

ANDRZEJ UHRYNOWSKI

528.022.61

O rejestracji zmian pola magnetycznego wariografem Gv 3 w warunkach terenowych

Redukcja do jednego momentu pomierzonych w terenie wartości elementów magnetycznego pola Ziemi, a także wyznaczenie różnicy momentalnej punkt — obserwatorium odniesienia od dawna napotykały w Polsce na trudności, które niejednokrotnie uniemożliwiały uzyskanie żądanej dokładności.

Obserwatorium magnetyczne w Świdrze koło Warszawy nie mogło dawać zadowalającego materiału do redukcji pomiarów wykonywanych na terenie całej Polski, a w szczególności pomiarów wykonywanych w zachodniej części kraju. Przyjmowane z konieczności założenie równoległości przebiegu zmian magnetycznego pola Ziemi na punkcie pomiarowym i w obserwatorium w Świdrze jest słuszne tylko dla punktów położonych najdalej w promieniu kilkudziesięciu kilometrów od obserwatorium. W przypadku dalszych punktów równoległość przebiegu zmian pola jest tylko przybliżona i zależy od całego szeregu czynników, jak położenie punktu względem obserwatorium, wpływ niejednorodnego przewodnictwa elektrycznego skorupy ziemskiej (zjawisko indukcji prądów tellurycznych), charakter zmian i inne.

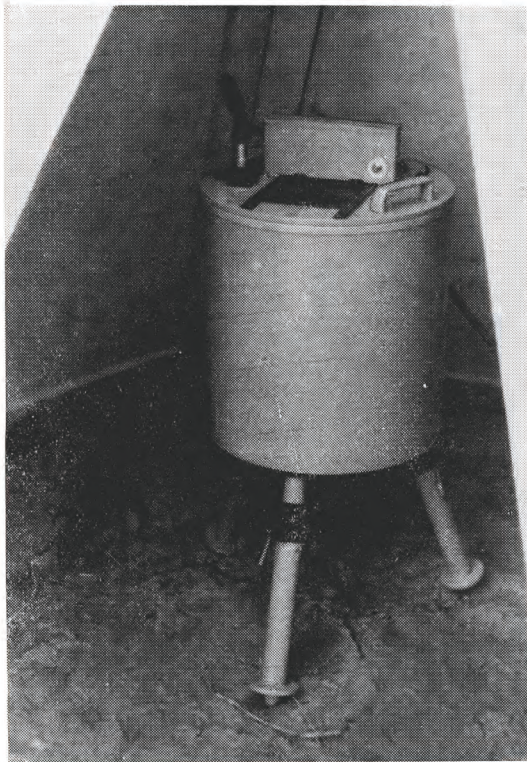
Z chwilą uruchomienia elektrycznej trakcji na linii Otwock—Pilawa, zakłócenia pola magnetycznego w obserwatorium w Świdrze osiągnęły taką wielkość (szczególnie w Z), że dla celów redukcyjnych obserwatorium w Świdrze stało się praktycznie bezużyteczne. Do wykorzystania nadają się jedynie magnetogramy z kilku godzin nocnych kiedy ruch pociągów elektrycznych zostaje przerwany a prąd w sieci trakcyjnej wyłączony.

Obserwatorium magnetyczne w Helu, aczkolwiek takich zakłóceń jak Świdz nie ma, to jednak znajduje się w miejscu, które z góry przekreśla możliwość użycia materiału rejestracyjnego do redukcji pomiarów wykonanych dalej niż na wybrzeżu w rejonie Gdańska.

Obserwatorium magnetyczne w Eelsku koło Grójca jest jeszcze w budowie i nie należy się spodziewać, żeby wkrótce miało przejąć od Świdra rolę obserwatorium centralnego.

W tej sytuacji wyniki pomiarów polowych przeprowadzanych na terenie całej Polski i odnoszonych na początek lub połowę roku za pośrednictwem obserwatorium w Świdrze, na przykład zdjęcie deklinacji magnetycznej, przeprowadzone w latach 1952—55, lub pierwszy pomiar sieci punktów wiekowych wykonany w roku 1957, obarczono błędami na skutek przyjęcia z konieczności niewłaściwych wielkości redukcyjnych.

W 1958 roku sprowadzono do Polski trzy magnetyczne wariografy polowe firmy Askania typu Gv 3, o numerach 52, 53 i 56, z których ostatni — nr 56 — zakupiony został przez Instytut Geodezji i Kartografii (rys. 1).



Rys. 1

Wariografy Gv 3 służą do rejestracji zmian trzech elementów (D , H i Z) magnetycznego pola Ziemi w warunkach polowych [12], [14], [15]. Możliwość łatwego transportu i szybkiego ustawienia aparatu, a co za

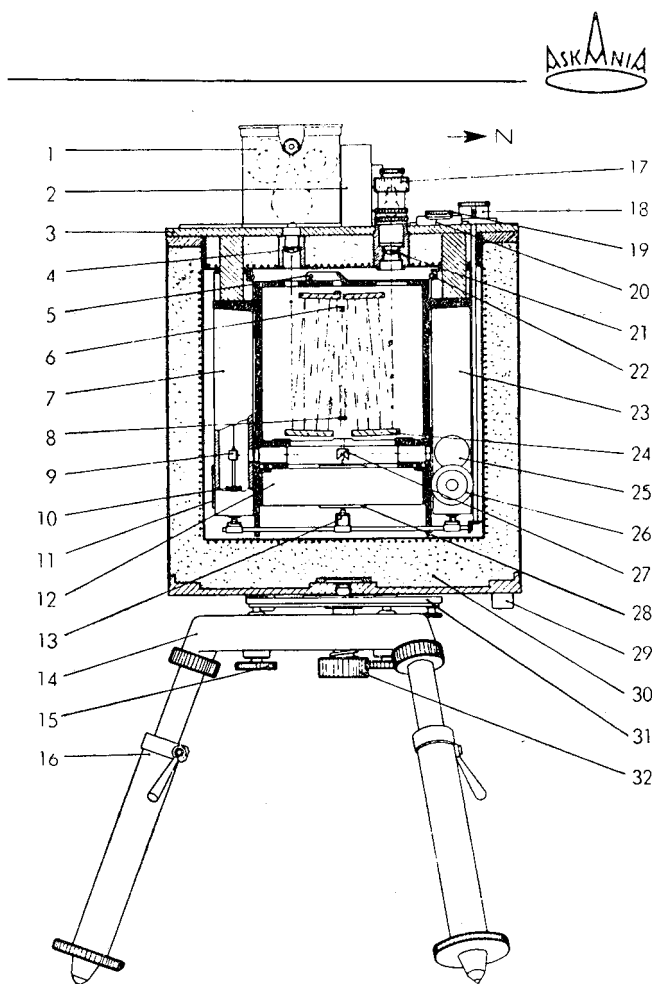
tym idzie możliwość prawie natychmiastowego rozpoczęcia rejestracji sprawia, że instrumenty te znalazły szerokie zastosowanie przy dostarczaniu materiału do redukcji momentalnych w rejonie wykonywanych pomiarów polowych, jak również przy badaniu przebiegu i rozkładu przestrzennego zmian ziemskiego pola magnetycznego. Wariograf taki ustawiony w obserwatorium magnetycznym może także służyć jako tymczasowy lub dodatkowy komplet wariografów obserwacyjnych.

Od 1958 roku wszystkie pomiary polowe przeprowadzane przez Instytut są redukowane na podstawie zapisów wariografu Gv 3. Zastosowanie tych wariografów przy pomiarach terenowych w znacznym stopniu ułatwiło pracę i wybitnie przyczyniło się do zwiększenia dokładności otrzymywanych wyników, czy to przy powtórzeniu zdjęcia deklinacji magnetycznej w roku 1959, czy też przy następnych pomiarach na sieci punktów wiekowych w roku 1961 i w roku 1963, [5], [6].

Konstruktorzy wariografu, mając na uwadze warunki w jakich instrument może pracować, postarali się o zabezpieczenie systemów wariometrycznych przed tymi czynnikami zewnętrznymi, które mogłyby spowodować zniekształcenie rejestrowanego obrazu przebiegu zmian pola magnetycznego. Wariometry zostały umieszczone w termostacie. Grzejnik wraz z urządzeniem termoregulującym pozwala na utrzymanie wewnątrz termostatu stałej temperatury 10, 20, 30 lub 40°C, którą nastawia się w zależności od temperatury zewnętrznej. Niezależnie od tego system wariometryczny H został skompensowany termicznie w wytwórni. Istnieje także możliwość skompensowania systemu Z przez użytkownika. Współczynnik torsyjny nici podtrzymującej system D , jest tak mały, że wpływ temperatury na wskazania systemu D jest niezauważalny. Dla zabezpieczenia wnętrza aparatu przed wilgocią wieko termostatu jest uszczelnione gumą, a dodatkowo, przez specjalny otwór wprowadza się do środka w sąsiedztwo wariometrów pojemnik z kryształkami odwodnionego SiO_2 .

Po ustawieniu aparatu wszystkie czynności, jak uruchomienie silnika kasety, regulacja siły światła lamp, włączanie grzejnika, nastawianie żądanej temperatury wnętrza oraz wyznaczanie czułości wariometrów, wykonuje się z odległości około ośmiu metrów, za pomocą osobnej skrzynki rozdzielczej połączonej z wariografem specjalnym siedemnastożyłowym kablem. Do aparatu podchodzi się tylko w celu wymiany kasety z papierem światłoczułym. Na rys. 2 przedstawiono budowę wnętrza wariografu, oznaczając przez: 1) kaseta, 2) silnik, 3) wieko, 4) soczewka cylindryczna, 5) lampa do znaczków czasowych, 6) lusterko z obiektywem dla wskazań temperatury lub linii bazowej, 7) wariometr H , 8) lusterko dodatkowe dla wskazań temperatury lub linii bazowej, 9) lusterko systemu H , 10) magnes i tłumienie systemu H , 11) cewka do

wyznaczania czułości systemu H , 12) wariometr Z , 13) urządzenie aretujące system Z , 14) statyw, 15) śruby do poziomowania wariografu, 16) nogi statywu, 17) lampa rejestracyjna, 18) pokrętka do aretowania systemów wariograficznych, 19) pokrętki do ustawiania D , H i Z , 20) libela, 21) kon-



Rys. 2

densor, 22) głowica torsyjna wariometru D , 23) wariometr D , 24) zwierciadła reflektora, 25) płytkę z potrójnym lustrem dla zwiększenia zakresu wskazań systemu D , 26) cewka do wyznaczania czułości systemu D , 27) pryzmaty, 28) cewka do wyznaczania czułości systemu Z , 29) nóżki gumowe, 30) izolacja termiczna termostatu, 31) płyta statywu, 32) śruba sprzęgająca.

Okres pięciu sezonów pomiarowych, w ciągu których wariograf Askania nr 56 był używany przy pracach polowych i stacyjnych, umożliwił poznanie zachowania się aparatu w różnych warunkach, pozwolił na zdobycie pewnych doświadczeń odnośnie postępowania z instrumentem, uwypuklił jego zalety i odsłonił wady. Ostatni sezon pomiarowy (1963) wykazał, że wyciągnięto właściwe wnioski z doświadczeń zdobytych w latach ubiegłych. Chodzi tu głównie o sposób zagwarantowania znajomości przebiegu wartości baz w ciągu całego okresu pracy wariografu na stacji polowej.

2. Ogólna teoria przyrządów wariacyjnych

System magnetyczny wariometru wtedy znajduje się w stanie równowagi, gdy suma wszystkich momentów obrotowych na niego działających równa się zeru. Zazwyczaj na system wariometru działają następujące momenty obrotowe:

moment stanowiący iloczyn wektorowy momentu magnetycznego systemu wariometrycznego $\bar{M}$ i wektora natężenia pola $\bar{F}$

$$\bar{M}_1 = \bar{M} \times \bar{F}$$

moment będący iloczynem wektorowym odległości środka ciężkości systemu wariometrycznego od osi jego obrotu $\bar{s}$ i przyspieszenia siły ciężkości $\bar{g}$

$$\bar{M}_2 = \bar{s} \times \bar{g}$$

moment obrotowy wynikający ze skreślenia nici suspensyjnej

$$\bar{M}_3 = \bar{N}_D$$

moment obrotowy spowodowany obecnością dodatkowych magnesów umieszczonych w pobliżu systemu wariometrycznego w celu ustawienia czułości lub skompensowania termicznego systemu. Ten moment wyrazi się wzorem

$$\bar{M}_4 = \bar{M} \times \bar{G}$$

gdzie siła $\bar{G}$ jest wypadkową dodatkowych pól.

Warunek równowagi systemu wariometrycznego będzie zatem miał postać:

$$(\bar{M} \times \bar{F}) + (\bar{s} \times \bar{g}) + \bar{N}_D + (\bar{M} \times \bar{G}) = 0 \quad (1)$$

Jeśli przyjmiemy układ współrzędnych na stałe związany z wariometrem, w którym oś y leży w płaszczyźnie poziomej, oś x pokrywa

się z kierunkiem osi obrotu magnesu, a oś z jest do nich prostopadła, wektory w równaniu (1) rozłożą się na następujące składowe:

$$\bar{M} = \bar{i}M_x + \bar{j}M_y + \bar{k}M_z$$

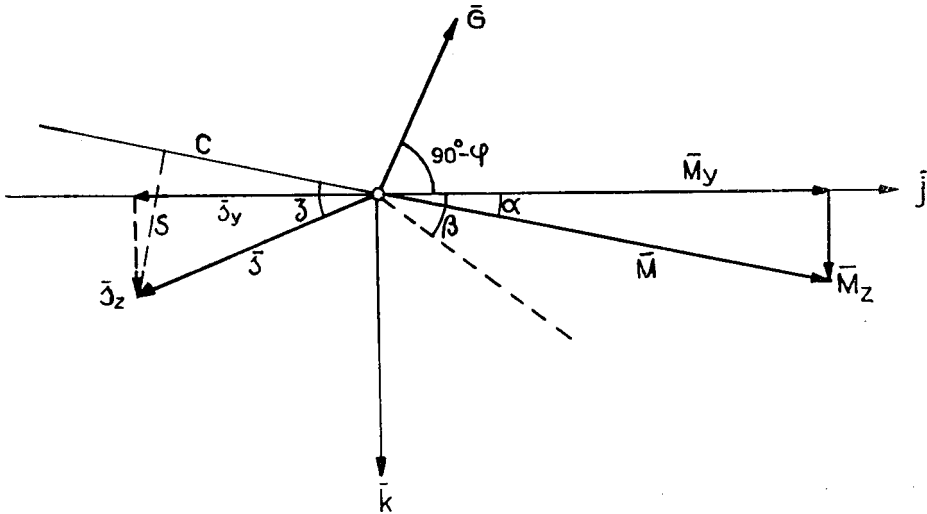
$$\bar{F} = \bar{i}F_x + \bar{j}F_y + \bar{k}F_z$$

$$\bar{s} = \bar{i}s_x + \bar{j}s_y + \bar{k}s_z$$

$$\bar{g} = \bar{i}g_x + \bar{j}g_y + \bar{k}g_z$$

$$\bar{N}_D = \bar{i}N_D$$

$$\bar{G} = \bar{i}G_x + \bar{j}G_y + \bar{k}G_z \quad (2)$$



Rys. 3

Na układ równowagi systemu wariometrycznego mają wpływ te składowe, które leżą w płaszczyźnie wahań magnesu, czyli w płaszczyźnie wektorów jednostkowych $\bar{j}$, $\bar{k}$, oraz momenty obrotowe względem kierunku wektora jednostkowego $\bar{i}$. Wstawiając zatem do równania (1) składowe wektorów z równań (2) otrzymamy:

$$M_y F_z - M_z F_y + s_y g_z - s_z g_y + N_D + M_y G_z - M_z G_y = 0 \quad (3)$$

Oznaczając przez:

- H — natężenie składowej poziomej
- Z — „ „ pionowej
- X — „ „ północnej
- Y — „ „ wschodniej

D — deklinację magnetyczną

D_M — siłę wynikającą z zawieszenia systemu wariometrycznego na skręconej nici suspensyjnej

C i S — składowe odległości środka ciężkości systemu od osi jego obrotu, w kierunku osi magnetycznej systemu oraz prostopadle do niej

m — masę systemu wariometrycznego

τ — kąt skręcenia nici lub taśmy suspensyjnej

α — kąt między osią magnetyczną systemu a osią $\bar{j}$

γ — kąt między osią obrotu systemu a płaszczyzną poziomą

v — kąt między południkiem magnetycznym a osią $\bar{j}$

φ — kąt między osią $\bar{j}$ a kierunkiem wypadkowej pól magnesów dodatkowych

ζ — stały kąt między osią magnetyczną systemu a wektorem $\bar{s}$, na podstawie rys. 3 możemy napisać:

$$\begin{aligned} M_x &= 0 & M_y &= M \cos \alpha & M_z &= M \sin \alpha \\ s_x &= 0 & s_y &= -s \cos (\zeta - \alpha) & s_z &= s \sin (\zeta - \alpha) \\ g_x &= -m g \sin \gamma & g_y &= 0 & g_z &= m g \cos \gamma \\ N_D &= D_M \\ G_x &= 0 & G_y &= G \sin \varphi & G_z &= -g \cos \varphi \\ C &= s \cos \zeta & S &= s \sin \zeta \end{aligned}$$

oraz

$$\Gamma_x = H \sin v \cos \gamma + Z \sin \gamma$$

$$F_y = H \cos v$$

$$F_z = Z \cos \gamma - H \sin v \sin \gamma$$

Wstawiając powyższe zależności do równania (3) otrzymamy ogólne równanie wariometru:

$$\begin{aligned} &MZ \cos \gamma \cos \alpha - MH \sin v \sin \gamma \cos \alpha - MH \cos v \sin \alpha - \\ &- Cmg \cos \alpha \cos \gamma - Smg \sin \alpha \cos \gamma + D_M (\tau - \alpha) - \\ &- MG \cos \varphi \cos \alpha - MG \sin \alpha \sin \varphi = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Z tego równania wyprowadzić można równanie równowagi wariometrów poszczególnych składowych.

Dla przykładu rozpatrzmy równanie dla wariometru składowej pionowej. W wariometrze tym oś obrotu systemu wariometrycznego pokry-

wa się z kierunkiem wektora jednostkowego $\bar{i}$, i zajmuje możliwie poziome położenie. Jeżeli oznaczymy

$$H \cos v = Y \quad \text{ i } \quad -H \sin v = X$$

i przyjmiemy, że $\gamma = 0$ oraz że wariometr nie posiada magnesów dodatkowych ($G = 0$) co ma miejsce w Askanii, równanie (4) będzie miało następującą postać:

$$MZ \cos \alpha - MY \sin \alpha - Cmg \cos \alpha - Smg \sin \alpha + D_M(\tau - \alpha) = 0$$

przy $\alpha = 0$ otrzymamy:

$$MZ_0 - Cmg + D_M\tau = 0 \quad (5)$$

Jeżeli przyjmiemy, że oś obrotu magnesu nie leży w płaszczyźnie poziomej, na przykład na skutek złego spoziomowania instrumentu, to w równaniu (5) wystąpi jeszcze wyraz $MX \sin \gamma \cos \alpha$. Błąd w rejestracji zmian Z spowodowany nachyleniem osi obrotu magnesu przy $\gamma = 0,3^\circ$ i przy zmianie X o $200'$ wyniesie $1''$, zaś przy $\gamma = 1^\circ$ i $X = 200'$ błąd ten wyniesie $3,5''$. Widać więc, że staranne spoziomowanie wariografu ma duże znaczenie dla dokładności zapisu.

Czułość wariometru otrzymamy przez różniczkowanie równania (5)

$$\varepsilon_z = \frac{dZ}{d\alpha} = Z \operatorname{tg} \alpha + Y - \frac{Cmg}{M} \operatorname{tg} \alpha + \frac{Smg}{M} + \frac{D_M}{M \cos \alpha}$$

dla $\alpha = 0$ otrzymamy:

$$\varepsilon_{z_0} = \frac{dZ}{d\alpha} = Y_0 + \frac{Smg}{M} + \frac{D_M}{M} \quad (6)$$

Przy większych zmianach pola, gdy α jest duże czułość ε wymaga wprowadzenia odpowiedniej poprawki [1]. Można tego uniknąć przez takie dobranie momentu obrotowego środka ciężkości, żeby był równy momentowi obrotowemu natężenia składowej pionowej. Największą czułość wariometru Z można otrzymać przez ustawienie aparatu tak, żeby północny biegun systemu wariometrycznego był skierowany na południe.

Zmiana temperatury spowoduje zmianę momentu magnetycznego systemu wariometrycznego M , i zmianę siły D_M wynikającej z zawieszenia systemu na skręconej nici. Oznaczając przez:

- dt — zmianę temperatury
- A — współczynnik termiczny magnesu
- δ — „ „ „ siły D_M

przy małych zmianach temperatury otrzymamy:

$$dM = MA dt$$

$$dD_M = D_M \delta dt$$

Zmiana temperatury spowoduje także zmianę długości składowych odległości środka ciężkości systemu od jego osi obrotu:

$$dS = S_0 dt \quad \text{ i } \quad dC = C_0 \mu dt$$

w gammach na jednostkę temperatury.

Różniczkując równanie (5) względem temperatury otrzymamy zależność kąta wychylenia systemu od zmiany temperatury w postaci:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{q}{\varepsilon}$$

gdzie q jest współczynnikiem termicznym wariometru Z wyrażonym w gammach na jednostkę temperatury.

Ponieważ α jest zazwyczaj kątem bardzo małym możemy napisać w przybliżeniu:

$$q = \left[\frac{D_M}{M} \tau (A + \delta) - \frac{Cmg}{M} (A + \mu) \right] - \alpha \left[\frac{D_M}{M} (A + \delta) - \frac{Smg}{M} (A + o) \right] \quad (7)$$

Drugi człon równania (7) odpowiada zmianie czułości wariometru wraz ze zmianą temperatury:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{D_M}{M} (A + \delta) + \frac{Smg}{M} (A + o)$$

W przypadku dużych zmian temperatury wyraz ten musi być uwzględniony. Przeważnie jednak zmianę czułości pod wpływem zmiany temperatury można pominąć i ograniczyć się do uwzględnienia pierwszego wyrazu równania (7).

Osiągnięcie kompensacji termicznej polegać będzie zatem na takim dobraniu czynników w pierwszym członie równania (7) żeby $q = 0$, czyli żeby:

$$\frac{D_M}{M} (A + \delta) - \frac{Cmg}{M} (A + \mu) = 0 \quad (8)$$

Nastąpi wówczas uniezależnienie wskazań wariografu od temperatury. Spełnienie równania (8) możliwe jest w różny sposób. W wariografie polowym Askania Gv 3 dokonuje się tego przez takie dobranie kąta skreślenia nici τ , żeby została spełniona zależność:

$$\tau = \frac{Cmg (A + \mu)}{D_M (A + \delta)} \quad (9)$$

Podobnie można wyprowadzić wzory dla wariometrów rejestrujących pozostałe elementy pola magnetycznego Ziemi. Należy jedynie pamiętać o właściwym zorientowaniu osi współrzędnych $\bar{i}$, $\bar{j}$, $\bar{k}$.

3. Wpływ temperatury na przebieg baz wariografu

W pierwszym okresie użytkowania Askanii korzystano z grzejnika i urządzenia termoregulacyjnego dla zachowania stałej temperatury we wnętrzu wariografu podczas rejestracji zmian pola magnetycznego na stacji polowej.

Stwierdzono jednakże, iż w przypadku wyłączenia prądu przez elektrownię, co w terenie zdarza się stosunkowo często, po jego ponownym włączeniu następuje w wariografie nagły przyrost temperatury, który bardzo niekorzystnie wpływa na przebieg bazy Z. Pomimo tego, że po paru godzinach temperatura w termostacie ustala się, baza Z jeszcze przez czas dłuższy — kilkanaście godzin, a nawet i kilka dni, jest zmienna. Zarówno wielkość, jak i znak dryftu nie mogą być określone bez bardzo częstych, na przykład co godzinę wykonywanych pomiarów za pomocą magnetometru BMZ, co w praktyce jest nie do zrealizowania. Poza tym, niezależnie od zaistniałego dryftu, baza Z prawie nigdy nie wraca do swojej poprzedniej wartości.

Przyjęta metoda redukcji pomiarów terenowych na podstawie magnetogramów wariografu polowego, aczkolwiek zabezpiecza przed wprowadzeniem do obliczeń błędnych wielkości redukcyjnych, to jednak wymaga znajomości przebiegu baz w ciągu całego okresu pracy wariografu na stacji. W przeciwnym wypadku istnieje niebezpieczeństwo utraty wszystkich pomiarów wykonanych w okresie, dla którego wartości baz nie mogą być określone.

Zarówno baza D, jak i baza H nie wykazują praktycznie żadnej zależności od wielkości i szybkości zmian temperatury wnętrza instrumentu. Nieznaczny czasem dryft bazy H jest zawsze liniowy i łatwy do wyznaczenia kilkoma pomiarami wykonanymi za pomocą magnetometru QHM.

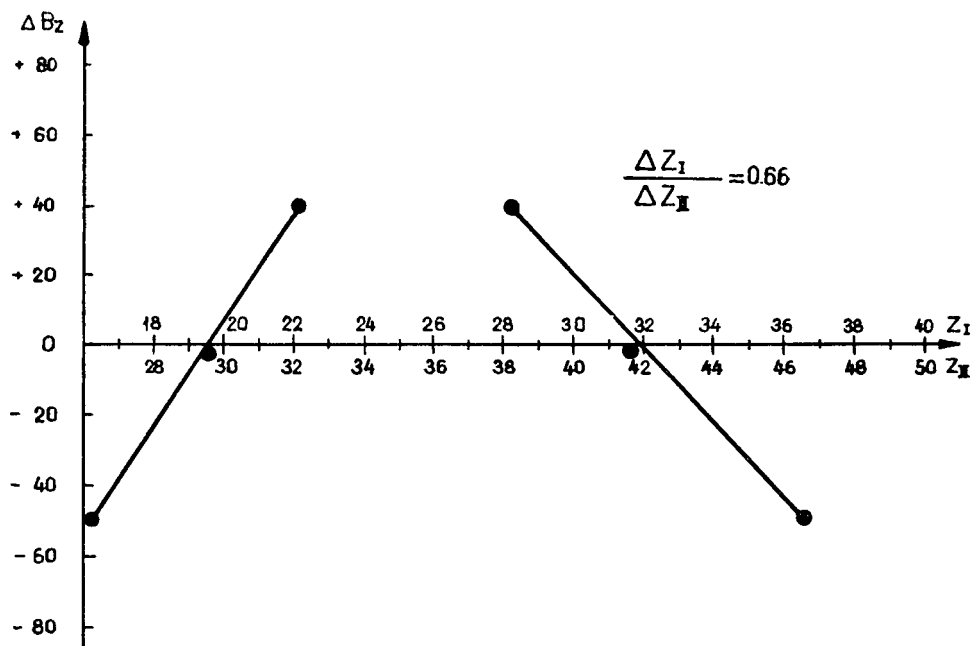
Baza Z wykazuje dużą wrażliwość na zmiany temperatury. Zaistniała wobec tego konieczność przeprowadzenia kompensacji termicznej wariometru Z i zrezygnowania ze stosowania grzejnika z termoregulatorem na tych stacjach polowych, gdzie nie ma gwarancji, że prąd elektryczny przez cały okres pracy wariografu nie zostanie wyłączony.

W wariografach Askania system wariometryczny Z zawieszony jest na poziomo rozpiętej nici metalowej, składającej się z dwóch odcinków o różnych współczynnikach termicznych. Kompensację termiczną systemu Z osiąga się przez odpowiednie skrócenie nici, które dokonuje się za pomocą dwóch głowic oznaczonych odpowiednio przez Z I i Z II.

Kompensację termiczną wariografu nr 56 przeprowadzono w maju i czerwcu 1962 roku, w Obserwatorium IGiK w Borowej Górze. Wariograf ustawiony został w ziemnym pawilonie magnetycznym, w którym

do połowy czerwca temperatura była niższa niż 10°C . Dla wyznaczania wielkości zmian bazy Z przy rejestracji pola prowadzonej w różnych temperaturach użyto magnetometru BMZ 180.

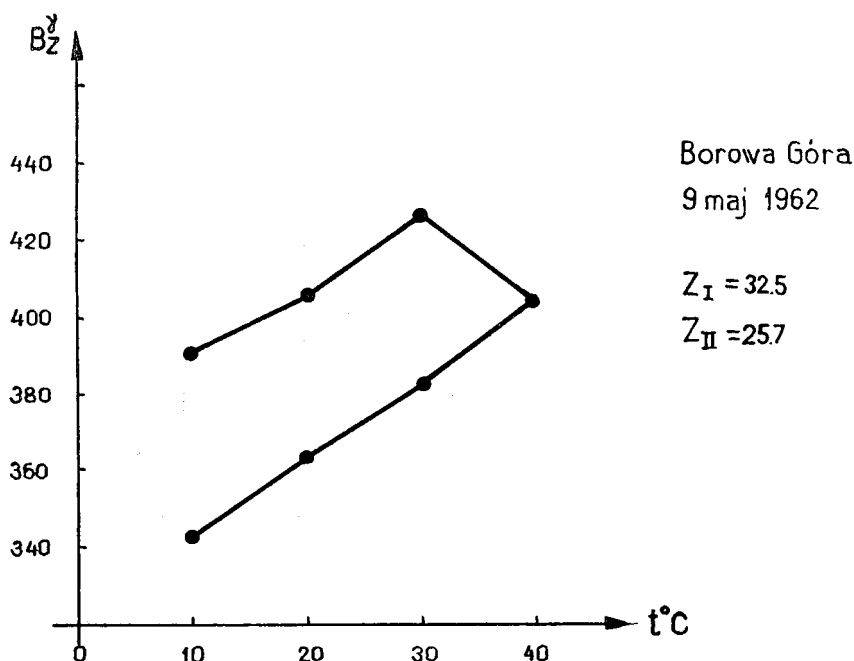
Różnica wartości bazy Z dla dwóch różnych temperatur rejestracji przy założeniu, że dryft BMZ i dryft wariografu są równe zeru, określa wielkość i znak wpływu temperatury na wskazania systemu wariometrycznego Z . Wpływ ten likwiduje się przez pokręcanie obydwóch głowic nici suspensyjnych w przeciwne strony. Głowicą $Z II$ należy pokręcać tak, aby plamka Z przesuwiała się na matówce w tym samym kierunku, w jakim przesuwiała się przy wzrastającej temperaturze, zaś głowicą $Z I$ tak, aby przesuniętą poprzednio plamkę z powrotem sprowadzić na to samo miejsce, jakie zajmowała przed pokręcaniem głowicą $Z II$. Całkowite zlikwidowanie wpływu temperatury na wskazania Z osiąga się drogą kolejnych prób. Właściwe ustawienie obydwóch głowic określono najpierw graficznie na podstawie zależności zmian wartości bazy Z przy zmianie temperatury od odczytów $Z I$ i $Z II$, a następnie sprawdzono praktycz-



Rys. 4

nie, rys. 4, [10]. Ponieważ stwierdzono, że wpływ ten nie jest jednakowy w całym przedziale od 10 do 40°C , kompensację przeprowadzono do końca tylko w przedziale 10 — 30°C , gdyż takie temperatury najczęściej występują w Polsce w sezonie pomiarowym.

Zauważono, że przebieg bazy Z podczas podgrzewania wariografu był inny niż w czasie ochładzania i krzywa wykresu ilustrującego zależność bazy Z od temperatury ma kształt podobny do kształtu krzywej histerezy, rys. 5.



Rys. 5

Brak dużej cewki Helmholtza uniemożliwił przeprowadzenie kompensacji termicznej przy różnym natężeniu pola Z , zaś wykonanie takiej kompensacji w terenie wymagałoby zbyt wiele czasu. Wobec tego przeprowadzona w Borowej Górze kompensacja termiczna może nie zostać zachowana przy przestawieniu wariografu w miejsce o innym natężeniu pola Z . Efektem tego będzie pojawienie się współczynnika termicznego wariometru Z . Jednakże jeśli przy sprowadzaniu plamki Z na matówkę na nowym stanowisku wariografu będziemy obracać głowice w tę samą stronę o tę samą wielkość kątową, współczynnik termiczny powinien być mały. Niemniej jednak w celu ewentualnego uwzględnienia jego wpływu rachunkowo przeprowadzono w Borowej Górze także badanie stałości wskazań termografu i wyznaczono jego czułość.

W ciągu kilku dni prowadzono rejestrację kolejno w temperaturach 10, 20, 30 i 40°C , kilkakrotnie ogrzewając i ostudzając wariograf. Okazało się, że odległości krzywej termografu od bazy dla odpowiednich tempe-

ratur nie są stałe. Jek widać z tablicy 1, zmiany tych odległości wahają się w granicach $\pm 0,5$ mm, co przy czułości termografu równej ok. $0,6^\circ/\text{mm}$ sprawia, że błąd odczytanej za pomocą termografu temperatury wnętrza instrumentu wyniesie $\pm 0,3^\circ\text{C}$.

Tablica 1

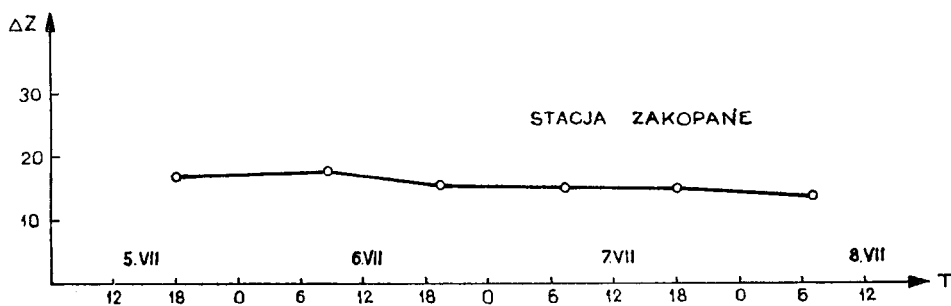
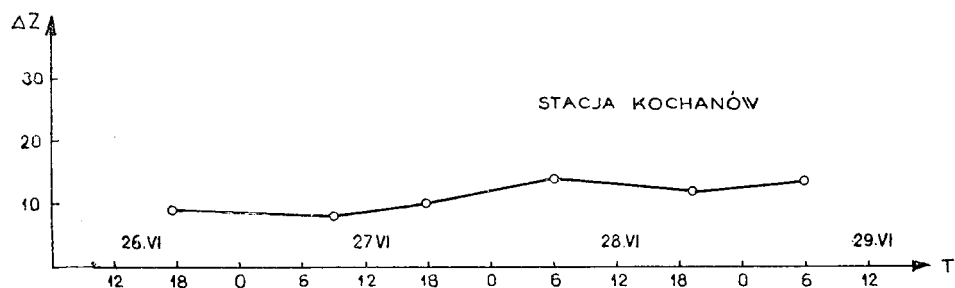
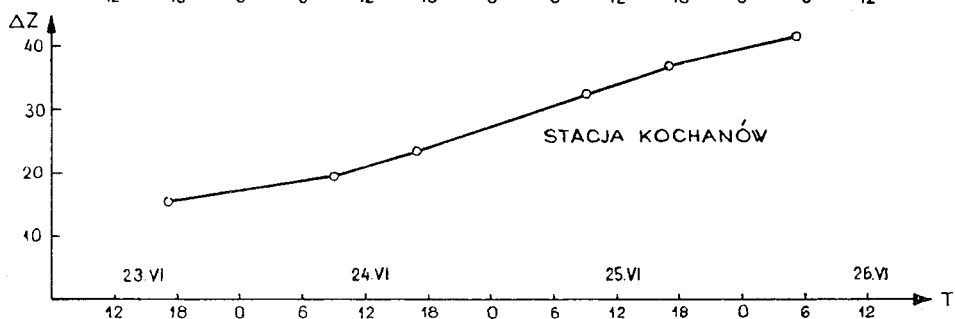
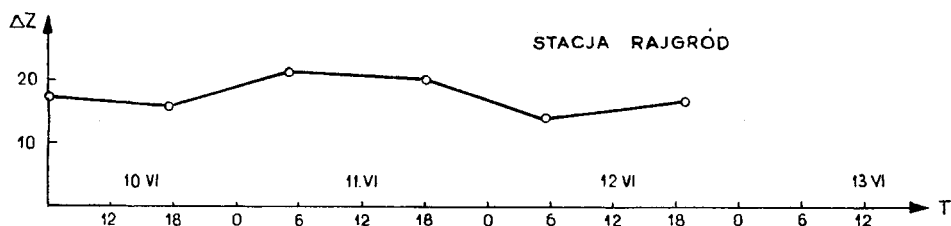
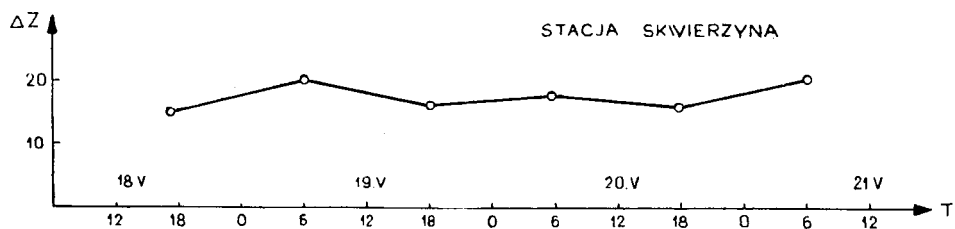
10°		20°		30°		40°	
mm	v	mm	v	mm	v	mm	v
53,8	+1,0	70,8	+0,6	87,5	+0,3	103,9	+0,1
55,3	-0,5	71,4	0	87,7	+0,1	104,2	-0,2
55,0	-0,2	71,1	+0,3	87,1	+0,7		
54,8	0	72,6	-1,2	88,2	-0,4		
54,8	0	71,6	-0,2	88,0	-0,2		
55,0	-0,2	70,8	+0,6	87,3	+0,5		
55,0	-0,2			88,0	-0,2		
				87,8	0		
				88,0	-0,2		
				88,2	-0,4		
54,8 $m_0 = 0,5$		71,4 $m_0 = 0,7$		87,8 $m_0 = 0,4$		104,0 $m_0 = 0,2$	
$\varepsilon_t = 0,6024^\circ/\text{mm}$		0,6098°/mm		0,6172°/mm			

Przy tak mało dokładnym odczycie temperatury współczynnik termiczny systemu Z nie może być większy od kilku gamma na 1°C .

Wydaje się, że byłoby wskazane wmontowanie do wariografu termometru, tak, żeby można było z zewnątrz czytać temperaturę wnętrza termostatu. Zaistniałaby wówczas możliwość kontrolowania wskazań termografu i dokładniejszego wyznaczenia jego czułości.

Dla zabezpieczenia się przed dobowymi zmianami temperatury, które w lecie dochodzą do kilkunastu stopni i których, jak się okazało, za pomocą termografu nie można dokładnie wyznaczyć, ustawiano wariograf w piwnicach ziemnych, gdzie wahania dobowe temperatury nie przekraczały 1°C . W ten sposób uniknięto także konieczności wyznaczania na każdej stacji współczynnika termicznego, co wymagałoby kilku dni. Jak wykazały doświadczenia, wielkości współczynnika termicznego są nieznaczące — rzędu $2^\circ/1^\circ\text{C}$, i przy minimalnych zmianach temperatury poprawka termiczna może być pominięta.

Na rys. 6 przedstawiono kilka wykresów ilustrujących przebiegi bazy Z na czterech stacjach polowych w roku 1963. [6], [11]. Bazy wyznaczono magnetometrem BMZ 254, którym wykonywano pomiary na punktach wiekowych. Stosunkowo duża ilość pomiarów pozwala na dokładne określenie przebiegu baz Z i wyrównanie ich rachunkowo lub graficznie. Wy-



Rys. 6

rażnie widać, że dryft jest liniowy przynajmniej w ciągu czterech kolejnych dni. W Kochanowie, gdzie wariograf pracował przez osiem dni, piątego dnia rejestracji dała się zauważyć nagła zmiana dryftu. Dość duży, bo wynoszący ok. $10'$ na dobę dryft bazy, spowodowany prawdopodobnie silnym skruceniem nici suspensyjnych po przeniesieniu wariografu z rejonu Augustowa w rejon Wałbrzycha, w ciągu paru godzin zmniejszył się do ok. $2'$ na dobę. Wskazywałoby to na konieczność dokładnego badania dryftu bazy Z po przeniesieniu wariografu w miejsce o innym natężeniu pola. Określenie wyrównanej bazy dla każdego momentu okresu pracy wariografu na stacji polowej nie sprawia żadnych trudności.

Na wszystkich stacjach zmiany temperatury wnętrza wariografu ważyły się w granicach $\pm 0,4^\circ\text{C}$.

Powyżej opisane zabezpieczenie wariometrów przed wpływem temperatury wydaje się gwarantować określenie baz wariografu na stacji polowej z dokładnością wystarczającą dla celów redukcyjnych.

4. Czułość wariografu

Czułość wszystkich trzech wariometrów wyznacza się za pomocą specjalnych cewek Helmholtza, umieszczonych na stałe wewnątrz wariografu. Do obliczenia czułości służy wzór:

$$\varepsilon = \frac{2Wi}{\Delta h} \quad (10)$$

Stale cewek wariografu Askania nr 56 oraz błędy ich wyznaczenia są podane przez obserwatorium magnetyczne w Wingst, dokąd wariograf w celu wycechowania go został przed sprowadzeniem do Polski wysłany przez producenta. Stale cewek wynoszą:

$$W_D = 73,5 \text{ r/mA}$$

$$W_H = 73,7 \text{ r/mA} \quad \pm 0,7 \text{ r/mA}$$

$$W_Z = 72,7 \text{ r/mA}$$

Natężenie prądu jest mierzone miliamperomierzem magnetoelektrycznym o zakresie 4 mA, klasy 1,5.

Zależność ε od poszczególnych wyrazów we wzorze (10) można ustalić po obliczeniu różniczki zupełnej ε :

$$m_\varepsilon^2 = \left(\frac{\varepsilon}{W} m_M \right)^2 + \left(\frac{\varepsilon}{i} m_i \right)^2 + \left(\frac{\varepsilon}{\Delta h} m_{\Delta h} \right)^2$$

Jeśli podstawimy odpowiednio: $W \cong 70 \text{ } \mu\text{mA}$, $m_W = 0,7 \text{ } \mu\text{mA}$, $\Delta h \cong \cong 50 \text{ mm}$, $m_{\Delta h} = 0,2 \text{ mm}$, $i = 1 \text{ mA}$ oraz $m_i = 0,02 \text{ mA}$ (przy założeniu, że jest to $1/3$ błędu maksymalnego dla miliamperomierzy tej klasy), to otrzymamy:

$$m_e^2 = 0,0009 + 0,0036 + 0,0001 = 0,0046$$

stąd

$$m_e = 0,07$$

Jak widać z powyższego wzoru, na błąd wyznaczenia ε wpływa głównie natężenie prądu w cewkach, które dla wygody brano równe 1 mA. Najmniejszy wpływ na ε ma Δh . Czułość winna być zatem wyznaczana przy maksymalnym natężeniu prądu w cewce. Powoduje to pewne trudności w identyfikowaniu na magnetogramie wychylonych plamek dodatkowych oraz zmniejsza dokładność pomiaru odległości przesunięcia ich z położenia kiedy $i = 0$. Ale wobec jednoczesnego zwiększenia się Δh nie ma to żadnego wpływu na dokładność wyznaczenia czułości. Zatem przy $i = 4 \text{ mA}$ błąd wyznaczenia ε wyniesie ok. $0,02 \text{ } \mu\text{mm}$.

Jeśli weźmiemy pod uwagę, że przy obliczaniu wartości pola magnetycznego na podstawie magnetogramu według wzoru:

$$F = F_B + \varepsilon h_{obl.} = F_{pom.} - \varepsilon h_{pom.} + \varepsilon h_{obl.} = F_{pom.} - \varepsilon \Delta h \quad (11)$$

rachunki prowadzimy z dokładnością 1% , ε jest rzędu $3 \text{ } \mu\text{mm}$, zaś $\Delta h \cong 50 \text{ mm}$ i jest mierzone z dokładnością $0,2 \text{ mm}$, to czułość ε winna być wyznaczana z dokładnością ok. $0,015 \text{ } \mu\text{mm}$. Wystarczy więc na każdej stacji polowej wyznaczyć ε trzy- lub czterokrotnie, żeby zapewnić dostateczną dokładność określenia czułości wariografu.

W tablicy 2 zestawiono wartości ε wyznaczone w obserwatorium IGiK w Borowej Górze w trzech temperaturach: ok. 10 , 20 i 30°C , po siedem obserwacji w każdej. Zarówno ε_D jak i ε_H można wyznaczyć z żadaną dokładnością tj. ok. $0,015 \text{ } \mu\text{mm}$ bez kłopotów. Średni błąd średniej arytmetycznej ε_Z wyniósł $0,02 \text{ } \mu\text{mm}$. Jednakże ze względu na to, że zmiany Z w ciągu doby są mniejsze od zmian D lub H ($\Delta h_z \cong 20 \text{ mm}$) można przyjąć, że ε_Z daje się również określić trzema lub czterema wyznaczeniami z dostateczną dokładnością.

Powyższe wyznaczenia wykonano w celu zbadania zależności ε od temperatury. Wariograf ogrzewano i ostudzano kilkakrotnie. Za każdym razem po ustaleniu się temperatury na zadanej wysokości 10 , 20 lub 30°C wyznaczano czułość wszystkich trzech wariometrów. Otrzymane wyniki posłużyły do sporządzenia wykresu przedstawionego na rys. 7 i ilustrującego wpływ temperatury na wielkość ε . W D i H nie daje się zauważyć żadnej zależności między ε a t . Wydaje się jednak, że taka zależność istnieje w Z w przedziale $10\text{--}20^\circ\text{C}$. Różnica między średnimi wartościami

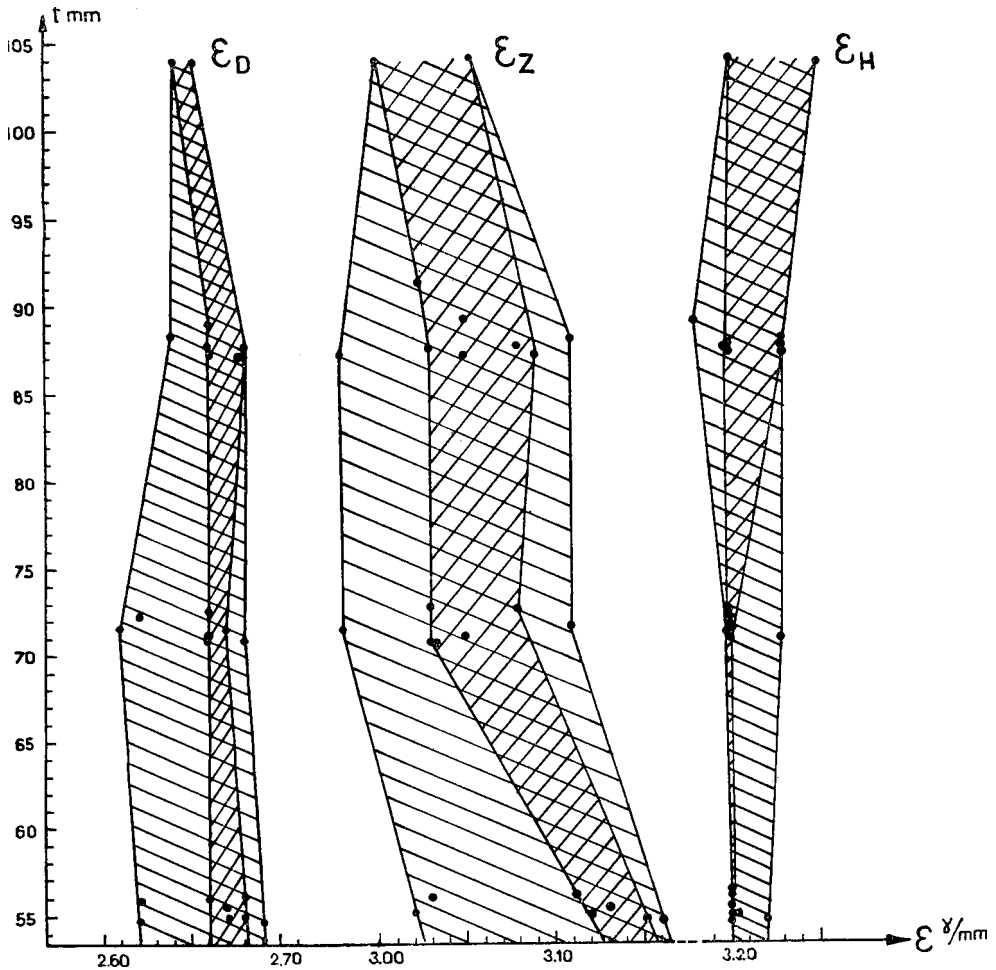
Tablica 2

t_{mm}	$t^{\circ}\text{C}$	ε_D	v	ε_H	v	ε_Z	v
54,8	10,0	2,62	+0,05	3,22	-0,02	3,15	-0,05
54,8	10,0	2,69	- 2	3,20	0	3,16	- 6
55,0	10,1	2,68	- 1	3,20	0	3,12	- 2
55,0	10,1	2,67	0	3,20	0	3,02	+ 8
56,0	10,7	2,66	+ 1	3,20	0	3,03	+ 7
55,3	10,3	2,67	0	3,20	0	3,13	- 3
56,2	10,8	2,68	- 1	3,20	0	3,11	- 1
średnie		2,67	$m_0 = \pm 0,02$ $m = \pm 0,01$	3,20	$m_0 = \pm 0,01$ $m = \pm 0,005$	3,10	$m_0 = \pm 0,05$ $m = \pm 0,02$
71,4	20,0	2,61	+0,04	3,20	0	2,98	+0,06
70,8	19,6	2,66	- 1	3,23	-0,03	3,03	+ 1
70,8	19,6	2,68	- 3	3,20	0	3,03	+ 1
72,7	20,8	2,62	+ 3	3,20	0	3,03	+ 1
71,1	19,8	2,66	- 1	3,20	0	3,05	- 1
72,7	20,8	2,66	- 1	3,20	0	3,08	- 4
71,6	20,1	2,67	- 2	3,20	0	3,12	- 8
średnie		2,65	$m_0 = \pm 0,02$ $m = \pm 0,01$	3,20	$m_0 = \pm 0,01$ $m = \pm 0,005$	3,04	$m_0 = \pm 0,04$ $m = \pm 0,02$
87,1	29,6	2,68	-0,01	3,20	+0,01	3,09	-0,03
87,1	29,6	2,68	- 1	3,23	- 2	2,98	+ 8
87,3	29,7	2,66	+ 1	3,20	+ 1	3,05	+ 1
87,5	29,8	2,68	- 1	3,23	- 2	3,03	+ 3
89,1	30,8	2,66	+ 1	3,18	+ 3	3,05	+ 1
87,5	29,8	2,66	+ 1	3,20	+ 1	3,08	- 2
88,0	30,1	2,64	+ 3	3,23	- 2	3,11	- 5
średnie		2,67	$m_0 = \pm 0,01$ $m = \pm 0,005$	3,21	$m_0 = \pm 0,02$ $m = \pm 0,01$	3,06	$m_0 = \pm 0,04$ $m = \pm 0,02$

ciaми ε wyznaczonymi w temperaturze 10° i 20° wynosi $0,06 \text{ }^{\circ}/\text{mm}$, czyli ok. $0,01 \text{ }^{\circ}/\text{mm}/2^{\circ}$. Jednakże przy założonej poprzednio konieczności zabezpieczenia wariometrów przed dużymi zmianami temperatury zależność ta nie ma praktycznego znaczenia.

Przeprowadzono także próbę ustalenia związku między wielkością ε_H i ε_Z a natężeniem pola magnetycznego, w jakim są one wyznaczane. Z braku dużej cewki Helmholtza wykorzystano magnetogramy zapisane na stacjach polowych w różnych rejonach kraju. Otrzymane wyniki przedstawiono graficznie na rys. 8. Jak widać, wpływ natężenia pola na ε jest mniejszy od błędu wyznaczania ε , w związku z czym nie ma

praktycznego znaczenia. Należy jednak zwrócić uwagę, że badanie przeprowadzono w małym zakresie natężenia pola — ok. 3000 V, czyli tak jak granice kraju na to pozwalały, zaś na ε wpłynęły jeszcze te czyn-



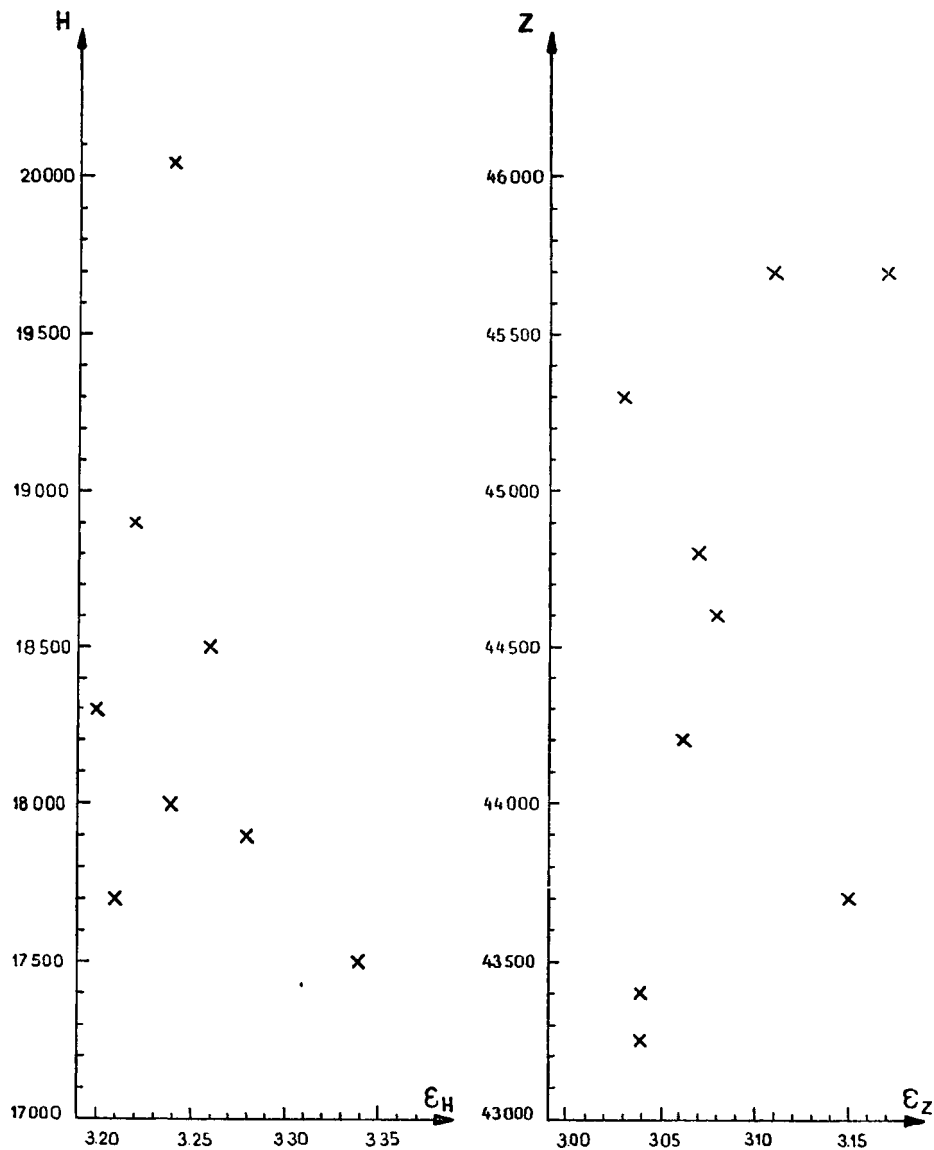
Rys. 7

niki, które są związane z przestawianiem wariografu, a więc: poziomowanie, ustawianie w azymucie, wilgotność itp.

Dla zorientowania się, czy czułości wariografu są stałe w czasie, porównano otrzymane wartości ε z wyznaczeniami z roku 1958, również dokonanymi w Borowej Górze [7]. Z załączonej tablicy 3, w której wielkości te zostały zestawione, wynika że stałość wartości ε zawiera się w granicach błędu wyznaczenia.

Tablica 3

Wyznaczenie	$\varepsilon_{D\gamma/\text{mm}}$	$\varepsilon_{H\gamma/\text{mm}}$	$\varepsilon_{Z\gamma/\text{mm}}$
1958	2,68	3,24	3,05
1963	2,67	3,20	3,06



Rys. 8

Należy zaznaczyć, że największy wpływ na dokładność wyznaczenia czułości ma oczywiście błąd pomiaru natężenia prądu w cewkach. Scharakteryzowany wyżej miliamperomierz, nie zapewnia takiej dokładności wyznaczenia i , która pozwoliłaby potraktować m_i jako wielkość tego samego rzędu co m_W lub m_{dh} . Na rozrzut otrzymywanych wielkości ϵ wpływają także w pewnym stopniu takie czynniki, jak czas, temperatura czy wielkość natężenia pola, pomimo iż zauważalnej zależności nasze badania nie wykazały.

5. Uwagi dotyczące pracy wariografu na stacji polowej

Doświadczenia zdobyte w ubiegłych latach pozwalają na sprecyzowanie pewnych warunków, których przestrzeganie da gwarancję, że znajomość baz wariografu pracującego na stacji polowej w każdym momencie będzie dostatecznie dokładna dla celów redukcyjnych.

Przed rozpoczęciem sezonu pomiarowego wariograf powinien być przekonserwowany. Konserwacja instrumentu winna obejmować: ogólne oczyszczenie wariografu, statywu, futerałów i przewodów; oczyszczenie i wyregulowanie styków w przekaźniku termoregulacyjnym (pomimo naszych zastrzeżeń co do stosowania grzejnika nie można wykluczyć użycia go w terenie); oczyszczenie części optycznych, oczyszczenie i wyregulowanie mechanizmów w kasecie, na co należy zwrócić szczególną uwagę ze względu na częste zacięcia się kasety; oczyszczenie i nasmarowanie kół i przekładni zębatych w urządzeniu aretującym i nastawczym; wymiana lub regeneracja SiO_2 w wariografie i w skrzynce rozdzielczej. Należy także dokonać remontu uszkodzonych części o znaczeniu drugorzędnym, których zły stan może w trakcie pracy wariografu spowodować awarię, a więc usunąć luzy śrub, polutować rozłączone styki, zaizolować odsłonięte przewody itp.

Przed rozpoczęciem sezonu pomiarowego trzeba również dokonać kompensacji termicznej wariometru Z lub jeśli był skompensowany w latach poprzednich — sprawdzić, czy kompensacja została zachowana.

Miejsce na stację polową winno być wybrane w środku rejonu, na którym mają być wykonywane pomiary. Ponieważ podstawowym warunkiem stosowania zapisów wariografów polowych do redukcji pomiarów jest równoległość przebiegu zmian pola magnetycznego na punkcie pomiarowym i na stacji polowej, promień rejonu, w środku którego pracować ma stacja, będzie zależał od ścisłości zachowania wyżej wymienionego warunku. Dla pewnych obszarów Polski wyniesie on ok. 100 km, dla innych np. w południowo zachodniej Polsce, gdzie zaobserwowano anomalie w przebiegu zmian zatokowych [2], [8], lub w okolicach Pucka [3] — kilkanaście.

Wariograf winien być ustawiony niezbyt blisko zabudowań, w miejscu wolnym od sztucznych zakłóceń pola magnetycznego, które można wykryć za pomocą kilku pomiarów wagą magnetyczną. Miejsce to musi być odsunięte daleko od źródeł zakłóceń przemysłowych, jak kolej elektryczna, tramwaj itp.

W pobliżu miejsca ustawienia wariografu winno się znajdować źródło prądu zmiennego 110, 125 lub 220 V i 50 Hz. W przypadku posiadania przez użytkownika kasety z napędem mechanicznym warunek powyższy nie jest konieczny, jednak wówczas do zasilania lampy rejestracyjnej i czasowej niezbędny jest akumulator sześciowoltowy.

Wariograf należy ustawić w pomieszczeniu dającym osłonę termiczną (np. dostatecznie głęboka piwnica ziemna), aby zmiany dobowe temperatury były tak małe, żeby można było pominąć wpływ temperatury na wartość podstawy Z . Pomieszczenie to nie musi być całkowicie amagnetyczne, jednak warunkiem niezbędnym jest usunięcie wszystkich ruchomych żelaznych przedmiotów na taką odległość, żeby ich przesuwanie nie wpłynęło na przebieg rejestracji. Zbyt wielka ilość nieprzesuwalnej masy żelastwa jest również szkodliwa ze względu na możliwość istnienia dużych sztucznych gradientów lokalnych pola powodujących zniekształcenie rejestracji przebiegu zmian pola.

Ustawienia aparatury należy dokonać według instrukcji podanej przez firmę Askania [15]. Wariograf ważący ok. 20 kg winien być zabezpieczony przed osiadaniem, co jest szczególnie ważne kiedy ma pracować na podłożu piaszczystym.

Na stacji należy prowadzić dziennik wszystkich czynności wykonywanych przy wariografie oraz notować zdarzenia, które mogłyby wpłynąć na przebieg rejestracji. Pozwoli to wyeliminować okresy pracy wariografu, w których otrzymany materiał rejestracyjny jest wątpliwy.

W odległości nie mniejszej niż 50 m od stanowiska Askanii należy wybrać miejsce osłonięte w miarę możliwości od słońca i wiatru, gdzie ustawiane będą instrumenty służące do kontroli przebiegu baz wariografu. W pierwszym okresie pracy stacji wyznaczenia bazy Z winny być wykonywane co najmniej cztery razy dziennie. Później, po stwierdzeniu, że dryft bazy jest nieznaczny i liniowy, ilość wyznaczeń BMZ można zmniejszyć. Wyznaczeń bazy H można dokonywać rzadziej — raz lub dwa razy dziennie, przy czym wystarczy użyć jednej tylko główki QHM. Deklinację wystarczy wyznaczać raz na kilka dni. Czułość należy wyznaczać trzy — czterokrotnie, w tym koniecznie na początku i na końcu okresu rejestracji.

Na stacji winna być urządzona ciemnia fotograficzna do wywoływania światłoczułych papierów rejestracyjnych. Papier z zapisem zmian pola należy wywoływać codziennie wieczorem, kiedy pomiary na punk-

tach terenowych nie są już wykonywane. Pozwoli to na natychmiastową prawie ocenę poprawności zapisu. W razie przerwy w dostawie prądu, zacięcia się kasety, burzy magnetycznej lub innych okoliczności, uniemożliwiających odczytanie magnetogramu, zespół pomiarowy pracujący w terenie może być zawiadomiony o braku zapisu i pomiary wykonane w tym okresie mogą być już na drugi dzień powtórzone.

Na magnetogramie należy napisać nazwę stacji, okres rejestracji i numer wariografu oraz wskazać bazę (B), krzywą zmian deklinacji (D), krzywą zmian natężenia składowej poziomej (H), pionowej (Z) i krzywą termiczną. Należy również opisać kreski godzinowe.

Wszystkie obliczenia powinny być wykonywane na bieżąco. Wyznaczone wartości baz należy zestawzić w tabelkach oraz przedstawić graficznie na papierze milimetrowym. Na podstawie otrzymanych wyników należy też przeprowadzić wstępną analizę wpływu temperatury na przebieg bazy Z .

Powyższe zalecenia mają na celu otrzymanie takiego materiału rejestracyjnego, żeby błąd określonej z magnetogramu wartości pola H lub Z czy też D zależał głównie od dokładności wykonania pomiaru na punkcie kontrolnym. Inaczej mówiąc, chodzi o to, żeby błąd wyrażenia: $\varepsilon \Delta h$ we wzorze (11) był rzędu $1'$. Wówczas błąd określenia pola z magnetogramu w dowolnym momencie będzie zależał przede wszystkim od staranności i częstotliwości wykonywania pomiarów kontrolnych. Wydaje się, że używając do pomiarów magnetometrów QHM i BMZ oraz deklinatora z magnesem zawieszonym na nici, można łatwo osiągnąć odpowiednio: $m_H = \pm 2'$, $m_Z = \pm 4'$ i $m_D = \pm 0,2'$.

6. Zakończenie

Należy stwierdzić, że powyżej opisane zalecenia dotyczące postępowania z wariografem są kłopotliwe i skomplikowane. Jednakże wydaje się, że w celu zagwarantowania znajomości przebiegu baz wariografu, szczególnie bazy Z , są one konieczne.

Zdobyte doświadczenia i wnioski na ich podstawie wysnute z pewnością zostaną wzbogacone w następnych latach. Wydaje się, że należy zwrócić jeszcze uwagę na kilka czynników, które niewątpliwie mają wpływ na pracę wariografu oddziałując w mniejszym lub większym stopniu na jego stałe. Chodzi tu głównie o wpływ błędu ustawienia wariografu w południku magnetycznym, wpływ ruchów wariografu ustawionego na miękkim podłożu, wpływ wilgotności powietrza i inne. Szczególnie ważne jest zbadanie czułości wariometrów i ich zmian w zależności od wyżej omawianych czynników. Opisane w pracy badanie

czułości nie może być potraktowane jako ostateczne. Ze względu na stałą eksploatację wariografu w terenie, otrzymano zbyt ubogi materiał badawczy, który nie pozwolił na wyczerpujące zbadanie tego zagadnienia. Materiał ten winien być uzupełniony specjalnymi badaniami wariografu w obserwatorium magnetycznym wyposażonym w duże cewki Helmholtza i czułe mierniki prądu elektrycznego.

Niemniej jednak wydaje się, że zebrane w niniejszej pracy doświadczenia i wnioski pozwolą już teraz otrzymać wartościowy materiał rejestracyjny.

LITERATURA

- [1] *Fanselau G.*: Geomagnetismus und Aeronomie. Band II. Praca zbiorowa. DVW, Berlin 1960.
- [2] *Jankowski J., Królikowski C.*: O zmianach krótkookresowych ziemskiego pola magnetycznego na terenie Polski. *Acta Geophysica Polonica*, vol. X, Nr 3, Warszawa 1962.
- [3] *Kozłowski M.*: Short-Period Variations of the Earth's Magnetic Field in Poland. *Acta Geophysica Polonica*, vol IX, Nr 3, Warszawa 1961.
- [4] *Krzemiński W., Uhrynowski A., Zóltowski A.*: Sieć magnetycznych punktów wiekowych w Polsce. *Prace IGiK*, Tom VIII, Nr 2(18), Warszawa 1961.
- [5] *Krzemiński W., Uhrynowski A., Zóltowski A.*: Sieć magnetycznych punktów wiekowych w Polsce (II). *Prace IGiK*. Tom X, Nr 2(22), Warszawa 1963.
- [6] *Krzemiński W., Uhrynowski A., Zóltowski A.*: Sieć magnetycznych punktów wiekowych w Polsce (III). W druku.
- [7] *Krzemiński W., Umecka A.*: Wstępne zbadanie stałości podstaw przenośnego wariografu magnetycznego Gv 3 firmy Askania-Werke. *Biuletyn IGiK, Przegląd Geodezyjny*, Rok X, Nr 5, Warszawa 1960.
- [8] *Małkowski Z.*: Terenowe badania przebiegu zmian magnetycznych w Polsce. *Acta Geophysica Polonica*, vol. X, Nr 1, Warszawa 1962.
- [9] *Mansurow S. M.*: Teoria magnitnych wariacjonnych priborow. *Trudy NIZMIR'a*, 12/22, s. 91—182, Moskwa 1957.
- [10] *Oszczak S.*: Wyznaczenie parametrów termicznych wariografu Gv 3. IGiK, Zakład Magnetyzmu Ziemskiego. praca dyplomowa, maszynopis, 1962.
- [11] *Siuda J., Głuchowski S.*: Przeprowadzenie rejestracji zmian magnetycznego pola Ziemi za pomocą polowej stacji wariograficznej i opracowanie wyników. IGiK, Zakład Magnetyzmu Ziemskiego, praca dyplomowa, maszynopis, 1963.
- [12] *Uhrynowski A.*: Polowa stacja magnetyczna IGiK, Rajgród 1959. *Prace IGiK*, Tom IX, Nr 2(20), Warszawa 1962.
- [13] *Uhrynowski A.*: Wzajemne porównanie zapisów trzech wariografów przenośnych Askania pod względem stałości bazy i wartości skali. Zakład Geofizyki PAN. Maszynopis. 1963.
- [14] *Uhrynowski A., Zóltowski A.*: Zastosowanie wariografu polowego do rejestracji zmian pola magnetycznego podczas wykonywania pomiarów na sieci punktów wiekowych. IGiK, Zakład Magnetyzmu Ziemskiego, maszynopis, 1963.
- [15] *Wariograf magnetyczny Gv 3 Askania-Werke. Instrukcja obsługi.*

Recenzował: *Sam. Prac. Nauk.-Bad. Wojciech Krzemiński*

Rękopis złożono w Redakcji w marcu 1964 r.

АНДЖЕЙ УХРЫНОВСКИ

О РЕГИСТРИРОВАНИИ ИЗМЕНЕНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВАРИОГРАФОМ Gv-3 В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Р е з ю м е

От нескольких лет в Институте Геодезии и Картографии имеется полевой вариограф фирмы Аскания, типа Gv-3 № 56.

Накопленный опыт в течение периода в котором вариограф использовался в полевых измерениях, либо на сети вековых пунктов, либо на пунктах съемки магнитного склонения и тп. позволил узнать положительные и отрицательные стороны вариографа и создал основы для разработки наиболее подходящего способа эксплуатации прибора в поле и наилучшего использования его записей.

Вариограф Gv-3 является прибором приспособленным к работе в различных полевых условиях. Аппарат есть относительно легким, портативным и простым в обслуживании. Быстро можно его расставить и привести в рабочее состояние. Внутри прибора влагонепроницаемая, а термостат и терморегулирующие приспособления создают возможность на удерживание вариометрических систем в постоянной температуре.

Однако установлено, что вариометр Z очень чувствительный на быстрые, большие изменения температуры. Продолжительное выключение грелки, а особенно ее повторное включение приводит к внезапным приращениям температуры внутри вариографа, что отрицательно сказывается на постоянство базиса Z. Чтобы избежать затрат в регистрации по поводу невозможности определения базиса Z решено вести запись изменений поля без грелки и терморегулятора. Для исключения влияния температуры, изменения которой можно отсчитывать только с помощью малого точного термографа (таб. 1), проводилась термическая компенсация вариометрической системы Z (рис. 4). Для добавочного обеспечения результатов регистрации от влияния темпе-

ратуры, вариограф располагался в земляных подвалах, где суточные изменения температуры внутри аппарата не превосходили 1°C . В такой обстановке даже не очень точная термическая компенсация вариометра Z , дает возможность пренебречь влияние температуры на ход регистрации.

Оставшиеся элементы магнитного поля регистрируемые вариографом D и H не приводят к затруднениям. Влияние температуры на вариометрическую систему H компенсируется заводом-исполнителем прибора, а „сползание” базиса H линейное и небольшое. На ход базиса H не имеют тоже влияния неожиданные температурные скачки, как это имеет место у вариометра Z .

Выше описанный процесс позволил получить в 1963 году очень ценный материал для редукции измерений выполненных на сети вековых пунктов. Для примера на рис. 5 приводится ход базисов Z на нескольких полевых станциях. Эти базисы были определены с помощью измерений магнетометрами BMZ на вековом пункте, а также добавочно на самой станции.

Сделано тоже некоторые выводы относящиеся к поведению чувствительности вариографа. Установлено, что не имеется четкого влияния температуры на значение чувствительности D и H , только Z немного уменьшается с ростом температуры в пределах 10° — 20°C . Это изменение однако столь маленькое, что можно принять, что оно не превосходит пределов точности определения Z (рис. 6). Не установлено тоже практического влияния на чувствительность величины поля в котором определяются Z и H .

В последнее время сравнено тоже полученные значения чувствительности вариографа со значениями полученными несколько лет назад, устанавливая их постоянство в пределах ошибки их определения.

На основе приобретенного опыта разработано ряд указаний, которых соблюдение будет гарантировать знание хода базисов вариографа в течение целого периода работы на полевой станции с удовлетворительной точностью.

ANDRZEJ UHRYNOWSKI

ABOUT RECORDING OF VARIOGRAPH GV-3

S u m m a r y

Since some years the Institute of Geodesy and Cartography has been in possession of a field variograph made by Askania, type Gv-3. No 56. An experience gained in the period of field works executed with this variograph, on secular variation stations, by magnetic declination survey etc., gave us the fair knowledge of advantages and disadvantages of the instrument. That experience was used for working out the most suitable way of the exploitation of the instrument in the field and the best manner of using its records.

Variograph Gv-3 is an instrument suitable for the work in different field conditions. Apparatus is comparatively light, portable, easy to operate, swift in setting up and putting into service. Its internal parts are moistureproof; thermostat and thermoregulation are keeping variometric systems in the constant temperature.

However it was confirmed that Z variometer is very sensitive for rapid change of temperature. The heater being switched off and especially after its switching on the rapid increase of the internal temperature occurs what has bad effect on Z base constancy. To avoid losses in recording owing to impossibility of Z base definition, the recording of magnetic field variation is continued without using heater nor thermoregulator. To eliminate the temperature influence, variation of which can be read with little accuracy on thermograph (table 1), thermal compensation system of Z variometer (fig. 4) was arranged. For additional security of recording results against temperature influence, variograph was placed in ground cellars where temperature change of internal parts of the instrument did not exceed 1°C. Such location of the instrument permits neglect of temperature influence even by not accurate thermal compensation of Z variometer.

Other elements of magnetic field recorded by variograph *D* and *H* bring no trouble. The temperature influence on variometric system *H* is compensated by factory, base drift *H* being linear and insignificant. Base drift *H* is also not influenced by rapid change of temperature, as it is in *Z* variometer.

Procedure described above permitted in 1963 to obtain very valuable material for measurements executed in secular variation stations. In fig. 5 *Z* base on several field stations is represented. These bases were determined by magnetometers BMZ measurements executed in secular variation stations and on the station additionally.

Some conclusions were obtained concerning variograph sensitivity. It was confirmed that there is no distinct temperature influence on sensitivity *D* and *H*. Only *Z* in the interval of 10°—20°C is insignificantly diminishing when temperature is rising. This change is as little as it is in limits of error of determination *Z* (fig. 6). Practical influence on sensitivity of magnetic field value in which *Z* and *H* are being determined (fig. 7) is not confirmed.

Values of variograph sensitivity newly obtained were compared with those having been gained before a few years; constancy in limits of determination error was confirmed.

On the base of gained experience some instructions were prepared; these will secure the knowledge of variograph bases along the whole period of its work in the field station with sufficient accuracy.