

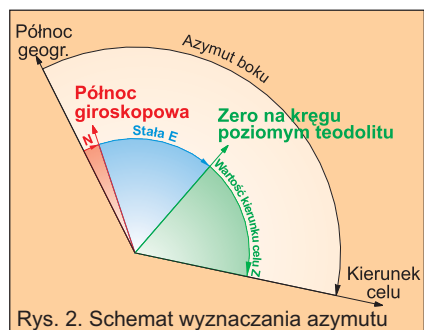


Rys. 1. Giromat 2000 z teodolitem Wild T2 na statywie

W Polsce jedynym egzemplarzem tego przyrządu dysponuje Zakład Geodezji Górniczej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Instrument – pracujący w zestawie z teodolitem optycznym T2 firmy Wild (rys. 1) – poddano badaniom mającym na celu wyznaczenie jego rzeczywistej dokładności i sformułowanie zasad obsługi. Zaletami Giromatu 2000 są: ■ wysoka dokładność wyznaczenia azymutu przy znacznym skróceniu czasu pomiaru w stosunku do wcześniejszych giroteodolitów, ■ łatwość obsługi i komfortowy pomiar wynikające z automatyzacji, ■ możliwość uzyskania końcowej wartości azymutu mierzonego boku osnowy geodezyjnej bez skomplikowanych obliczeń, ■ funkcja ostrzegania o zmianie temperatury i powstaniu zjawiska dryftu.

● Zasada działania

Giromat 2000 wyznacza azymut geograficzny, którego wartość powstaje poprzez zsumowanie trzech wartości (rys. 2): N – odchylenia kierunku północy geograficznej od północy giroskopowej, E – stała przyrządu, czyli kąta pomiędzy kierunkiem północy giroskopowej i zerem podziału kręgu teodolitu, Z – wartości odczytu kierunku na cel.



Rys. 2. Schemat wyznaczania azymutu

Szybki i dokładny pomiar azymutu

Giromat 2000

ANNA SZAFARCZYK, MAREK SZAFARCZYK, JAN PIELOK

Nowoczesny giroteodolit Giromat 2000 niemieckiej firmy Deutsche Montan Technologie może służyć nie tylko do pomiarów azymutu, ale także do zadawania kierunków w tunelach i kanałach, orientowania układów odniesienia i osnów GPS, kontroli pracy maszyn przodkowych czy też zakładania linii bazowych dla inercjalnych systemów nawigacji.

Przy pomiarach wykorzystywany jest jeden z trzech dostępnych programów. Różnią się one dokładnością otrzymanej wartości azymutu oraz czasem trwania procedury pomiarowej (tab. 1).

Program pomiarowy	Dokładność [°]	Czas pomiaru [min]
I	10	10
II	100	2
III	50	4

Tab. 1. Charakterystyka programów pomiarowych podawana przez producenta

Program I oferuje najwyższą dokładność i składa się z czterech faz wykonywanych automatycznie przez przyrząd:

■ Przybliżone nastawienie osi Giromatu 2000 w kierunku północy z jego pierwotnego położenia.

■ Pomiar kalibracyjny mający na celu określenie rzeczywistego położenia zera taśmy, na której zawieszony jest blok giroskopu.

■ Wstępna orientacja osi obrotu giroskopu do położenia odchylonego od północy maksymalnie do 5°.

■ Precyzyjny pomiar dla wyznaczenia pozostałej wartości odchylenia od północy.

Automatyzacja pomiaru jest wynikiem doskonalenia rozwiązań znanych z wcześniejszych konstrukcji giroteodolitów budowanych w DMT (dawnie Westfälische Bergwerkschaftskasse). Zasadnicze znaczenie ma zastosowanie wstęgi o dużo większej sztywności niż w instrumentach innych producentów. Sztywność wstęgi określa współczynnik κ opisany zależnością [3]:

$$\kappa = \frac{M_T}{M_K}, \quad \text{gdzie:}$$

M_T – moment kierunkowy taśmy torsyjnej,
 M_K – moment kierunkowy giroskopu.

Dla Giromatu 2000 κ przyjmuje wartość od 2,5 do 3, podczas gdy dla stosowanych powszechnie w Polsce instrumentów (takich jak GAK 1 czy GiB 1) – wynosi 0,2 (zastosowanie taśmy o większym współczynniku κ powoduje tłumienie amplitudy wahań wokół kierunku północy).

Zmniejszenie amplitudy wahań, a zarazem skrócenie czasu pomiaru, wspierane jest dodatkowo poprzez inne rozwiązanie [3]. Gdy wstęga przechodzi przez środek wahań, zaczynają na nią działać siły wynikające ze skręcania się taśmy. Siły te redukowane są poprzez obrót girobloku o około 1/3 amplitudy wahań w kierunku skręcania się wstęgi. Przyrząd wykonuje kilka takich kroków zarówno w jednym, jak i w drugim kierunku.

● Badania nad instrumentem

Dotychczas w najszerszym zakresie badaniami nad Giromatem 2000 zajmował się w ramach pracy doktorskiej Norbert Koritke z Politechniki w Brunshwiku. Obejmowały one między innymi określenie średniego błędu pojedynczego wyznaczenia azymutu, a także wyznaczenie zależności okresu wahań giroskopu od szerokości geograficznej oraz wpływu refrakcji poziomej na uzyskane wyniki [2, 3].

Badania przeprowadzone przez współautorów artykułu [4] dotyczyły oceny dokładności pomiarów i określenia optymalnych warunków pracy instrumentu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów około 200 azymutów wyznaczono zarówno dokładność wewnętrzną przyrządu, jak i zewnętrzną.

Dokładność wewnętrzną wyznaczono na podstawie wyników 30 serii pomiaru azymutu tego samego boku. I tak, dla programu I błąd średni pomiaru pojedynczego azy-

mutu wyniósł $\pm 6,3^{\circ}$. Ciekawe wyniki uzyskano dla programów II i III, gdzie wartości średnich błędów okazały się porównywalne i wyniosły odpowiednio $\pm 37,6^{\circ}$ i $\pm 34,1^{\circ}$. Zważywszy na znaczące różnice w czasochłonności pomiaru bardziej celowe wydaje się korzystanie z programu II. Dokładność zewnętrzną przyrządu wyznaczono poprzez porównanie azymutów pomierzonych Giromatem 2000 z azymutami geodezyjnymi wyznaczanymi z GPS. Ze względu na małą wartość błędów średnich wyznaczenia tych ostatnich (wynoszącą $\pm 1,4^{\circ}$) – można było uznać je za wzorcowe. Na podstawie 15-krotnego pomiaru (programem I) azymutu 7 różnych celów położonych w odległościach 2,5–3,2 km od stanowiska, uzyskano średni błąd wyznaczenia azymutu równy $\pm 15,9^{\circ}$. Wartość ta jest większa niż podawana przez producenta w instrukcji, ale należy zaznaczyć, iż duży wpływ na uzyskiwane wyniki miały niesprzyjające warunki atmosferyczne. Równocześnie z określeniem dokładności pomierzonego azymutu przeprowadzono ponowne wyznaczenie stałej przyrządu E. Podczas analizy wyników pomiaru jednoznacznie stwierdzono występowanie błędu o charakterze systematycznym (rys. 3). Nowa wartość stałej E różniła się od wielkości podanej przez producenta o $58^{\circ} \pm 4,6^{\circ}$. Wynika z tego, że konieczne jest okresowe wyznaczanie na boku bazowym aktualnej wartości E.

● Zasady obsługi

Przed pomiarem należy zwrócić szczególną uwagę na centrowanie Giromatu 2000. Czynność ta jest uciążliwa i wymaga dużej wprawy, szczególnie gdy punkt wystaje po-

nad teren. W przypadku centrowania przyrządu przy wietrze konieczne jest osłanianie pionu (przy prędkości wiatru 2 m/s błąd centrowania dla nieosłoniętego pionu wynosi aż $\pm 2,9$ mm). Wartość błędu centrowania w zasadniczy sposób wpływa na dokładność azymutu przy krótkich bokach. Na przykład dla różnicy błędu centrowania 1,8 mm i dla boku o długości 100 m, składowa błęd azymutu wyniesie około 11° , a więc zbliżona jest do wielkości podanej przez producenta dla programu I.

W czasie wykonywania pomiarów Giromatem 2000 należy zwrócić szczególną uwagę na wybór stanowiska, odpowiednie ustawienie przyrządu i stosowanie się do zasad obsługi, aby wyeliminować powstanie zjawiska dryftu. Należy wykorzystywać stabilne stanowiska, a także – jeśli to możliwe – chronić przyrząd przed działaniem wiatru i zmieniającą się temperaturą. Stabilność stanowiska jest w zasadzie gwarantowana przez oryginalny, dość masywny statyw. Jednakże na punktach przystosowanych do wymuszonego centrowania konieczne jest zastosowanie specjalnego mocowania Giromatu 2000 do śruby takiego punktu (rys. 4). Przy silnym wietrze mocowanie to może podlegać drganiom. Zmieniająca się temperatura podczas pomiaru nie ma wpływu na wartości wskazań Giromatu 2000, jeśli tylko zapewniony jest warunek dostosowania przyrządu do temperatury otoczenia. Sygnalizowana światłem ostrzegawczym „TEMP” zmiana temperatury przyrządu występuje często w czasie pomiarów terenowych, jednak nie stwierdzono, aby miało to wpływ na dokładność pomiaru.

● Perspektywy wykorzystania

Przeprowadzone badania testowe Giromatu 2000 pozwalają na sformułowanie zalecanych zakresów jego zastosowań przy zakładaniu precyzyjnych osnów zarówno w kopalni, jak i na powierzchni.

W świetle „Instrukcji wykonywania prac geodezyjnych na potrzeby zakładów górniczych” [1] w ośrodku podstawowej kopalni podziemnej średni błąd wyznaczenia azymutu dowolnego boku powinien spełniać warunek $m_A \leq \pm 30^{\circ}$. W związku z powyższym w wielu kopalniach zachodzi konieczność rekonstrukcji istniejących osnów. Na przykład uzyskanie jednej osnowy podstawowej po połączeniu kilku sąsiednich kopalń stanowi często wyzwanie technologiczne, szczególnie w rejonach, gdzie osnowa powierzchniowa była zróżnicowana (granice dawnych zaborów itp.). Giromat 2000 daje techniczne możliwości rozwiązywania takich problemów. Dzięki swoim właściwościom nadaje się do zakładania



Rys. 4. Ustawienie przyrządu na słupku obserwacyjnym

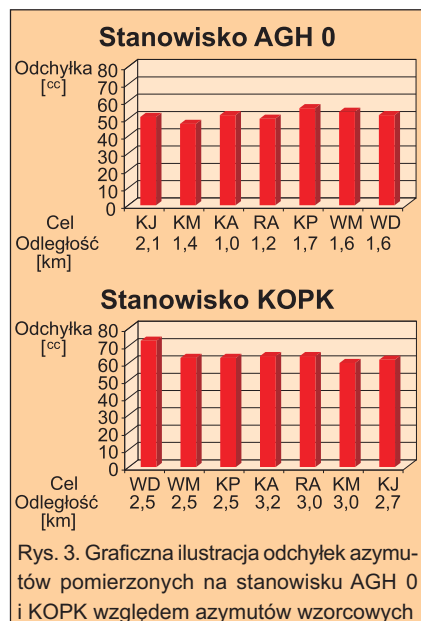
osnów realizacyjnych przy budowie podziemnej infrastruktury (przekopy, tunele drogowe, tunele zaopatrzeniowe itp.) wykonywanej w obudowie ostatecznej i często prowadzonych na zbiecie. Nawet osnowa oparta na ciągach azymutalnych może być realizowana za pomocą tego przyrządu. Przykładem niech będzie użycie Giromatu 2000 przy budowie tunelu pod kanałem La Manche [2].

Autorzy niniejszego opracowania chcieliby także zwrócić uwagę na możliwość wykorzystania wysokoprecyzyjnych giroazymutów wyznaczanych za pomocą omawianego przyrządu w powierzchniowych sieciach GPS-owskich. Ma to szczególne znaczenie na tych bokach sieci, których punkty końcowe podlegają przesłonięciom terenowym, a tym samym słabo nadają się do pomiarów satelitarnych.

Anna Szafarczyk (doktorantka) i **Marek Szafarczyk** są absolwentami WGGiŚ AGH w Krakowie; **Prof. Jan Pielok** jest kierownikiem Zakładu Geodezji Górniczej na WGGiŚ AGH, a także członkiem Komitetu Górniczego i Komitetu Geodezji PAN.

Literatura:

1. Instrukcja wykonywania prac geodezyjnych na potrzeby zakładów górniczych. Załącznik do zarządzenia ministra ochrony środowiska, zasobów naturalnych i leśnictwa z dnia 26.08.1994 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej; MP nr 48 poz. 392;
2. Korittke N., *Application of High Precision Gyrotheodolites in Tunnelling*. FIG- Symposium Surveying of Large Bridge and Tunnel Projects, Copenhagen, Denmark, June 1997;
3. Korittke N., *Zur Anwendung hochpräziser Kreiselmessungen im Bergbau und Tunnelbau*, praca doktorska, Technischen Universität Braunschweig, Braunschweig 1997;
4. Malarz A., Szafarczyk M., *Badania testowe giroteodolitu Giromat 2000*, praca dyplomowa, AGH, Kraków 2002.



Rys. 3. Graficzna ilustracja odchyłek azymutów pomierzonych na stanowisku AGH 0 i KOPK względem azymutów wzorcowych