

ANDRZEJ UHRYNOWSKI

550.380.87:528.061.6

Analityczna metoda wyznaczenia współczynnika termicznego magnetycznego wariografu polowego

Zastosowanie polowych stacji wariograficznych znacznie podniosło dokładność zdjęć magnetycznych wykonywanych w rejonach odległych od obserwatorium magnetycznego. Stworzyło to bowiem możliwość wprowadzenia dużo dokładniejszych poprawek redukcyjnych, mających na celu odniesienie wszystkich pomiarów do jednego momentu, a następnie przeliczenie ich do jednej epoki. Otrzymanie dokładnych poprawek redukcyjnych na podstawie zapisu wariograficznej stacji polowej jest jednak uwarunkowane znajomością współczynnika termicznego wariografu, jak również znajomością przebiegu baz wariografu.

Wariograf polowy, który w porównaniu z wariografem obserwatoryjnym pracuje na jednym stanowisku bardzo krótko — jeden, dwa tygodnie — ma prawie zawsze tendencję do zmiany baz w czasie, zwanej dryftem baz. Dryft wyznacza się zwykle za pomocą pomiarów kontrolnych przeprowadzanych na stacji, podobnie jak to się czyni w obserwatorium magnetycznym. Metodę dokładnego prześledzenia tego dryftu, o ile częstotliwość pomiarów kontrolnych jest niedostateczna, podali Krzemiński i Umecka [1]. Inaczej przedstawia się sprawa ze współczynnikiem termicznym. Nawet uprzednie wyznaczenie go w obserwatorium magnetycznym wcale nie oznacza, że po ustawieniu wariografu na stacji polowej jego wartość nie ulegnie zmianie. Wyznaczenie zaś współczynnika termicznego w terenie za pomocą ogrzewania i oziębiania wariografu oraz pomiarów temperatury i pola magnetycznego jest bardzo kłopotliwe lub zgoła niewykonalne, o ile nie ma odpowiednich warunków do tego celu, jak pomieszczenia, grzejnika, niskiej temperatury na dworze, i co jest bardzo istotne — czasu na przeprowadzenie badania. Nawet w wariografie Askania Gv 3, w którym wariometry umieszczone są w termostacie i istnieje możliwość ogrzewania jego wnętrza za pomocą specjalnego grzejnika do temperatury 10, 20, 30 i 40°C, przeprowadzenie tego wyznaczenia wymaga kilka dni, w których materiał rejestracyjny jest dla innych celów bezużyteczny.

Niektórzy konstruktorzy stacji polowych (np. Bobrow) usiłując znaleźć

rozwiązanie tego problemu, dążą do takiego skompensowania termicznego wariometrów, aby wpływy temperatury na wyniki rejestracji mogły być pominięte. Jednakże bardzo często zdarza się, że pomimo osiągniętej fabrycznie kompensacji, po ustawieniu wariografu na stanowisku polowym stwierdza się istnienie wpływu temperatury na zapis zmian pola. Przyczyny tego mogą być różne: inne warunki pracy, transport, starzenie się układu kwarc-magnes itp. W innych wariometrach, np. Askania, kompensacja wariometru H jest przeprowadzona przez producenta, natomiast kompensację wariometru Z może przeprowadzić użytkownik sam przez odpowiednio różne skręcenie obydwóch nici podtrzymujących magnes wariometru Z [3]. Operacja ta wymaga jednak również kilku dni.

Zwykle nie ma w terenie ani wystarczającego czasu ani odpowiednich warunków do wyznaczenia współczynnika termicznego lub przeprowadzenia kompensacji termicznej. Wielkość współczynnika termicznego przyjmuje się zatem za znaną na podstawie wyznaczeń wykonanych w obserwatorium lub na podstawie certyfikatu wariografu. Powinna jednakże istnieć możliwość sprawdzenia, czy przyjęta wielkość, po ustawieniu wariografu na stacji polowej, nie uległa zmianie lub czy kompensacja jest rzeczywiście zachowana.

Przedstawiona w niniejszej pracy metoda pozwala na wyznaczenie współczynnika termicznego wariografu polowego bez potrzeby pomiaru temperatury wariometrów i bez potrzeby przerywania pracy stacji. Nie wymaga ona także wykonywania żadnych dodatkowych pomiarów i w niczym nie absorbuje operatora stacji, który całą uwagę może skierować na prawidłowe wykonywanie pomiarów kontrolnych i opracowanie światłoczułego materiału rejestracyjnego.

Metoda opiera się na założeniu, że zmiany dobowe pola geomagnetycznego na stacji polowej i w najbliższym obserwatorium magnetycznym mają ogólny charakter jednakowy. Pod terminem ogólny charakter rozumieć należy pewien uśredniony przebieg tych zmian. Zgodnie z powyższym założeniem różnica średniego przebiegu zmian pola geomagnetycznego na stacji i w obserwatorium powinna być stała.

Obliczmy różnicę pola geomagnetycznego pomiędzy stacją a obserwatorium magnetycznym.

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

- E — wartość rejestrowanego elementu pola magnetycznego,
- B_E — wartość bazy E ,
- δB — dryft bazy E ,
- h — odległość krzywej E od bazy E wyrażona w gammach,
- T — temperatura wariometru E ,

q — współczynnik termiczny wariometru $E \left(q = \frac{\partial E}{\partial T} \right)$,

t — czas.

Wartość dowolnego elementu pola geomagnetycznego E w obserwatorium, odczytana z magnetogramu wyraża się wzorem

$$E' = B' + f(\delta B', h', T')$$

lub prościej:

$$E' = B' + f(k'), \quad (1)$$

gdzie funkcja $f(k')$ jest różnicą pomiędzy obliczoną z magnetogramu wartością elementu E a wartością bazy E .

Wartość tego samego elementu E na stacji polowej odczytana z magnetogramu wyrazi się podobnym wzorem

$$E'' = B'' + f(\delta B'', h'', T''). \quad (2)$$

Różnicę elementu E pola geomagnetycznego pomiędzy obserwatorium a stacją polową w tym samym momencie t_i otrzymamy odejmując stronami wzór (2) od wzoru (1)

$$\Delta E_i = \Delta B + f(k'_i) - f(\delta B''_i, h''_i, T''_i). \quad (3)$$

Ponieważ interesuje nas ewentualny przebieg zmian ΔE , jako funkcji $\delta B''$ i T'' , a nie rzeczywista wielkość ΔE , różnicę baz ΔB , jako stałą, możemy pominąć.

Jeśli założymy, że wariometr polowy nie ma dryftu i że współczynnik termiczny q jest równy zeru

$$\delta B'' = 0, \quad \text{i} \quad q'' = 0, \quad (4)$$

to wzór (3) przyjmie postać

$$\Delta E'_i = f(k'_i) - f(h'_i) = \text{const.}$$

Jeśli założenie (4) nie jest słuszne, to wzór na przebieg zmian różnicy ΔE przyjmie postać

$$\Delta E'_i = f(k'_i) - f(h'_i) + F(\delta B'', T''). \quad (5)$$

Badanie, czy przyczyną zmienności ΔE jest dryft, współczynnik termiczny, czy też obydwa te zjawiska łącznie, można przeprowadzić drogą analizy przebiegu zmian ΔE w wybranym lub też całym okresie pracy stacji polowej.

Najwygodniej jest obliczać różnicę ΔE ze średnich wartości godzinnych E w obserwatorium i na stacji polowej. Z reguły bowiem średnie wartości godzinne i tak są obliczane do innych jeszcze celów, np. dla zestawienia rocznika obserwatorium. Otrzymane wartości ΔE należy nanieść na grafik, gdzie osią odciętych jest czas w odpowiedniej skali.

np. 1 godz. — 1 mm, zaś osią rzędnych — ΔE , przy czym najwygodniej jest, gdy 1 mm odpowiada 1 gamma. Naniesione na grafik punkty utworzą pewną krzywą, której ogólny charakter przebiegu jest przedmiotem badania. Dryft bazy objawi się jako zmiana ΔE w czasie, przy czym wielkość tej zmiany będzie odpowiadała wielkości dryftu bazy.

Istnienie współczynnika termicznego objawi się w postaci zmiany różnicy przebiegu pola na stacji i w obserwatorium, zgodnie ze zmianami temperatury jakie zachodzą w badanym wariografie. Kształt tych zmian będzie na ogół zbliżony do sinusoidy o okresie jednej doby, zgodnie ze zmianami temperatury zewnętrznej.

Jeśli wariometr ma jednocześnie współczynnik termiczny i dryft bazy, to na krzywej obydwa te zjawiska nałożą się na siebie.

Jeśli na ten sam grafik naniesione zostaną zmiany temperatury ΔT wzięte bezpośrednio z magnetogramu stacji polowej drogą pomiaru odległości krzywej termografu od bazy, to otrzymamy drugą krzywą zbliżoną do sinusoidy o tym samym okresie, przedstawiającą zmiany temperatury wariometrów wyrażone w milimetrach. Obie krzywe będą zgodne lub przeciwne w fazie, zależnie od znaku współczynnika termicznego q .

Obliczenie zależności zmian ΔE od zmian temperatury ΔT wyrażonych w milimetrach nie stanowi problemu. Można jedynie nadmienić, że zmiany należy obliczać pomiędzy kolejnymi ekstremami krzywej. W przeciwnym wypadku można wprowadzić do rezultatu wpływ dryftu, co zniekształci szukany współczynnik termiczny q . Ostateczny wzór na obliczenie uśrednionej wartości q przyjmie postać:

$$q = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^{n=i} \frac{\Delta E_i}{\Delta T_i}. \quad (6)$$

Przykład

Przedstawiona wyżej metoda posłużyła między innymi do wyznaczenia współczynnika termicznego polowego wariografu magnetycznego Askania Gv 3 nr 56, ustawionego na magnetycznej stacji polowej w Kołobrzegu w okresie od 25 maja do 8 lipca 1971 roku. Stacja ta założona została w związku z wykonywanym zdjęciem magnetycznym Bałtyku Południowego.

Do analizy wybrano okresy od 20 do 27 czerwca i od 1 do 8 lipca, czyli te okresy, w których wykonywano pomiary na morzu. Ponieważ wszystkie pomiary miały być zredukowane do średniej wartości pola geomagnetycznego w tych dwóch okresach, otrzymanej z uśrednienia średnich godzinnych, obliczenia sprowadziły się do znalezienia różnicy ΔE gotowych już wartości k' i h'' wg wzoru (5). Badania przeprowadzono dla składowej poziomej H i pionowej Z .

Otrzymane wartości ΔH , ΔZ i ΔT naniesiono na grafik, przy czym ze

względem na małe zmiany temperatury wariografu ustawionego w piwnicy, skalę ΔT powiększono dwukrotnie (rys. 1). Ponieważ zmiany ΔH nie wykazują widocznej zależności od ΔT , przyjęto, że współczynnik termiczny wariometru H jest równy zeru. W przypadku składowej Z taka zależność istnieje. Ogólny przebieg zmian ΔZ wyinterpolowano ręcznie. Różnice pomiędzy kolejnymi ekstremami krzywych ΔZ i ΔT zestawiono w tabelicy 1. W tabelicy tej zestawiono też obliczone na ich podstawie q . Po uśrednieniu, dla pierwszego okresu otrzymano $q = 3,4$ gamma na jeden milimetr zmiany odległości krzywej termografu od bazy, a dla drugiego okresu — 3,1. Jako ostateczną wartość współczynnika termicznego przyjęto $q = 3,3 \text{ } \gamma/\text{mm}_T$, co przy czułości termografu ok. $0,6^\circ/\text{mm}$ daje ok. 5,5 gamma na stopień. Błąd wyznaczenia q dla pierwszego okresu wynosi $m'_q = \pm 0,3 \text{ } \gamma/\text{mm}_T$, dla drugiego zaś $m''_q = \pm 0,8 \text{ } \gamma/\text{mm}_T$. Błąd średniej wartości wynosi $m_q = 0,3 \text{ } \gamma/\text{mm}_T$.

Znaleziony w ten sposób współczynnik termiczny q posłużył do obliczenia po raz wtóry ΔZ . Tym razem przyjęto założenie, że $\delta B = 0$, ΔB zostało oczywiście pominięte.

Otrzymane wartości ΔZ naniesiono na ten sam grafik (rys. 1). Przebieg nowej krzywej ΔZ jest już wolny od wpływu zmian temperatury ΔT . Istnieje natomiast pewna nierównoległość ogólnego przebiegu tej krzywej względem osi odciętych. Wskazuje to na istnienie dryftu bazy Z . Dla upewnienia się, czy tak jest istotnie, naniesiono jeszcze na grafik dryft bazy Z wyznaczony w Kołobrzegu za pomocą pomiarów kontrolnych. Łatwo zauważyć, że ogólny przebieg krzywej jest zupełnie zgodny z dryftem wyznaczonym za pomocą pomiarów w Kołobrzegu.

Zgodny jest również z przebiegiem krzywej H podobnie wyznaczony dryft bazy H .

U w a g i

Ogólny przebieg krzywej Z został wypośredkowany na grafiku ręcznie, co może być źródłem pewnych niedokładności, wynikających z subiektywnej oceny kreślącego. Jednakże wzięcie do analizy dwutygodniowego okresu rejestracji daje około dwudziestu niezależnych wyznaczeń q , w związku z czym średnia z nich powinna być od oceny subiektywnej uwolniona.

Badany wariograf Askania Gv 3 w 1971 roku ustawiony został w piwnicy ziemnej, w związku z czym zakres zmian temperatury w ciągu doby był stosunkowo niewielki — ok. 2°C . Dokładność wyznaczenia q będzie oczywiście tym większa im większy zakres zmian temperatury wzięty zostanie do obliczeń. W przedstawionej metodzie nie ma to jednak praktycznie większego znaczenia, gdyż stosowanie q jest ograniczone do takiego zakresu zmian temperatury, z jakiego zostało obliczone. W naszym przykładzie chociaż dokładność wyznaczania q nie jest duża — $m_q =$

$= \pm 0,3 \gamma/\text{mm}_T$ — to wobec zmian temperatury ok. 5 mm (ok. 3°C), poprawka termiczna zostanie obarczona maksymalnym błędem rzędu 1,5 gamma.

W roku 1970 ten sam wariograf ustawiony był w Kołobrzegu w pawilonie naziemnym. Zakres zmian temperatury był rzędu 6°C . Wartość otrzymanego w 1970 roku q wyniosła $3,4 \gamma/\text{mm}_T$. Jak widać współczynnik termiczny jest w obydwóch latach prawie ten sam. Świadczyłoby to o wystarczającej dokładności wyznaczenia q .

Przedstawiona metoda pozwala na sprawdzenie lub wyznaczenie nieznanego współczynnika termicznego w warunkach kameralnych niewielkim stosunkowo nakładem pracy, przy czym praca może być w każdej chwili przerwana lub odłożona. Nie wymaga także szczególnych kwalifikacji w przeciwieństwie do metody pomiarów bezpośrednich. Ponadto może być stosowana nie tylko przy wykorzystaniu zapisów obserwatorium magnetycznego, ale również i zapisów innej stacji polowej o znanym współczynniku termicznym i znanym dryfcie baz.

*Recenzował: mgr inż. Wojciech Krzemiński
Samodzielny pracownik naukowo-badawczy*

Rękopis złożono w Redakcji w lutym 1972 r.

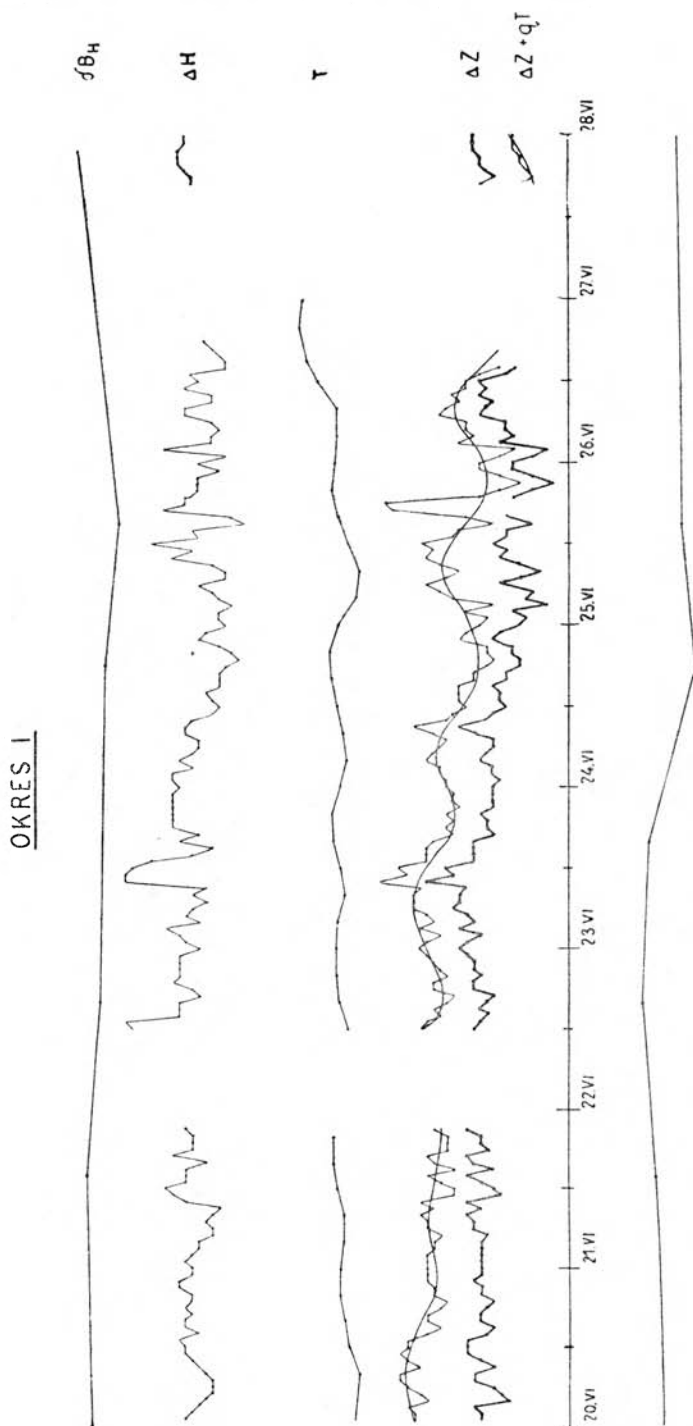
LITERATURA

- [1] Krzemiński W., Umecka A.: Wstępne zbadanie stałości podstaw przenośnego wariografu magnetycznego Gv 3 Askania. Biuletyn IGiK, Przegląd Geodezyjny, rok X, nr 5. Warszawa 1960.
- [2] Uhrynowski A.: Polowa stacja magnetyczna IGiK, Rajgród, 1959. Prace IGiK, tom IX, nr 2. Warszawa 1962.
- [3] Uhrynowski A.: O rejestracji zmian pola magnetycznego wariografem Gv 3 w warunkach terenowych. Prace IGiK, tom XI, nr 2. Warszawa 1964.

Tablica 1

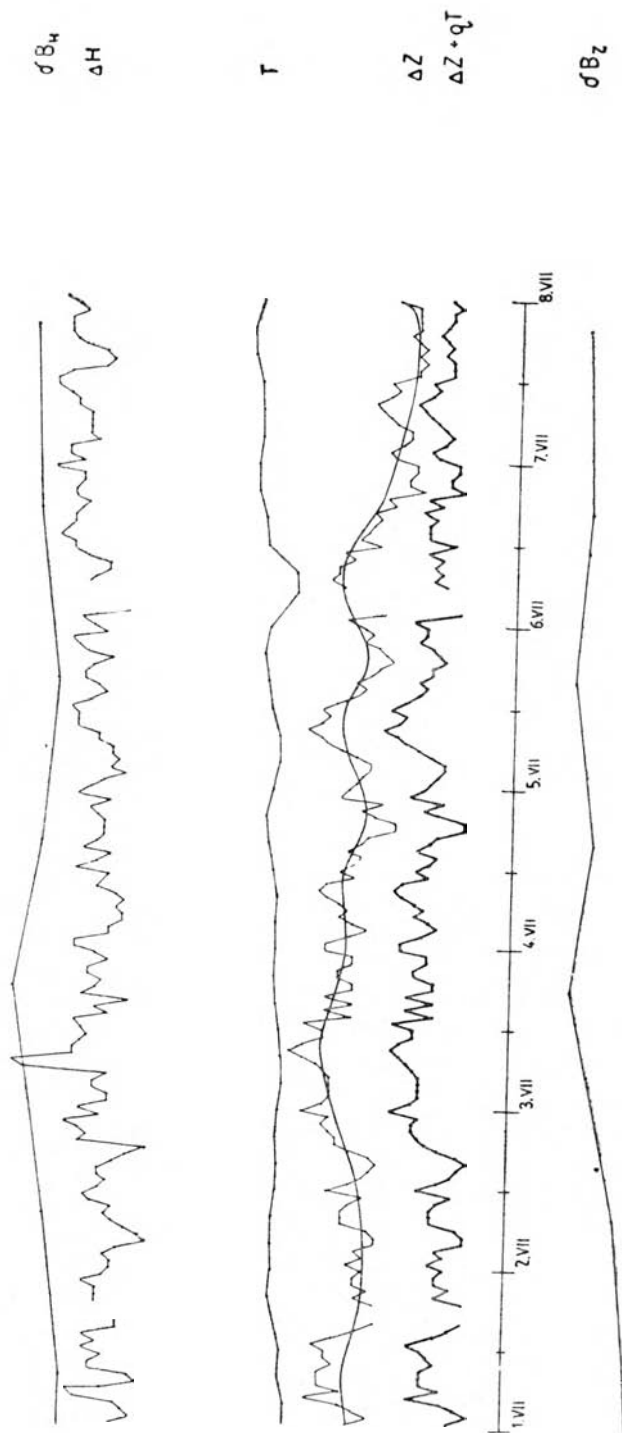
ΔT_{mm}	ΔZ_{γ}	q' / mm	v	v'
-0,5	+1,5	-3,0	+0,4	+0,3
+1,4	-5,0	-3,6	-0,2	-0,3
-0,4	+1,2	-3,0	+0,4	+0,3
+0,8	-1,8	-2,2	+1,2	+1,1
-1,0	+2,0	-2,0	+1,4	+1,3
+0,9	-2,3	-2,6	+0,8	+0,7
-1,0	+4,0	-4,0	-0,6	-0,7
+0,9	-6,0	-6,7	-3,3	-3,4
-1,0	+3,0	-3,0	+0,4	+0,3
+1,2	-6,5	-5,4	-2,0	-2,1
-2,0	+6,0	-3,0	+0,4	+0,3
+2,0	-6,5	-3,2	+0,2	+0,1
+4,5	-1,5	-2,8	+0,6	+0,5
$q \text{ \acute{s}r.} = 3,4 \pm 0,8$				
+1,0	-2,0	-2,0	+1,1	+1,3
-0,8	+6,0	-7,5	-4,4	-4,2
+1,5	-5,5	-3,5	-0,4	-0,2
-0,8	-2,0	-2,5	+0,6	+0,8
+1,2	-2,5	-2,0	+1,1	+1,3
-2,4	+3,8	-1,6	+1,5	+1,7
+3,5	-9,5	-2,7	+0,4	+0,6
$q \text{ \acute{s}r.} = 3,1 \pm 0,3$				

$q \text{ \acute{s}r. z ca\laco} \text{go okresu: } q = 3,3 \pm 0,3$



Rys. 1a

OKRES II



Rys. 1b

АНДЖЕЙ УХРЫНОВСКИ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕВОГО МАГНИТНОГО ВАРИОГРАФА

Резюме

Метод основан на предпосылке, что суточные изменения геомагнитного поля на вариографической станции и в ближайшей магнитной обсерватории имеет некоторое одинаковое среднее прохождение. В соответствии с этим разности ΔE между геомагнитным полем на полевой станции и магнитной обсерватории должны быть постоянными. Если ΔE рассчитанные для некоторого периода времени без учёта дрейфа базы δB и влияния температуры T не постоянны, то ΔE является функцией δB и T .

Исследование изменений ΔE для некоторого периода регистрирования позволяет не только указать источники этих изменений, но также рассчитать значения δB и термического коэффициента q .

$$q = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^{n=i} \frac{\Delta E_i}{\Delta T_i}. \quad (6)$$

ΔT измеряется по магнитограммам и выражается в миллиметрах.

В качестве примера приводится расчёт q_z для полевой станции в Колобжеге в 1971 году. После учёта влияния температуры по Δ_z расчёт был выполнен вторично. Он подтвердит существование дрейфа базы Z о котором сигнализировали контрольные измерения, выполненные на станции в Колобжеге.

THE ANALITIC METHOD OF THE DEFINING THE TEMPERATURE
COEFFICIENT OF THE FIELD MAGNETIC STATION

Summary

The method is based on the assumption that the daily variations of the geomagnetic field at the field station and in the nearest geomagnetic observatory have the same average run. According to this assumption, the differences ΔE between the geomagnetic field at the station and in the observatory ought to be constant. If ΔE calculated for certain period of time without including the drift of base-line δB and the influence of the temperature T are not constant, ΔE is a function of δB and T .

The investigation of the run of the variations of the ΔE for certain period of registration makes it possible not only to point out the sources of these variations but also to calculate the value of δB and temperature coefficient q .

$$q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\Delta E_i}{\Delta T_i}. \quad (6)$$

ΔT is measured on the magnetograms and expressed in milimeters.

The example of the calculating of q_z for the field station in Kołobrzeg in 1971 is given. After including the influence of the temperature in the ΔZ , the calculation has been executed again. It has confirmed the existence of the drift of the base-line Z , which had been signalized in Kołobrzeg by the check measurements carried out at the station.

