

## REALIZACJA POMIARÓW KĄTOWYCH W WARUNKACH NIEWIDOCZNOŚCI OBRAZU CELU

Kazimierz Ćmielewski, Krzysztof Kowalski

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono warianty metod pomiarów kątowych na obiektach inżynierskich z zastosowaniem nasadek do teodolitów i tachymetrów. Zastosowanie opisanych konstrukcji pomysłu autorów umożliwić może nawiązania kątowe do punktów pomiarowych zlokalizowanych w bliskiej odległości od instrumentu kątomierczego. Pozwoli to na efektywne usprawnienie prowadzonych procedur pomiarowych.

**Słowa kluczowe:** pomiary kątów, sprzęt geodezyjny, metodyka pomiarów

### 1. WPROWADZENIE

Szereg procesów technologicznych w warunkach przemysłowych realizowanych jest na niewielkich obszarowo obiektach zamkniętych. Warunki geometryczne zawarte w wytycznych projektowych dla zespołu elementów ciągów technologicznych współczesnych rozwiązań nierzadko obwarowane są dokładnościami pomiarowymi rzędu setnych części milimetra. Występujące powiązanie technologiczne podzespołów obiektu często nie sprzyja pełnemu zastosowaniu nowoczesnych instrumentów geodezyjnych. Na występujące utrudnienia duży wpływ mają: ograniczona przestrzeń obserwacyjna, wymiary obiektu, kolejność montażu (lub demontażu) podzespołów linii technologicznych lub urządzeń, a także zmienne warunki środowiska przestrzeni pomiarowej występujące na drodze przebiegu promienia celowej [Bryś 1996]. W czasie prowadzonych obserwacji niejednokrotnie występuje w geodezyjnych konstrukcjach pomiarowych znacząca różnica długości celowych [Gocał 1993, Janusz 1975]. Wielokrotnie można spotkać się z pomiarowymi sytuacjami, w których niezbędne staje się zastosowanie celowej z przedziału poniżej długości jego najkrótszej celowej. Szczególne znaczenie ma to w czasie prowadzenia pomiarów kątowych teodolitami i tachymetrami elektronicznymi [Płatek 1995].

Współczesne instrumenty geodezyjne do wykonywania obserwacji kątowych wyposażone są w lunety o zwartej konstrukcji z układem teleobiektywowym [Tatarczyk 1984]. Lunety tego typu za pomocą przesuwu soczewki ogniskującej pozwalają uzyskać obraz przedmiotu na płaszczyźnie siatki kresek, przy zachowaniu niezmienniej odległości pomiędzy obiektywem, a płytką siatki kresek. Produkowane instrumenty wyposażone są w lunety, których konstrukcja teleobiektywu pozwala uzyskać ogniskowanie obrazu przedmiotu w przedziale od pewnej odległości od obiektywu instrumentu do nieskończoności. Minimalna odległość ogniskowania, zwana „najkrótszą celową” podawana jest w metryce instrumentu.

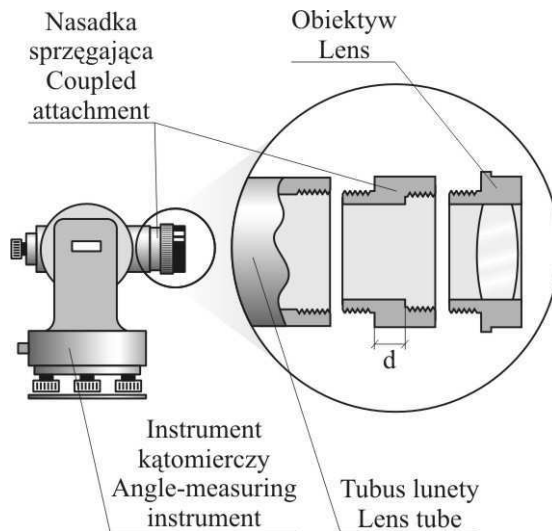
W pracach geodezyjnych przy budowie maszyn i urządzeń mechanicznych znane są i stosowane metody: autokolimacyjna oraz autorefleksyjna [Gocał 1993]. Pozwalają one na wykonywanie pomiarów przy krótkich celowych, jednakże nie obejmują możliwych sytuacji pomiarowych, z jakimi można się spotkać na obiektach inżynierskich. Jako uzupełnienie znanych rozwiązań autorzy proponują warianty nasadek, które w zestawieniu ze standardowymi instrumentami kątomierzczymi pozwalają na skrócenie celowej poniżej przypisanej konstrukcyjnie długości.

## 2. Budowa i zasada działania nasadek

Aby wykonać obserwacje kątowe do celów poniżej zakresu najkrótszej celowej lunety instrumentu, autorzy, jako usprawnienie techniki pomiarowej, proponują następujące warianty nasadek do teodolitów i tachymetrów:

- 1) nasadka sprzęgająca,
- 2) nasadka laserowa,
- 3) nasadka mechaniczna.

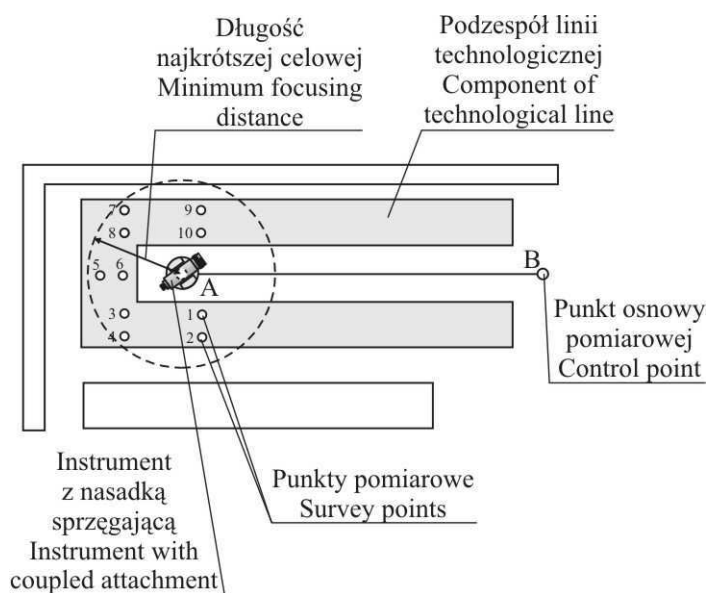
Na rysunku 1 przedstawiono nasadkę sprzęgającą łączącą tubus lunety z obiektywem.



Rys. 1. Widok instrumentu kątomierczego z nasadką sprzęgającą

Fig. 1. The view of an angular-measuring instrument with the coupled attachment

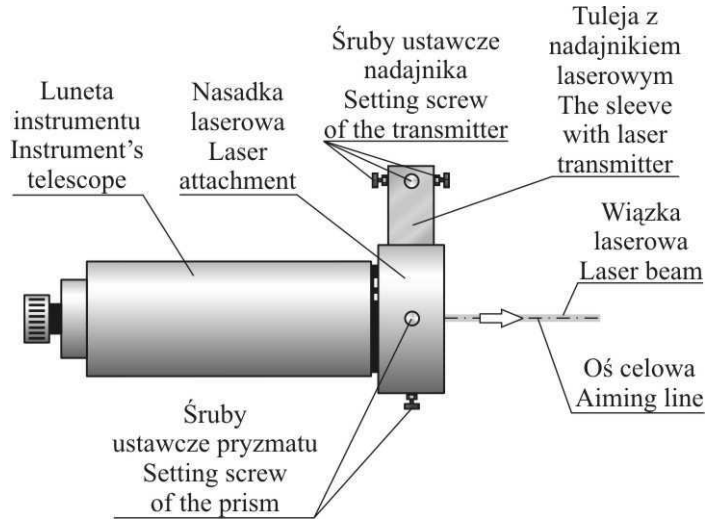
Nasadka sprzęgająca przestawia geometrycznie ognisko obiektywu zmieniając optyczny zakres działania teleteleobiektywu i pozwala na wytwarzanie obrazów na płycie krzyża nitek przedmiotów (sygnałów) blisko umieszczonych przed lunetą instrumentu. W zależności od długości „d” nasadki sprzęgającej, możliwe jest uzyskiwanie ogniskowania przedmiotów zlokalizowanych przy obiektywie, do pewnej odległości nie będącej nieskończonością. Na realizowanych obiektach inżynierskich najczęściej lokalizacja stanowiska instrumentu wymuszona jest procesem technologicznym montażu obiektu bądź kontroli jego podzespołów. Wówczas można się spotkać z przykładową sytuacją pomiarową, jak na rysunku 2. Występująca ograniczona przestrzeń obserwacyjna, dla usprawnienia procedur pomiarowych wymaga zastosowania krótkich celowych.



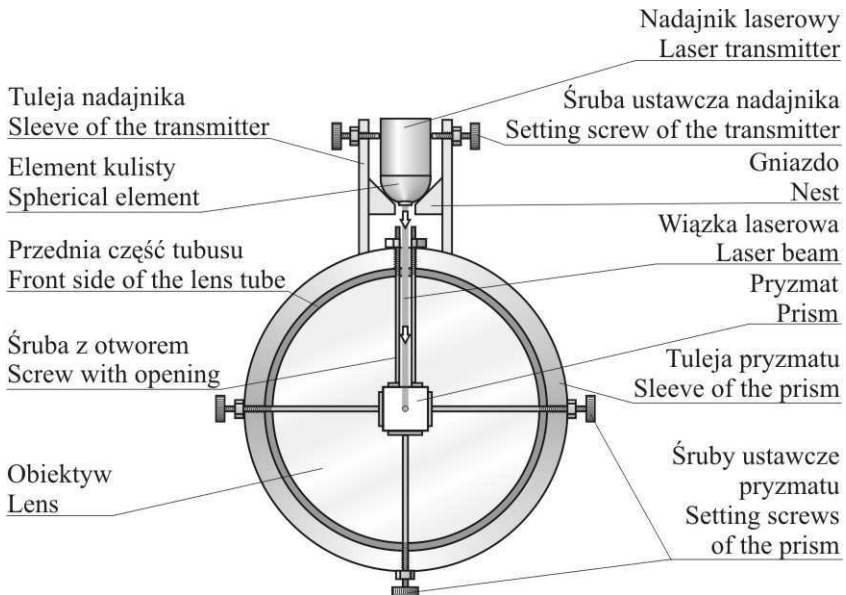
Rys. 2. Schemat sytuacji pomiarowej podzespołu linii technologicznej

Fig. 2. The scheme of measurement arrangement of technological line component

Rozwój techniki laserowej, a zwłaszcza miniaturyzacja laserów (diody laserowe), umożliwiają konstruowanie samodzielnych instrumentów laserowych, pełniących w geodezji rolę teodolitów, niwelatorów, pionowników, aliniometrów oraz połączonych z instrumentami klasycznymi (łączniki laserowe, okulary laserowe itp.). Istotną cechą instrumentów laserowych jest wizualizacja osi celowej oraz możliwość jej detekcji za pomocą odbiorników fotoelektrycznych oraz matryc CCD. Zalety światła laserowego oraz miniaturyzacja podzespołów laserowych przyczyniły się do opracowania konstrukcji nasadki laserowej możliwej do zastosowania w zaprezentowanym przykładzie (rys. 2). Budowę i zasadę działania nasadki laserowej przedstawiono schematycznie na rysunku 3 i 4.



Rys. 3. Widok z boku lunety instrumentu z zamocowaną nasadką laserową  
 Fig. 3. The side view of an instrument's telescope with the laser attachment



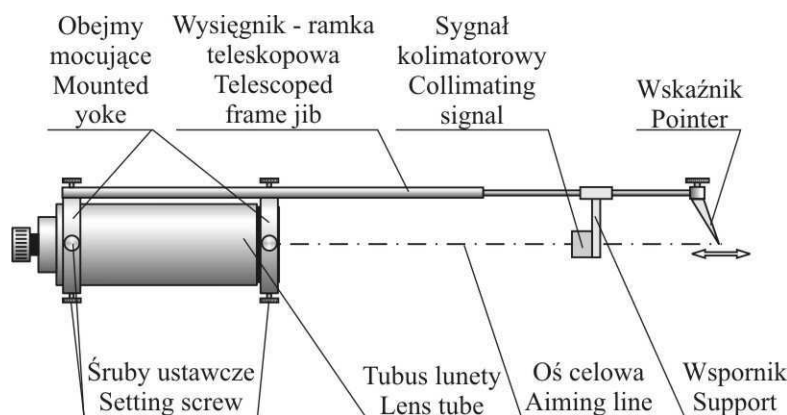
Rys. 4. Widok z przodu konstrukcji nasadki laserowej  
 Fig. 4. The front view of the laser attachment construction

W instrumentach geodezyjnych, luneta w przedniej części, od strony obiektywu na tubusie, posiada dokładne walcowe zakończenie umożliwiające dokonywanie połączeń z elementami wyposażenia instrumentu (np. osłona przeciwsłoneczna) oraz z firmowymi nasadkami pozwalającymi rozszerzyć zakres zastosowań pomiarowych.

Opracowana konstrukcja nasadki laserowej, podczas prowadzenia prac pomiarowych, mocowana jest na przedniej części tubusu lunety. Istotnym elementem nasadki jest pryzmat umieszczony przed obiektywem, w jego centralnej części. Pryzmat służy do załamywania pod kątem prostym wiązki laserowej propagowanej przez nadajnik laserowy (dioda laserowa) i uzyskiwania efektu współliniowości wiązki laserowej z osią celową instrumentu kątomierczego.

Usytuowanie przed obiektywem pryzmatu z elementami ustawczymi (śruby) obniża w pewnej części jasność oraz pole widzenia stosowanej lunety (rys. 4). Stosując znikomej wielkości elementy przesłaniające obiektyw można ograniczyć efekt wspomnianej niedogodności [Ćmielewski, Kuchmister 2004.]. Ustalenie współliniowości emitowanej wiązki laserowej z osią celową odbywa się na większej odległości, np. poprzez uzyskanie symetrii plamki laserowej względem krzyża nitek.

Innym wariantem przyrządu – nasadki umożliwiającej realizację pomiarów kątowych dla bardzo krótkich celowych jest nasadka mechaniczna sprzęgana z tubusem lunety przedstawiona na rysunku 5.

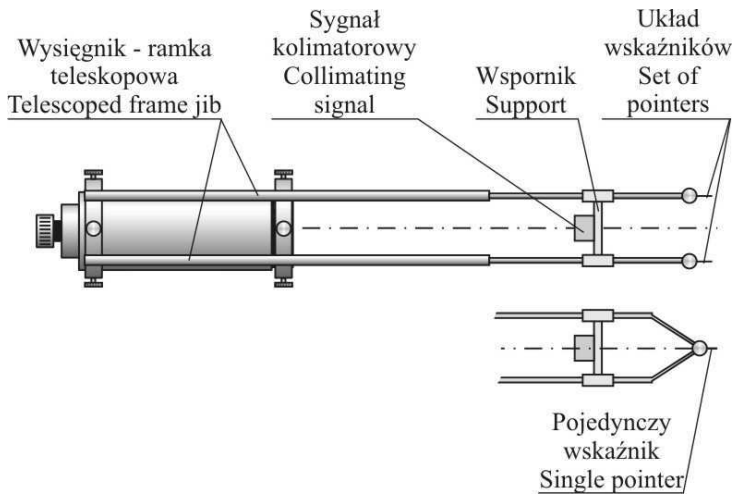


Rys. 5. Widok nasadki mechanicznej sprzęgniętej z tubusem lunety instrumentu kątomierczego  
Fig. 5. The view of the mechanical attachment coupled with a lens tube of an angle-measuring instrument

Po sprzęgnięciu nasadki mechanicznej z tubusem lunety, w pierwszej kolejności wykonuje się nacelowanie optyczne na punkt osnowy pomiarowej, a następnie poprzez ruchy pokręteł śruby ogniskującej lunety obserwuje położenie sygnału kolimatorowego. Osadzony na wsporniku ramki teleskopowej sygnał kolimatorowy służy do uzyskiwania współliniowości osi celowej instrumentu z „mechaniczną osią celową” (linia prosta wyznaczona przez punkty będące środkami obejm oraz koniec wskaźnika). W przypadku niepokrywania się siatki nitek instrumentu z rysunkiem sygnału kolimatorowego, koryguje się położenie obrazu wspomnianego sygnału względem osi celowej

za pomocą śrub ustawczych obejm. Tak przygotowany instrument z nasadką mechaniczną pozwala na precyzyjne wycelowanie w trakcie procesu pomiarowego. W zależności od odległości istniejącego lub realizowanego punktu pomiarowego leżącego na danym kierunku, wysuwa się ramkę teleskopową do momentu zetknięcia jej wskaźnika z punktem pomiarowym, bądź z miejscem, w którym punkt ma być realizowany.

Z uwagi na mechaniczną realizację osi celowej jej stabilność uzyskuje się poprzez mocowanie nasadki z tubusem lunety w dwóch miejscach: części okularowej i części obiektywowej. Za sygnałem kolimatorowym umieszczony może być wskaźnik lub układ „bliźniaczych” wskaźników, pomiędzy którymi w środku ich wzajemnej odległości przebiega oś celowa instrumentu, co przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Widok z góry nasadki mechanicznej sprzęgniętej z lunetą instrumentu  
Fig. 6. The top view of the mechanical attachment coupled with an instrument's lens

Układ dwóch wskaźników, w stosunku do pojedynczego, może ułatwiać prowadzenie prac realizacyjnych, zwłaszcza przy trasowaniu punktów bazowych związanych z montowaniem niewielkich elementów konstrukcyjnych.

### 3. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule warianty nasadek, nie naruszając budowy konstrukcyjnej instrumentów kątomierzycznych, zachowują standardowe możliwości obserwacyjne instrumentów, pozwalając na realizację minimalnej długości celowych. Wykonanie prototypów modeli nasadek oraz ich przetestowanie na bazie laboratoryjnej, a także terenowej, pozwolą na weryfikację założeń konstrukcyjnych poszczególnych wariantów oraz określenie ich parametrów technicznych i dokładnościowych. Rozwiązania konstrukcyjne zaprezentowane w pracy mogą mieć praktyczne zastosowanie w pomiarach realizacyjnych i eksploatacyjnych, na takich obiektach inżynierskich, jak: tunelach, szybach górniczych, pionowych galeriach i szybach pomiarowo-konstrukcyjnych zapór betonowych itp.

## PIŚMIENNICTWO

- Bryś H., 1996. Verallgemeinertes Modell der Fluchtlinienrefraktion mit streckenweise wirkendem Temperaturfeld in geschlossenen Räumen. AVN.
- Ćmielewski K., Kuchmister J., 2004. Ćwiczenia laboratoryjne z fizycznych podstaw geodezji. Skrypt Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 491, Wrocław.
- Gocał J., 1993. Metody i instrumenty geodezyjne w precyzyjnych pomiarach maszyn i urządzeń mechanicznych. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Janusz W., 1975. Obsługa geodezyjna budowli i konstrukcji. PPWK, Warszawa.
- Płatek A., 1995. Elektroniczna technika pomiarowa w geodezji. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Tatarczyk J., 1984. Elementy optyki instrumentalnej i fizjologicznej. Wydawnictwo AGH, Kraków.

## PERFORMING OF ANGULAR MEASUREMENTS UNDER THE INVISIBILITY CONDITIONS OF A TARGET SHAPE

**Abstract.** The article presents some variants and methods of angular surveys conducted on engineering objects by using measuring adapters for theodolites and total-stations. The application of the described authors' ideas makes it possible an angular connection to control points located near an instrument. Such approach enables a surveyor to rationalize measuring procedures.

**Key words:** angular measurements, geodetic equipment, measurements' methodology

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.10.2005