumentoznawstwo geodezyjne cz.1. Wyd. III, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa.
- Szustakowski M., 1992. Elementy techniki światłowodowej, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.

### **THE CONCEPT OF FIBRE-OPTICAL MARKING OF GEODETIC TARGETS IN THE ANGULAR MEASUREMENTS PERFORMED AT SMALL ENGINEERING OBJECTS**

**Abstract.** This work presents the idea of special formed fibre-optical targets used for survey points marking. Such signals have usually been situated at engineering objects which should be periodically measured. Under laboratory conditions the accuracy of the direction to the target marked by a fibre-glass was determined.

**Key words:** surveying, equipment, fibre -glasses, engineering objects.

*Kazimierz Ćmielewski, Katedra Geodezji i Fotogrametrii, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50–357 Wrocław*