

## Koncepcja wyznaczenia różnicy długości geograficznych pomiędzy wyjściowymi punktami astronomiczno-geodezyjnymi Polski i krajów sąsiednich

*Projekty koncepcji wyznaczenia różnicy długości geograficznych pomiędzy wyjściowymi punktami astronomiczno-geodezyjnymi Polski i krajów sąsiednich autor niżej opublikowanej pracy przedstawił na colloquium Komitetu Geodezji PAN w dniu 10 VI. 1955 r., a następnie na posiedzeniu naukowym Instytutu Geodezji i Kartografii w dniu 22. IX. 1955 r. Znawcy zagadnień astronomii praktycznej, którzy w czasie tych zebrań zabierali głos w dyskusji, a mianowicie: prof. dr inż. F. Biernacki, doc. mgr inż. B. Dulla, dr inż. Z. Czerski, mgr inż. J. Jasnorzewski, prof. dr inż. Cz. Kamela, prof. dr F. Kępiński, doc. dr F. Koebeke, doc. dr inż. H. Leśniok, doc. dr W. Opalski, prof. dr J. Witkowski oraz mgr L. Zajdler wypowiedzieli wiele cennych uwag. Przy ustalaniu ostatecznej wersji koncepcji autor wziął pod rozwagę wszystkie wypowiedzi, co pomogło do lepszego ujęcia zagadnienia. Autor poczuwa się do obowiązku podziękowania na tym miejscu dyskutantom za ich wkład do rozwiązania tak ważnego problemu.*

### W s t ę p

Celem niniejszej pracy jest przygotowanie naukowych podstaw do wyznaczenia dokładnej różnicy długości geograficznych pomiędzy punktem wyjściowym polskiej sieci triangulacji głównej „Borowa Góra” a punktami wyjściowymi sieci triangulacyjnych krajów sąsiednich: Związku Radzieckiego, Czechosłowacji i Niemieckiej Republiki Demokratycznej. Powiązanie w jeden układ sieci astronomiczno-geodezyjnych Polski i krajów sąsiednich rozszerzy bazę międzynarodowych badań figury Ziemi, a także będzie niewątpliwie stanowiło jedno z ogniw ułatwiających ściślejszą międzynarodową współpracę gospodarczą.

Mając na uwadze znaczenie naukowe podejmowanego wyznaczenia, pracę wypadnie wykonać przy podstawowym założeniu osiągnięcia najwyższej dokładności, na jaką zezwala z jednej strony aktualny stan nauki i techniki, a z drugiej strony realne możliwości instrumentalne. Rozwiązanie problemu będzie zatem polegało na doborze takich dostępnych nam środków, które by zmniejszyły do minimum wpływ błędów towarzyszą-

cych wyznaczeniu. Jak wiadomo, odgrywają tu zasadniczą rolę następujące grupy błędów:

- 1) błędy instrumentalne,
- 2) błędy obserwacji,
- 3) błędy pozycji gwiazd,
- 4) błędy sygnałów czasu,
- 5) niedokładna znajomość interwału czasu pomiędzy momentem emisji, a momentem odbioru sygnałów czasu,
- 6) błędy konserwacji czasu,
- 7) niedokładna znajomość położenia biegunów ziemskich w momencie obserwacji,
- 8) błędy wynikające ze zmiany położenia pionu miejsca obserwacji,
- 9) błędy spowodowane refrakcją.

Badania rozpoczniemy od wyboru najlepszego — spośród stojących do dyspozycji — narzędzia i najlepiej dostosowanej do instrumentu metody obserwacji. Następnie opracujemy takie zasady wyznaczenia i takie sposoby obserwacji, które umożliwią eliminację większości błędów systematycznych

Pierwszym postulatem natury organizacyjnej, który wydaje się pożytecznym przyjąć już na wstępie, jest postulat przeprowadzenia pojedynczego wyznaczenia różnicy długości geograficznych przez jednego i tego samego obserwatora, przejeżdżającego z całym instrumentarium z pierwszego punktu obserwacyjnego na drugi. Dzięki temu istotne znaczenie dla dokładności wyznaczenia będą przedstawiały nie wielkości samych błędów, ale ich zmiany. Dlatego główny nacisk położymy na utrzymanie zmian błędów systematycznych w jak najmniejszych granicach. Co do błędów przypadkowych, to ich wpływ wydaje się być o wiele mniej niebezpieczny, choćby z tego względu, że mamy możliwość przeprowadzić wyznaczenie na podstawie wystarczająco dużej liczby obserwacji, a przy tymi dwustronnie przez dwa niezależne zespoły.

#### **Wybór narzędzia i metody obserwacji**

Jeśli idzie o główne narzędzie, to tu wielkiego wyboru nie mamy. Dysponujemy bowiem jedynie narzędziami przejściowymi firmy Zeiss oraz Ertel, a także instrumentami uniwersalnymi pochodzącymi z zakładów Aerogeopribor (AU 2"/10") i Wild (T4).

Instrument Zeissa posiada lunetę łamaną o ogniskowej około 1000 mm i czynnej średnicy obiektywu około 100 mm. Jest on wyposażony w mikrometr bezosobowy z okularami ortoskopowymi ( $f = 6$  mm i  $f = 10$  mm) oraz w libelę zwisającą o wartości jednej działki podziału około 1". Narzędzie zostało wyprodukowane w 1951 roku i znajduje się w doskonałym stanie.

Instrument Ertela posiada lunetę łamaną o powiększeniu 56-krotnym i czynnej średnicy obiektywu około 76 mm. Jest on wyposażony w mi-

krometr bezosobowy Askania oraz w libelę zwisającą o wartości jednej działki około 1". Narzędzie jest dosyć stare. Jeszcze w 1929 roku służyło ono polskiemu zespołowi biorącemu udział w pracach Bałtyckiej Komisji Geodezyjnej do wyznaczenia różnicy długości geograficznych. Stan jego jest na ogół dobry.

Luneta narzędzia uniwersalnego AU 2/10 ma ogniskową równą około 450 mm i średnicę czynną obiektywu około 55 mm. Instrument jest wyposażony w zwykły mikrometr okularowy oraz w libelę nasadkową i libelę przy lunecie (Talcotta) o wartości jednej działki odpowiednio ca 2" i 1",5. Libela nasadkowa uniemożliwia jednak wykonywanie obserwacji w zenicie.

Luneta instrumentu uniwersalnego T4 posiada ogniskową równą około 550 mm i czynną średnicę obiektywu około 60 mm. Narzędzie jest wyposażone w mikrometr bezosobowy oraz w libelę zwisającą i dwie libele przy lunecie o wartości jednej działki odpowiednio około 1" i 1",5.

Powyższy przegląd nasuwa przypuszczenie, że najlepsze rezultaty powinien zapewnić instrument przejściowy Zeissa. Przypuszczenie to znajduje potwierdzenie w dotychczasowych wynikach prac astronomicznych na punktach sieci astronomiczno-geodezyjnej, gdzie różnica długości geograficznych była wyprowadzona na podstawie obserwacji przejść gwiazd przez południk miejscowy przy użyciu instrumentu Zeissa, bądź też na mocy wyznaczenia czasu metodą Cyngera przy pomocy narzędzia AU 2"/10" lub T4.

Co do narzędzi pomocniczych, to mamy tu do dyspozycji sprzęt następujący:

- 1) komunikacyjny, siedmiozakresowy odbiornik radiowy (firmy Elektromekano) na prąd zmienny o napięciu 220 volt, odbierający na falach o częstotliwości od 15 do 545 kHz oraz od 670 kHz do 26 MHz,
- 2) przekaźnik elektronowy,
- 3) chronografy taśmowe, czteropiórkowe (firmy Favag),
- 4) chronometry morskie, kontaktowe (firmy Nardin).

Wybór narzędzia Zeissa pociąga za sobą automatycznie wybór metody Tobiasza Mayera, ponieważ narzędzie Zeissa jest zdecydowanie predestynowane do obserwacji przejść gwiazd przez południk. Kwestią otwartą pozostaje na razie problem doboru gwiazd. Zanim przystąpimy do jego rozważenia, powróćmy jeszcze do zagadnienia obserwacji przejść przez południk.

### Zasady wyznaczenia

Najpierw zastanówmy się pokrótce nad wpływem niektórych błędów instrumentalnych.

Z podstawą narzędzia przejściowego wiąże się niesymetria położenia względem pionu powierzchni tocznych łożysk, która może powodować błędy w określeniu azymutu płaszczyzny kolimacyjnej instrumentu. Jak

to wynika ze wzorów podanych przez Suchariewa (poz. bibl. 11), przy założonej zmianie temperatury o  $30^{\circ}$  i przyjętym odchyleniu powierzchni tocznych łożysk od położenia symetrycznego o  $1^{\circ}$ , zmiana azymutu narzędzia wypada rzędu  $0,1$ .

Z poziomą osią obrotu lunety narzędzia przejściowego łączy się nierówność i niecyldryczność czopów, które mogą powodować o wiele znaczniejsze błędy wyznaczenia azymutu wertykału instrumentu, aniżeli to miało miejsce w przypadku niesymetrii położenia powierzchni tocznych łożysk. Jak wiadomo, wpływ nierówności czopów eliminuje się przez obserwacje gwiazd przy obu położeniach lunety. Jeśli idzie natomiast o niecyldryczność czopów, to wynikających stąd systematycznych błędów określenia azymutu płaszczyzny kolimacyjnej narzędzia nie udaje się wyeliminować zastosowaniem jakiegokolwiek symetrii obserwacji, chyba tylko drogą obserwacji gwiazd w pobliżu zenitu (poz. bibl. 5). Im większe przy tym odchylenia od kształtu walca wykazują czopy, tym bliżej zenitu wypadnie obserwować gwiazdy.

Jeśli przyjęlibyśmy zasadę obserwowania przejść tych samych gwiazd przez południki dwóch sąsiednich punktów, między którymi zamierzamy wyznaczyć różnicę długości geograficznych, to przy małej różnicy szerokości geograficznych obu stacji pomiar nastąpi prawie przy takim samym położeniu czopów osi poziomej. Szerokości geograficzne punktów sąsiednich prawdopodobnie nie będą się różniły więcej niż o 3 stopnie. Dzięki zatem przyjętej już na wstępie zasadzie przewożenia z jednego punktu na drugi całego instrumentarium, zaistnieje prawie całkowita eliminacja błędów wynikających z niecyldryczności czopów.

Jednym z najpoważniejszych czynników wywołujących zmiany stałych zarówno instrumentu przejściowego, jak i narzędzi pomocniczych są wahania temperatury. Jak wiadomo, wielkość chodu chronometru zależy w dużej mierze od temperatury.

Aby zmniejszyć wpływ spadku temperatury powietrza w ciągu wieczoru obserwacyjnego na zmianę stałych narzędzi pomocniczych, wydaje się celowym umieścić odbiornik radiowy, przekaźnik, chronograf i chronometr poza pawilonem, w zamkniętym budynku. Pawilon obserwacyjny byłby przy tym połączony z budynkiem kablem, który należałoby traktować jako część urządzenia i przewozić przy wyznaczeniu różnicy długości geograficznych z punktu na punkt.

Ponadto należy uznać za bardzo korzystne umieszczenie chronometrów w pudłach o podwójnych ściankach, między którymi wolną przestrzeń zaleca się wypełnić lekkim materiałem izolacyjnym. Rejestracja wskazań chronometru odbywałaby się w tym wypadku na taśmie chronografu, a zapisy minut byłyby dokonywane przy użyciu pomocniczego zegara, zsynchronizowanego z chronometrem. Doświadczenia służby geodezyjnej w Niemieckiej Republice Demokratycznej, gdzie w polowych pracach astro-

onomicznych chronometry umieszcza się w pudłach i zakopuje w ziemię, bardzo zachęcają do szerokiego stosowania tych prostych termostatów, mających wybitnie korzystny wpływ na złagodzenie wahań chodu zegarów.

Poprzednio była mowa o metodzie obserwowania na obu stacjach tych samych gwiazd, która w konkretnych warunkach podejmowanej pracy zapewnia prawie kompletną eliminację wpływu błędów wynikających z niecyldryczności czopów. Obserwacja tych samych gwiazd ma jeszcze inną, bardzo istotną zaletę, a mianowicie niezależnie ona całkowicie wyznaczenie różnicy długości geograficznych od błędów pozycji gwiazd. Można nawet posługiwać się gwiazdami, których znamy tylko współrzędne przybliżone, ponieważ w toku redukcji zajdzie potrzeba uwzględniania jedynie zmiany rektascenzji w okresie czasu między momentami obserwacji na obu stacjach. Do obliczenia tej ostatniej, dla niedługich interwałów czasu, wystarczy w zupełności taka sama dokładność pozycji, jaka jest potrzebna dla przygotowania i przeprowadzenia obserwacji.

Jednoczesne wyznaczenia prowadzone przez dwóch niezależnych obserwatorów na sąsiednich punktach, a w szczególności obserwowanie tych samych gwiazd, wpłynie korzystnie na zmniejszenie się zależności wyniku pomiarów od dobowych fluktuacji różnych czynników. Różnica długości geograficznych sąsiednich stacji, na których mają być wykonane obserwacje, prawdopodobnie nie przekroczy 1 godziny. W ciągu tego okresu czasu Słońce, a nawet Księżyc, nieznacznie zmieni swe położenie wśród gwiazd. Również zmiany temperatury i ciśnienia powietrza oraz innych warunków atmosferycznych będą na ogół w dni pogodne przebiegały podobnie w rejonach obu stacji. Można więc oczekiwać, że momentalne odchylenia linii pionu w obu miejscach obserwacji będą podobne, a także dosyć prawdopodobne wydaje się analogiczne zachowywanie się obu zespołów narzędzi.

W zagadnieniu wyznaczania długości geograficznej problem określenia czasu grynckiego jest nie mniej ważny od problemu określenia czasu miejscowego. Natomiast w zagadnieniu wyznaczania różnicy długości geograficznych nie ma konieczności posługiwania ani czasem uniwersalnym, ani żadnym innym czasem strefowym. Zamiast bowiem porównywania czasu grynckiego z czasem miejscowym zachodzi potrzeba porównywania jedynie czasów miejscowych, wyznaczanych jednocześnie na obu stacjach. Jeżeli za podstawę do wyznaczenia różnicy długości będą przyjmowane obserwacje wykonane w ciągu tych samych wieczorów, wtedy porównanie czasów miejscowych będzie można przeprowadzić przez jednoczesny odbiór na obu stacjach paru najzupełniej dowolnych sygnałów, byle tylko obejmowały one liczbę impulsów wystarczającą do precyzyjnego ustalenia wskazania chronometrów w pewnym umownym momencie emisji. Sygnały te należałoby odbierać kilka razy w ciągu wieczoru, w miarę możliwości bez przerywania obserwacji gwiazd. Wskazania chronometrów

w umownych momentach sygnałów byłyby wyrażone w czasie miejscowym drogą rachunku interpolacyjnego, w oparciu o wartości poprawek otrzymanych z obserwacji astronomicznych.

Co do możliwości porównywania wskazań chronometrów na obu stacjach drogą przekazywania impulsów zwykłymi przewodami telefonicznymi, to wypada zauważyć, że mogłyby tu wystąpić zmienne opóźnienia, zwłaszcza w czasie przechodzenia przez centrale rozdzielcze. Dlatego tej możliwości raczej nie należy brać pod uwagę.

Jeżeli wyznaczenie różnicy długości geograficznych zostanie oparte na obserwacjach tych samych gwiazd na obu stacjach, wtedy odpadnie z kolei potrzeba wyprowadzenia z obserwacji czasu miejscowego, a tym samym konieczność znajomości dokładnych pozycji gwiazd. Istota pomiaru sprowadzi się wówczas do określenia interwału czasu dzielącego momenty przejścia tej samej gwiazdy przez południki obu punktów. Należy jednak zauważyć, że wypadnie tu znać dokładną proporcję przyjętego czasu do współczesnego z wyznaczeniem okresu obrotu Ziemi, czyli praktycznie rzecz biorąc zajdzie potrzeba znajomości czasu uniwersalnego. Chodzi przede wszystkim o to, że wyznaczenia różnicy długości geograficznych można dokonać jedynie w oparciu o czas związany z okresem obrotu Ziemi, przy czym nie bez znaczenia są nieregularności jej ruchu wirowego. Z przytoczonych względów wynika konieczność ustalania chodu zegarów do pomiaru interwałów czasu dzielących momenty kulminacji gwiazd na sąsiednich stacjach, w stosunku do czasu bazującego na obrocie Ziemi. W tym celu będzie można posłużyć się radiowymi sygnałami dokładnego czasu kontrolowanymi przez astronomiczne służby czasu.

W rachubę bierzemy tylko sygnały, emitowane przez wystarczająco silne radiostacje i to najchętniej na falach długich. Zastosowanie fal krótkich może, jak wiadomo (poz. bibl. 8), spowodować znacznie większe błędy, jeżeli odbiór sygnałów ma miejsce z odległości mniejszej niż 1000 km od stacji nadawczej. To znaczy, że sygnały emitowane na falach krótkich można przyjmować tylko z odległych radiostacji, co jednak złe warunki atmosferyczne na trasie przebiegu fal niekiedy uniemożliwiają.

W chwili obecnej w ciągu wieczoru obserwacyjnego stoją do naszej dyspozycji następujące sygnały:

1)	o godz.	16	cz. uniw.	— Moskwa ROR	na fali	10 000 m,
2)	„	18	„	— Rugby GBR	„	18 750 m,
3)	„	20	„	— Moskwa ROR	„	10 000 m,
4)	„	20	„	— St-Assise FYP	„	3 291 m.
5)	„	21	„	— St-Assise FYP	„	3 291 m,
6)	„	22	„	— Moskwa RES	„	3 333 m,
7)	„	22,30	„	— St-Assise FYP	„	3 291 m,
8)	„	0	„	— Moskwa ROR	„	10 000 m,
9)	„	0	„	— Norddeich DAN,	„	2 400 m.

Wydaje się, że w naszych warunkach, tj. w przypadku posługiwania się przy obserwacjach przenośnymi chronometrami, liczba sygnałów jest niewystarczająca. Nie mamy żadnej pewności, że w ciągu 1,5 do 2 godzin, jakie dzielą skrajne sygnały, chód chronometru jest dostatecznie jednostajny. Jedynie co do zegarów kwarcowych posiadamy, praktycznie rzecz biorąc, taką pewność, i to w znacznie większym zakresie. Jak wiadomo bowiem, chód zegarów kwarcowych nawet w ciągu długich okresów czasu cechuje wysoka jednostajność.

Zastosowanie zegarów kwarcowych uczyniłoby więc zbędnym odbieranie sygnałów czasu w toku obserwacji, a ponadto bez widocznego uszczerbku na dokładność pozwoliłoby przyjąć za podstawę do wyznaczenia różnicy długości geograficznych również i te obserwacje, które będą wykonane na obu stacjach w ciągu różnych wieczorów.

Zainstalowanie zegarów kwarcowych na punktach, gdzie będą wykonywane obserwacje astronomiczne, wydaje się w chwili obecnej zbyt trudne do zrealizowania. Tym niemniej najistotniejsze korzyści, jakie dają te zegary, można osiągnąć również i na innej drodze. Wystarczy mianowicie w zupełności, aby jakaś radiostacja o dostatecznie dużym zasięgu nadawała impulsy sterowane przez jeden z zegarów kwarcowych Głównego Urzędu Miar lub Obserwatorium Uniwersytetu Poznańskiego. Chód tego zegara należałoby wtedy starannie kontrolować drogą odbioru dokładnych sygnałów czasu.

Na pełne wyeliminowanie wpływu zmienności chodu chronometrów można by liczyć tylko wtedy, gdyby impulsy zegara kwarcowego były emitowane przez cały wieczór bez przerwy. W czasie obserwacji byłyby wówczas rejestrowane na taśmie chronografu wskazania zegara kwarcowego obok momentów przejść gwiazd przez południk miejscowy, a ponadto dla zabezpieczenia się na wypadek zakłóceń w odbiorze radiowym również i uderzenia dwóch chronometrów przenośnych. Należy tu podkreślić, że uruchomienie radiostacji nadającej ciągle sygnały czasu, bardzo korzystnie rozwiązałoby sprawę połączenia obserwatoriów, które wejdą w skład polskiej służby czasu. Również dla celów grawimetrii geodezyjnej możliwość korzystania w dowolnej porze i dowolnie długo z precyzyjnych sygnałów miałyby doniosłe znaczenie.

Biorąc pod uwagę realne możliwości, zagadnienie sygnałów czasu dla celów przygotowywanego wyznaczenia różnic długości geograficznych zostanie rozwiązane w ten sposób, że dla porównywania zegarów na sąsiednich stacjach będą wykorzystywane wszystkie sygnały, których momenty emisji przypadają w ciągu wieczoru obserwacyjnego, a dla pomiaru interwału czasu pomiędzy kulminacjami posłużą specjalne sygnały. Te ostatnie są przewidziane w postaci serii obejmujących kilkadziesiąt krótkich znaków fonicznych, następujących co średnią sekundę słoneczną, przy czym każda trzydziesta sekunda minuty będzie dłuższym znakiem, o tej sa-

mej zresztą dokładności, co wszystkie pozostałe krótkie impulsy. Opisane przed chwilą serie sygnałów będą nadawane przez Główny Urząd Miar, za pomocą aparatury sterowanej przez zegar kwarcowy, mniej więcej co godzinę w czasie od zachodu Słońca do północy czasu uniwersalnego i emitowane za pośrednictwem rozgłośni Polskiego Radia Warszawa I na fali 1322 m (227 KHz).

Do sterowania aparatury nadawczej zostanie wybrany zegar kwarcowy odznaczający się najlepszą stałością chodu. Przez cały okres wyznaczeń długości, tj. od wiosny do jesieni 1956 roku, zegar ten nie będzie regulowany, a jedynie porównywany z innymi zegarami kwarcowymi, jak również z odpowiednią liczbą sygnałów dokładnego czasu. W ten sposób sygnały radiostacji warszawskiej dostarczą czas o wysokiej jednostajności, którego proporcja do czasu bazującego na ruchu wirowym Ziemi będzie ustalana drogą odbioru sygnałów radiowych objętych kontrolą astronomicznych służb czasu.

W dotychczasowych wywodach nie zostały jeszcze omówione szczegóły organizacyjne wyznaczenia, mające na celu zmniejszenie wpływu zmiany równania osobistego obserwatora. Pomiar różnicy długości geograficznych między każdą parą sąsiednich punktów proponuje się dokonać dwukrotnie przez dwa zespoły, prowadzące obserwacje jednocześnie na obu stacjach. Po pierwszym wyznaczeniu, oba zespoły zamieniają się stanowiskami przejeżdżając wraz ze wszystkimi instrumentami i dokonają ponownego wyznaczenia. W ten sposób każdy z pomiarów będzie obciążony różnicą błędów osobistych obserwatorów, ale średnia arytmetyczna z obu wyznaczeń będzie wolna od błędów osobistych, o ile tylko nie zmieniły się one między jednym a drugim wyznaczeniem.

Równania osobiste nie zachowują stałej wartości, nawet w przypadku wytrawnych obserwatorów. Aby wpływ takich zmian jak najbardziej osłabić, należy możliwie często określać ich wielkość.

Wśród narzędzi stanowiących wyposażenie instrumentu przejściowego Zeissa znajduje się duży kolimator ze sztuczną gwiazdą, zbudowany specjalnie dla kontrolowania stałości równania osobistego. Jednak nie wydaje się słusznym oparcie kontroli jedynie na pomiarach tym narzędziem ponieważ warunki, w jakich wyznacza się błąd osobisty przy pomocy sztucznej gwiazdy, są odmienne od warunków obserwacji, w których on występuje. Dlatego należy uznać za celowe zorganizowanie kontroli stałości błędu osobistego jeszcze i na innej drodze.

W tym celu na sąsiednich punktach, pomiędzy którymi wyznacza się różnicę długości geograficznych, należałoby uruchomić w ciągu całego okresu wyznaczenia dodatkowe obserwacje przy pomocy drugiego narzędzia przejściowego i zastosowaniu tych samych metod i tego samego programu, przy czym chronometry obu zespołów na każdym z punktów byłyby możliwie często ze sobą porównywane. Różnica długości byłaby za



tem mierzona przez cztery zespoły, z których dwa przejeżdżałyby z całym instrumentarium z punktu na punkt, a dwa prowadziłyby stałe obserwacje na swych stacjach macierzystych. Należy oczekiwać, że analiza otrzymanych tą drogą wyników pozwoli na określenie z dużym prawdopodobieństwem wahań wielkości błędów osobistych obserwatorów.

W celu osłabienia wpływu błędów przypadkowych, zmniejszenia ich wielkości, powiedzmy, o jeden rząd, wyznaczenie jednostronne należało by oprzeć na stukilkudziesięciu obserwacjach. Wydaje się, że znaczne przekroczenie tej liczby nie przyniosłoby poprawy wyniku, stojącej w sensownej proporcji do nakładu pracy i kosztów.

Jest wysoce pożądane, aby obserwacje rozłożyć na możliwie dużą liczbę wieczorów tak, aby wyznaczenie było przeprowadzone w różnych warunkach atmosferycznych. W ten sposób zmniejszy się niebezpieczeństwo obarczenia wyniku większym błędem, wynikającym z przejściowych anomalii zakłócających normalny przebieg zjawiska refrakcji, zmieniających szybkość rozchodzenia się fal radiowych, a także powodujących nieregularne zmiany stałych instrumentalnych. Wydaje się, że rozłożenie obserwacji jednostronnego wyznaczenia na 10 wieczorów będzie można uznać za praktyczne spełnienie postulatu wykonania pomiaru w różnych warunkach atmosferycznych. Jeżeli utrzymamy w mocy poprzednią propozycję, aby jednostronny pomiar oprzeć na stukilkudziesięciu obserwacjach, wtedy w ciągu jednego wieczoru wypadnie obserwować około 15 gwiazd czasowych. Co do gwiazd azymutalnych, to ich liczbę można by ustalić na 3 - 5, przy czym górną granicę należałoby przyjmować w wypadku gorszych warunków atmosferycznych, kiedy wiatr lub szybki spadek temperatury powietrza nie rokuje stałości azymutu płaszczyzny kolimacyjnej narzędzia przejściowego.

Aby otrzymać pełny przegląd problemów związanych z wyznaczeniem różnicy długości geograficznych, nie można pominąć zagadnienia zmienności położenia biegunów ziemskich. Szerokość i długość geograficzna każdego punktu na powierzchni Ziemi ulega ciągłym zmianom, które są jak wiadomo, wynikiem zarówno przemieszczania się biegunów ziemskich i wahań pionu miejsca obserwacji, jak również innych, bliżej jeszcze nie sprecyzowanych przyczyn. Kwestia uwolnienia rezultatu pomiaru od tych zmian nabrałaby zupełnie realnych kształtów, jeśliby wyznaczeniu różnicy długości geograficznych towarzyszyły stałe obserwacje szerokości geograficznych.

Pomiar szerokości geograficznej należałoby wykonywać na wszystkich punktach, między którymi będą wyznaczone różnice długości, i co najmniej w ciągu tego samego okresu czasu. Ostateczne opracowanie wyników i sprowadzenie ich do pewnego umownego położenia biegunów ziemskich, nastąpiłoby drogą powiązania wykonanych obserwacji z rezultatami radzieckiej i międzynarodowej służby szerokości.

Aby odpowiedzieć na pytanie, czy jest celowym wzbogacenie wyznaczenia różnicy długości pomiarem szerokości geograficznych, brak jest potrzebnych danych. Sedno sprawy polega tu na określeniu relacji pomiędzy zmianami szerokości i długości interesujących nas punktów a zmianami w położeniu biegunów ziemskich. Uchwycenie tego rodzaju zależności wymagałoby bardzo precyzyjnych obserwacji, na co jeszcze nie możemy sobie pozwolić. Dlatego najprawdopodobniej wypadnie zrezygnować z dodatkowych wyznaczeń szerokości, a redukcje wyznaczonej różnicy długości — oprzeć na danych służb szerokości.

### Zakończenie

Na zakończenie wydaje się celowym zestawienie głównych założeń proponowanej koncepcji, jak również podanie paru szczegółów, co do których nie zachodziła potrzeba osobnego omówienia.

#### Podstawowa zasada organizacji wyznaczenia

Wyznaczenia różnicy długości geograficznych pomiędzy dwoma sąsiednimi punktami dokonają dwaj obserwatorzy. Obserwacje na obu stacjach będą prowadzone jednocześnie. Po zakończeniu połowy pierwszej serii stanowiącej zarazem połowę jednostronnego wyznaczenia różnicy długości obserwatorzy zamienią się stanowiskami przejeżdżając z całym instrumentarium i wykonają drugą serię, znowu w tym samym okresie czasu a następnie powrócą na swe punkty macierzyste, aby dokończyć pierwszą serię.

Prócz tego, na obu stacjach dwaj inni obserwatorzy miejscowi będą dublowali wyznaczenia w celu kontroli zmian błędów osobistych i podniesienia dokładności.

#### Narzędzia zespołów polskich

##### Zespół przejeżdżający:

- instrument przejściowy Zeissa o ogniskowej około 1000 mm i średnicy czynnej obiektywu około 100 mm, wyposażony w mikrometr bezosobowy,
- dwa przenośne chronometry kontaktowe,
- komunikacyjny odbiornik radiowy,
- przełącznik elektryczny,
- chronograf taśmowy,
- przewód łączący pawilon południkowy z pomieszczeniem narzędzi pomocniczych.

##### Zespół miejscowy:

- instrument przejściowy Ertela o powiększeniu ca 56-krotnym i średnicy czynnej obiektywu około 76 mm, wyposażony w mikrometr bezosobowy,

dwa przenośne chronometry kontaktowe,  
komunikacyjny odbiornik radiowy,  
przekaznik,  
chronograf taśmowy.

#### **Sygnały czasu**

Będą używane dwa rodzaje radiowych sygnałów czasu, a mianowicie sygnały Głównego Urzędu Miar przedstawiające czas o dużej jednostajności oraz sygnały dokładnego czasu kontrolowane przez astronomiczne służby czasu. Wzajemna relacja obu tych czasów będzie znana.

#### **Obserwacje gwiazd**

Gwiazdy będą obserwowane w momentach przejść przez południk miejscowy, przy czym gwiazdy czasowe — w pobliżu zenitu, a azymutalne — w pobliżu bieguna.

Obaj obserwatorzy dołożą starań, aby zaobserwować te same gwiazdy, najlepiej podczas tych samych nocy. Na jednostronne wyznaczenie złożą się 10 wieczorów (w tym co najmniej 3 wspólne), w ciągu których zostanie zaobserwowanych nie mniej niż 120 gwiazd czasowych. Program obejmie 18 gwiazd czasowych i 4 azymutalne, podzielonych na dwie grupy. Minimum dla wieczoru wyniesie 6 gwiazd czasowych i 2 azymutalne.

Wszystkie gwiazdy będą obserwowane w obu położeniach lunety. Położenie pęcherzyka libeli zwisającej będzie czytane przed i po obserwacji gwiazdy, raz w każdym położeniu lunety. Momenty przejść zarejestruje na taśmie 4-piórkowy chronograf obok zapisów dwóch chronometrów kontaktowych i sygnałów radiowych.

Początek obserwacji nie powinien przypaść wcześniej, niż 30 minut po zachodzie Słońca, a koniec — najpóźniej o północy czasu uniwersalnego.

#### **Wyprowadzenie różnicy długości geograficznych**

Wyprowadzenie różnicy długości geograficznych nastąpi albo na podstawie porównania czasów miejscowych, jeśli programy obserwacyjne obu stacji będą zawierały różne gwiazdy, albo z pomiaru interwału czasu dzielącego momenty kulminacji na sąsiednich punktach tych samych gwiazd.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] *Błażko S. N.*: Kurs praktyczeskoj astronomii. Moskwa-Leningrad 1951, Ogiz.
- [2] *Cwietkow K. A.*: Praktyczeskaja astronomija. Moskwa 1951, Giediezizdat.
- [3] *Czerski Z.*: O zmianach w położeniu osi obrotu lunety w teodolitech Wilda T4 Geodezja i Kartografia, t. IV, z. 3, 1955, str. 182.
- [4] *Dołgow P. N.*: Opriedielenie wriemieni passażnym instrumentom w mieridianie. Moskwa 1952, GITTL.
- [5] *Dulian B.*: Zmiany w położeniu osi obrotu lunety w teodolitech astronomicznych oraz sposób ich wyznaczania. Geodezja i Kartografia. t. III, z. 2. 1954, str. 51.
- [6] *Koebcke F.*: Służba czasu, Rocznik Astronomiczny na 1956 r. Warszawa 1955. PWN.
- [7] *Krüger H.*: Atmosphärische Einflüsse auf astronomisch-geodätische Beobachtungen. Vermessungstechnik, r. 2. z. 10. 1954, str. 183. z. 11. 1954, str. 207, r. 3, z. 2, 1955, str. 31.
- [8] *Lambert A., Dubois P., Stoyko N.*: La deuxième opération internationale des longitudes. Paris 1938, Hermann et Cie.
- [9] *Lukeš L.*: Deset let určování času a zeměpisných délek na čs. Laplaceových bodech průchodním přístrojem v poledniku. Zeměměřický sborník, 1954, str. 43.
- [10] *Pawłow N. N.*: Służba wriemieni. Astronomija w SSSR za tridecat let. str. 39. Moskwa-Leningrad 1948, Ogiz.
- [11] *Suehariw L. A.*: K woprosu o mieridiannych instrumentach. Uspiechi astronomiczeskich nauk. t. VI. Moskwa 1954, Izdatielstwo Akademii Nauk. str. 163.
- [12] Verhandlungen der Baltischen Geodätischen Kommission. Helsinki 1925-1931.
- [13] *Wasiliew W. M.*: O sistiematicheskoj oszibkie w opriediefenii nakłonnosti osi w passażnom instrumentie. Astronomiczeskij Žurnał, t. XXXI, z. 5, 1954, str. 467.
- [14] *Wilkowski J.*: Astronomia sferyczna. Warszawa 1953, PWN.
- [15] *Zwieriew M. S.*: Fundamentalnaja astrometrija. Uspiechi astronomiczeskich nauk, t. V. Moskwa 1950, Izdatielstwo Akademii Nauk. str. 3.

ЮЛИАН РАДЕЦКИ

## ИДЕЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДОЛГОТ МЕЖДУ ИСХОДНЫМИ АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПУНКТАМИ ПОЛЬШИ И СОСЕДНИХ СТРАН

### Резюме

Автор разработал идею определения разности геодезических долгот между исходными астрономическими пунктами Польши и соседних стран, исходя из предпосылки получения максимальной точности, которую можно получить применяя актуальные технические методы и инструментальное оборудование.

Главные тезисы идеи можно изложить следующим образом:

Основные принципы организации определения

Определение разности географических долгот между двумя соседними пунктами исполняют два наблюдателя. Наблюдения на обеих станциях исполняются одновременно. После окончания половины первой серии, которая является половиной одностороннего определения разности долгот, наблюдатели поменяются станциями, переезжая со всеми инструментами и исполняют другую серию, опять в том-же самом промежутке времени, и окончательно возвратятся на свои исходные станции, где закончат первую серию.

Кроме того, на обеих станциях два других местных наблюдателя будут дублировать наблюдения для контроля перемен личных погрешностей и повышения точности.

Инструменты польских групп

Переезжающая группа:

пассажный инструмент Цейсса с фокусным расстоянием в 1000 мм с диаметром объектива 100 мм, контактными микрометром, два переносных контактных хронометра, коммуникационный радиоприемник, электронное реле, лентовой хронограф.

провод, соединяющий меридианный павильон с помещением вспомогательных инструментов.

Местная группа:

пассажный инструмент Эртеля с 55-кратным увеличением и диаметром объектива 76 мм, с контактным микрометром.

два переносных контактных хронометра,

коммуникационный радиоприемник,

реле,

лентовой хронограф.

Сигналы времени

Будут употребляться два рода радиосигналов времени: сигналы Главного Управления Мер, представляющие время с большим постоянством и сигналы точного времени, проверяемые астрономическими службами времени. Взаимоотношение этих сигналов будет известно.

Наблюдения звёзд

Звёзды будут наблюдаемы в момент их прохождения через местный меридиан, по возможности в ту-же самую ночь. На одностороннее определение будут слагаться 10 вечеров (в том не менее 3 вечеров общих), в которых будет наблюдено не менее 120 звёзд. Программа будет состоять из наблюдения 18 звёзд для определения времени и 4 звёзд для определения азимута, разделенных на две группы. Минимум для одного вечера состоит из 6 звёзд для определения времени и 2 для азимута.

Все звёзды будут наблюдаемы в обоих положениях трубы. Положение пузырька накладного уровня будет отсчитано до и после наблюдения звезды, в каждом положении трубы. Моменты прохождения будут зарегистрированы хронографом с четырьмя перьями, рядом с записью двух контактных хронометров и радиосигналов.

Начало наблюдений должно быть ранее 30 минут после заката солнца, конец — не позднее полуночи всемирного времени.

Определение разности географических долгот

Определение разности географических долгот будет исполнено на основании сравнения местных времен, если в программах наблюдении обеих станции будут выступать разные звёзды или по измеренному интервалу времени между моментами кульминации тех-же звёзд на соседних пунктах.

*JULIAN RADECKI*

A CONCEPTION OF THE DETERMINATION OF THE DIFFERENCE IN  
GEOGRAPHICAL LONGITUDE BETWEEN ASTRONOMIC GEODETIC  
POINTS OF POLAND AND THE NEIGHBOURING COUNTRIES

S u m m a r y

The present author has worked out a conception of the determination of the difference in geographical longitude between the initial astronomical geodetical points of Poland and the neighbouring countries with the view to achieve the maximum accuracy that can be afforded with the present technical possibilities and instrumental equipment.

The main ideas of the conception may be summarized as follows:

**The basic principles of the organization of the determination**

The determination of the difference in geographical longitude between two neighbouring points is performed by two observers. The observations at both the stations are carried on at the same time. When they have done a half of the first series, which is also a half of the one-way determination of the difference in longitude, the observers exchange their station points taking along all their instruments in order to do the second series again within the same time and then they return to their starting point to finish off the first series.

Moreover two other local observers of either station double the observations to check the changes in individual errors and increase the accuracy.

**The instruments of the Polish teams**

The travelling team:

- a Zeiss transit instrument with a focus of about 1,000 mm and a working diameter of the object glass of about 100 mm furnished with an impersonal micrometer;
- two portable contact chronometers;
- a communication radio receiver;
- an electronic relay;
- a tape chronograph;

a cable connecting the meridional pavilion with a room where supplementary tools are placed.

The local team:

an Ertel transit instrument with an enlargement of about 56 times and a working diameter of the object glass of about 76 mm furnished with a personal micrometer;

two portable contact chronometers.

a communication radio receiver:

a relay;

a tape chronograph.

#### **Time sigals**

Two kinds of radio time signals are used, viz., the Chief Office of Measures signals representing time of great continuity and the exact time signals checked by the astronomical time services, the mutual relation of both these times being known.

#### **Observations of stars**

Stars are observed when crossing the local meridian; time stars near the zenith, azimuthal stars near the pole.

Both the observers try to observe the same stars preferably at the same nights. Ten nights are devoted to the one-way determination. (Of these at least three must be the same for both observers). During that time no less than 120 time stars are observed. The programme contains eighteen time stars and four azimuthal ones both being divided into two groups.

All the stars are observed at both the positions of the telescope. The position of the suspension level tube bubble is read both before and after the observation of a star, once for either position of the telescope. The moments of crossing are recorded on tape by a four-pen chronograph alongside of the recordings of the two contact chronometers and the radio signals.

The observations should not be started under thirty minutes from sunset; they ought to be finished at midnight, universal time, at the latest.

#### **The deduction of the difference in geographical longitude**

The deduction of the difference in geographical longitude is done either on the basis of a comparison of local times if the observation programmes of both the stations contain different stars or from the measurement of the time interval between culmination moments at the neighbouring points of the same stars.