

TADEUSZ CHOJNICKI

528.026.3 (260)

Eksperymentalna metoda pomiarów grawimetrem Askania Gs-11 na zamrzniętym morzu

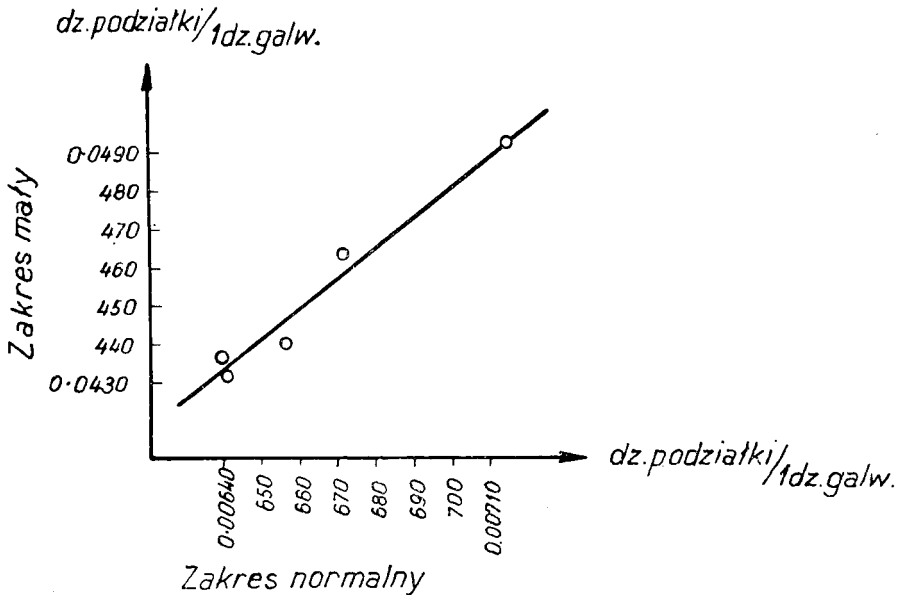
Do obliczenia odchyłeń pionu z danych grawimetrycznych dla przygranicznych punktów w kraju potrzebna jest — jak wiadomo — znajomość anomalii grawimetrycznych poza jego granicami. W związku z tym dla państw morskich, a więc i dla Polski, bardzo istotna jest znajomość tych anomalii na przyległych obszarach morskich. Ze względu na wysokie koszty instrumentów i ekspedycji pomiarowych oraz trudności związane z pomiarami morskimi, znajomość pola siły ciężkości na morzu jest znacznie mniejsza niż na lądzie i stanowi stale otwarty problem do rozwiązania.

W takiej sytuacji gdy w zimie 1962/63 morze Bałtyckie zamarzło na stosunkowo dużym obszarze, w Instytucie Geodezji i Kartografii powstała interesująca koncepcja dokonania pomiarów grawimetrycznych na morzu na lodzie, grawimetrem przewidzianym do pomiarów na lądzie. Opracowano eksperymentalną metodę pomiaru w tych warunkach grawimetrem Askania Gs-11, której opis stanowi treść niniejszej pracy. Celem wypróbowania metody dokonania pomiaru doświadczalnego na kilku punktach na zamrzniętym morzu. Wyniki tych pomiarów doświadczalnych potwierdziły możliwość dokonywania pomiarów zaproponowaną metodą.

Przy rozważaniach, mających na celu wybór metody pomiaru i instrumentu należało wziąć pod uwagę to, że lód na morzu nie pozostaje w zupełnym spoczynku lecz wykonuje pewne ruchy wywołane ruchem wody i warunki pomiaru na nim będą daleko odbiegały od warunków panujących na lądzie. Sprawa ta jest szczególnie istotna dla południowej części Bałtyku przy polskim wybrzeżu, gdzie morze bardzo rzadko zamarza w tym stopniu, by tworzyć jednolitą całość, lecz powstają jedynie mniejsze lub większe pola lodowe. W związku z tym uznano za celowe zastosowanie do tego rodzaju pomiarów grawimetru Gs-11 z tego powodu, że podstawowy układ mierzący grawimetru Gs-11 jest w zasadzie identyczny z układem grawimetru morskiego Gss-2 [1] i przy odpowiednim postępowaniu można wykorzystać grawimetr Gs-11 do pomiaru na falującej

powierzchni, wykorzystując analogie i doświadczenia jakie daje grawimetr Gs-2. Ponieważ grawimetr Gs-11 nie posiada takich urządzeń tłumiących ruchy belki pomiarowej jak Gs-2, które redukują wpływ przyspieszeń wywołanych ruchem morza z kilkudziesięciu tysięcy na kilkaset miligali, wykorzystanie wspomnianej analogii jest tylko wtedy możliwe, gdy ruchy lodu na morzu nie wywołują przyspieszeń większych od kilkuset miligali. W praktyce okazało się, że warunek ten jest spełniony przy określonych stanach morza. Zależność wielkości omawianych przyspieszeń od stanu morza omówiona zostanie poniżej.

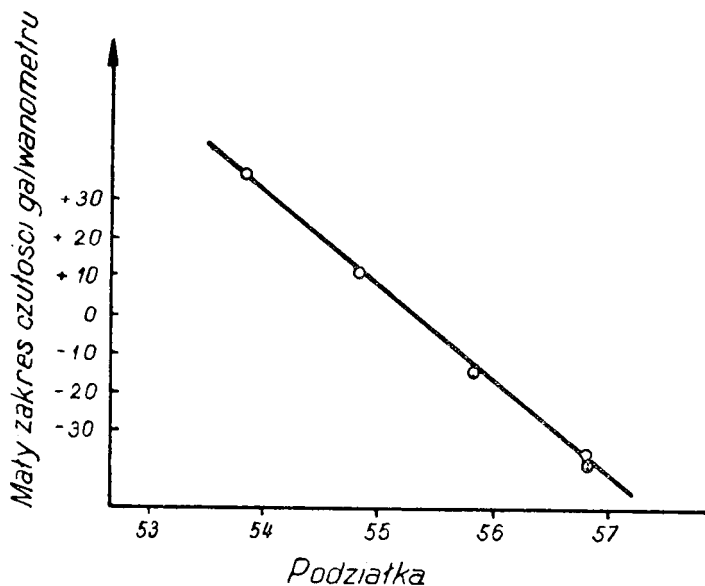
Jak wiadomo, wychylenia mierzące belki układu pomiarowego grawimetru Gs-11 uwiadcniają się drogą fotoelektryczną jako wychylenia wskazań galwanometru. Galwanometr ten może być włączony na dwa zakresy czułości: pierwszy — zwany dalej zakresem małej czułości — służy zazwyczaj do przybliżonego określenia wielkości odczytu przy pomiarach lądowych; drugi — zakres normalnej czułości — służy do odczytów w normalnym toku pracy pomiarowej na lądzie. Mała czułość galwanometru jest około dziesięciokrotnie mniejsza od normalnej, a ponadto jej wskazania obarczone są pewną bezwładnością w stosunku do wychylenia belki w danym momencie. Wskutek istnienia dodatkowych przyspieszeń wywołanych ruchem lodu, pomiar na zamrzniętym morzu przy normalnej czułości jest niemożliwy natomiast całokształt pomiarów można wykonywać przy zakresie małej czułości galwanometru. Właśnie istnienie



Rys. 1

tego zakresu umożliwia w ogóle zastosowanie grawimetru Gs-11 do tego rodzaju pomiarów i można go uważać za pewnego rodzaju odpowiednik elektrycznego obwodu tłumiącego w grawimetrze Gss-2.

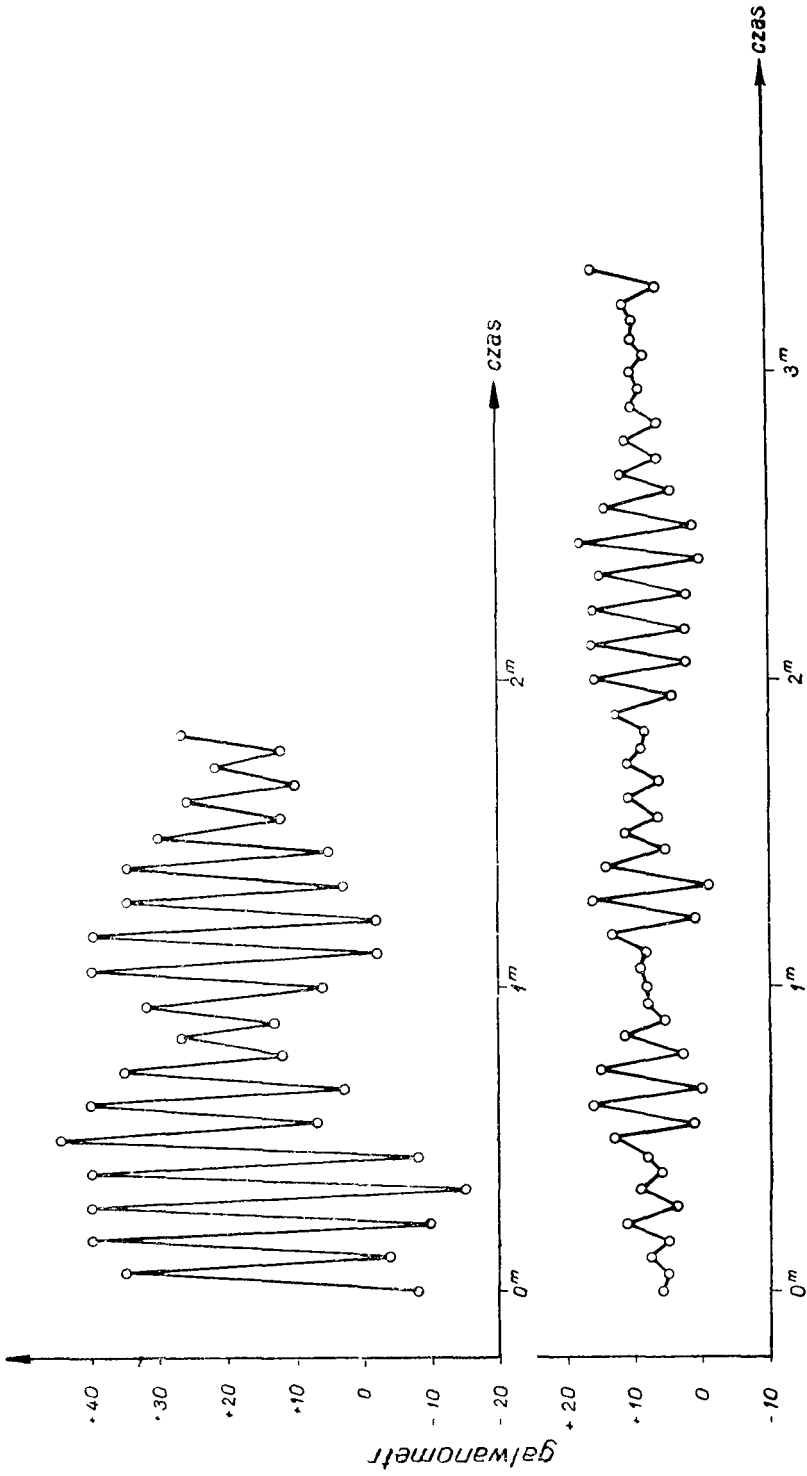
Na rys. 1 pokazana jest zależność między czułościami galwanometru na poszczególnych zakresach, które — jak wiadomo — maleją wraz ze spadkiem napięcia akumulatora zasilającego lampę oświetlającą fotoko-



Rys. 2

mórki. Na rys 2. pokazana jest zależność wskazań galwanometru w zakresie małej czułości od nastawień podziałki grawimetru w pobliżu położenia zerowego belki. Jak widać z rysunków 1 i 2, obie zależności są liniowe, co wskazuje na to, że zakres małej czułości galwanometru może być użyty jako zakres mierzący.

Wskutek istnienia pewnego falowania podłoża lodowego na punktach pomiarowych, odczytowa plamka świetlna galwanometru nie będzie po odaretowaniu pozostawała w spoczynku, lecz wykonywać będzie ruchy wahadłowe. Wskutek tego do otrzymania wskazania grawimetru nie wystarczy — jak na lądzie — wykonanie jednego lub kilku odczytów, lecz konieczne jest prowadzenie ciągłej rejestracji wskazań przez pewien okres czasu. Można to oczywiście osiągnąć za pomocą specjalnego urządzenia, stosowanego do rejestracji zmian przyspieszenia siły ciężkości wywołanych pływami skorupy ziemskiej. Zastosowanie jednak opisanego niżej, prostego sposobu nie wymagającego dodatkowych, kosztownych urządzeń — daje — jak wykazały przeprowadzone próby — zupełnie zadowa-



Rys 3

lające wyniki. Notowane były mianowicie skrajne wychylenia płamki odczytowej, które następowały po sobie w odstępach kilkusekundowych. Rejestrację taką prowadzono w ciągu kilku minut. Ponadto na jednym punkcie przeprowadzono kilka takich serii rejestracyjnych dla kilku nastawień podziałki grawimetru. Pozwalało to z jednej strony na udokładnienie średniego wskazania grawimetru na punkcie pomiarowym, a z drugiej strony na ocenę dokładności tego odczytu. Na rys. 3 pokazane są przykłady rejestracji wskazań przedstawione graficznie, wykonane na lodzie na morzu w odległości kilkunastu kilometrów od brzegu.

Obliczenie właściwego wskazania galwanometru na podstawie materiału otrzymanego w toku ciągłej rejestracji wykonać można dwiema metodami: graficzną i analityczną. Jak widać z rysunku 3, prawdopodobnie wskutek niezgodności okresów drgań podłoża lodowego i wahań własnych układu sprężynowego grawimetru, wahania płamki odczytowej, będącej obrazem wahań układu, wykazują naprzemian okresy wychyleń maksymalnych oraz względnych uspokojień. Metoda graficzna polega na wypośrodkowaniu najprawdopodobniejszego miejsca spokojnego położenia płamki na skali galwanometru, przez wykorzystanie miejsca najmniejszych wahań. Metoda analityczna polega na obliczeniu średniej ze skrajnych wychyleń. W celu określenia dokładności wyznaczenia wskazania galwanometru metodą analityczną, wykonane ciągi rejestrowanych odczytów dla jednego nastawienia podziałki grawimetru dzielono na kilka grup i dla każdej grupy wyznaczono omawianą średnią. Z różnic pomiędzy średnimi dla poszczególnych grup można było ocenić dokładność wyznaczenia wskazania galwanometru tą metodą.

Z analizy wyników otrzymanych na trzech punktach doświadczalnych uzyskano następujące średnie błędy wyznaczenia średniego wskazania galwanometru: dla metody graficznej — 1 działka skali galwanometru, a dla metody analitycznej 0,6—0,8 działki. Należy tu jeszcze dodać, że do obliczeń nie były brane wyniki uzyskane na początku rejestracji, gdyż układ mierzący instrumentu wymaga zawsze trochę czasu na ustawienie się we właściwym położeniu oraz, że odczyty galwanometru wykonywane w toku rejestracji robione były z dokładnością 1 działki. Zatem, jak widać z przytoczonych wyżej liczb, średni błąd wyznaczenia wskazania galwanometru jest tego samego rzędu w obu metodach i nie przekracza średniego błędu odczytu tj. 1 działki skali galwanometru. Ostatecznie więc, ponieważ wartość 1 działki galwanometru przy małej czułości wynosi około 0,045 działki skali grawimetru a 1 działka skali grawimetru około 9,2 mgal, średni błąd średniego wskazania grawimetru obliczonego z odczytów kilkuminutowej ciągłej rejestracji, który oznaczymy przez m_1 , wynosi $m_1 = \pm 0,3—0,4$ mgal.

Dokładność pomiaru wartości przyspieszenia siły ciężkości grawime-

trem, którego galwanometr nastawiony jest na małą czułość, oceniono wykonując pomiary na szeregu punktach na lądzie przy obu zakresach czułości galwanometru. Jak wiadomo, ostateczne wskazanie grawimetru M na punkcie można określić wzorem:

$$M = M_o + (G - G_o)J, \quad (1)$$

gdzie: M_o — odczyt podziałki, G — odczyt galwanometru, G_o — miejsce zera galwanometru a J — czułość galwanometru czyli wartość 1 działki skali galwanometru w jednostkach podziałki grawimetru. Dlatego pomiar na jednym punkcie, wykonany przy obu czułościach galwanometru oraz przy tym samym ustawieniu podziałki, dostarczy dwóch odczytów:

$$\begin{aligned} M_n &= M_o + (G_n - G_o)J_n \quad \text{oraz} \\ M_m &= M_o + (G_m - G_o)J_m, \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie indeks n oznacza czułość normalną, a m — małą. Stąd różnica odczytów $\Delta M_{nm} = M_n - M_m$ będzie równa:

$$\Delta M_{nm} = G_n J_n - G_m J_m - G_o \Delta J_{nm}. \quad (3)$$

Ponieważ różnica przyrostów podziałki odczytana na galwanometrze przy obu czułościach powinna być taka sama, więc

$$\Delta M_{nm} = G_o \cdot \Delta J_{nm} = \text{const} \quad (4)$$

Wskutek niedokładności pomiaru przy małej czułości w stosunku do pomiaru przy normalnej czułości, który możemy w tym rozważaniu przyjąć za bezbłędny, $G_n J_n - G_m J_m \neq 0$; różnicę tę oznaczymy zatem przez v . Jeśli odczyty (2) wykonamy na dużej ilości punktów, to będziemy mieli:

$$\begin{aligned} \Delta M_{nm_i} &= v_i - G_o \Delta J_{nm} \quad \text{oraz} \\ \Delta M_{nm_{sr}} &= G_o \Delta J_{nm}, \quad \text{a stąd} \\ v_i &= \Delta M_{nm_i} - \Delta M_{nm_{sr}}. \end{aligned} \quad (5)$$

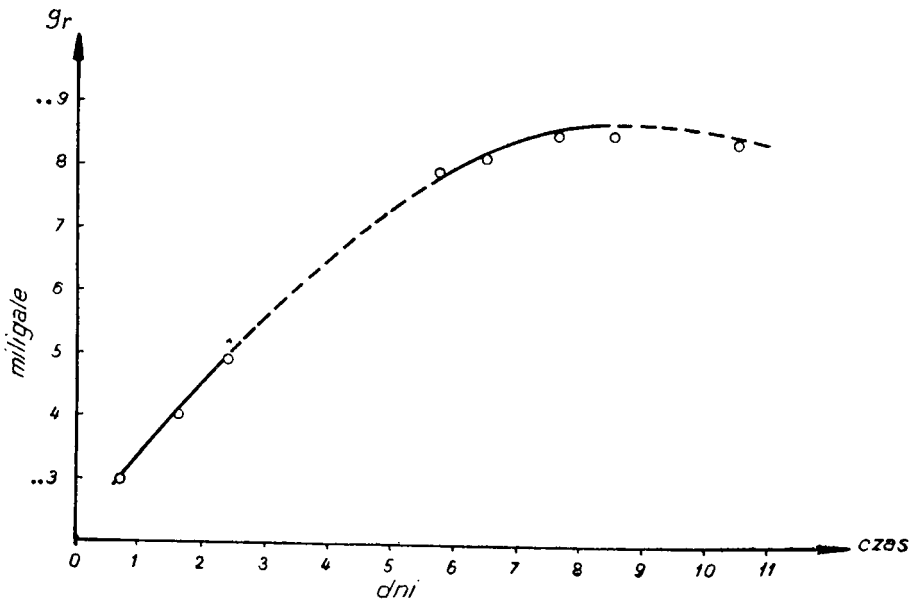
Z odchyłek (5) obliczono średni błąd pomiaru przyspieszenia przy małej czułości galwanometru. Błąd ten, który oznaczymy przez m_2 , wyniósł $\pm 0,015$ działek podziałki grawimetru, czyli $m_2 = \pm 0,14$ mgal.

Średni błąd pomiaru przy małej czułości galwanometru m_2 wyznaczany był na lądzie. Ze względu na niestabilność podłoża lodowego na morzu należało się spodziewać, że błąd ten dla pomiarów morskich będzie większy. Oznaczając ten błąd przez m'_2 , możemy napisać, że średni błąd pomiaru na lodzie m_3 , na który składa się średni błąd wyznaczenia wskazania galwanometru m_1 i średni błąd pomiaru przy małej czułości galwanometru m'_2 , — biorąc na razie pod uwagę tylko względy instrumentalne — będzie:

$$|m_3| = \sqrt{m_1^2 + m_2'^2} > \sqrt{m_1^2 + m_2^2} > 0,43 \text{ mgal}. \quad (6)$$

Ponieważ na doświadczalnych punktach pomiarowych na morzu wykonywano kilka ciągów rejestracyjnych dla różnych nastawień podziałki, z odchyłek tych pomiarów od średniej na danym punkcie można było wyznaczyć średni błąd pomiaru m_3 . Błąd ten obliczony z 10 wskazań wykonanych na 3 punktach wyniósł $m_3 = \pm 0,95$ mgal. Podstawiając wartości m_3 i m_1 do (6) otrzymamy wartość m'_2 , która wyniesie: $m'_2 = \pm 0,90$ mgal.

Dalszym zagadnieniem, wymagającym analizy w celu zbadania jego wpływu na dokładność pomiaru jest chód grawimetru. Przy pomiarach morskich w ogóle, a w szczególności przy pomiarach na morzu częściowo zamrożonym, należy się liczyć z niemożnością kontrolowania chodu grawimetru przez pomiary na lądzie nawet w ciągu kilku dni. Zatem od instrumentu, którym wykonuje się takie pomiary wymaga się małego i regularnego chodu. Ogólnie wiadomo, że chód grawimetru Askania Gs-11 nie jest duży i w zasadzie liniowy. W okresie prowadzenia do-



Rys. 4

świadczalnych pomiarów na lodzie, chód wyznaczono przez pomiar na lądzie na punktach o znanej wartości g — na początku, w środku i na końcu 10 dniowego okresu pomiaru. Na rys. 4 pokazany jest rozkład pomiarów nawiązujących w czasie oraz wykres chodu. Jak widać z tego rysunku, istniały 2 okresy bez pomiarów nawiązujących: trzy- i dwudniowy. W pierwszym okresie chód jest duży — prawdopodobnie dlatego, że przed pomiarem nie wyrównano ciśnienia wewnątrz instrumentu

w stosunku do przeciętnego, panującego zewnątrz. Ogólnie jednak chód wykazuje dużą regularność. Dokładna ocena wpływu chodu na dokładność pomiaru jest w zasadzie z teoretycznego punktu widzenia rzeczą trudną. W tym konkretnym przypadku w celu orientacyjnego wyznaczenia średniego błędu, spowodowanego występowaniem chodu i koniecznością jego uwzględniania, zastosowano następujący sposób: na podstawie kształtu krzywej chodu przyjęto, że jest to krzywa drugiego stopnia i wyznaczono ją analitycznie metodą najmniejszych kwadratów. Średni błąd położenia na tej krzywej punktów, które służyły do jej wyznaczenia, przyjęto za błąd wywołany przez chód grawimetru m_c . Błąd ten wyniósł $m_c = \pm 0,08$ mgal.

Przy grawimetrycznych pomiarach morskich grawimetrem typu Askania występuje szereg zjawisk zniekształcających pomiary, których uwzględnienie wymaga obliczenia poprawki pomierzonej wartości przyspieszenia siły ciężkości. Zjawiska te omawia szczegółowo Graf [1] i rozpatruje ich wpływ na pomiar grawimetrem Gss-2. Opierając się na jego opracowaniu spróbujemy określić wpływ tych zjawisk na pomiar grawimetrem Gs-11 na zamrożonym morzu. Ze zjawisk tych należy omówić: występowanie przyspieszeń dodatkowych, wywołanych ruchem podłoża lodowego, na którym ustawiony jest grawimetr, poprawkę Eötvösa oraz tzw. „efekt pierwszego” i „drugiego rzędu”. („first order” i „second order effect”).

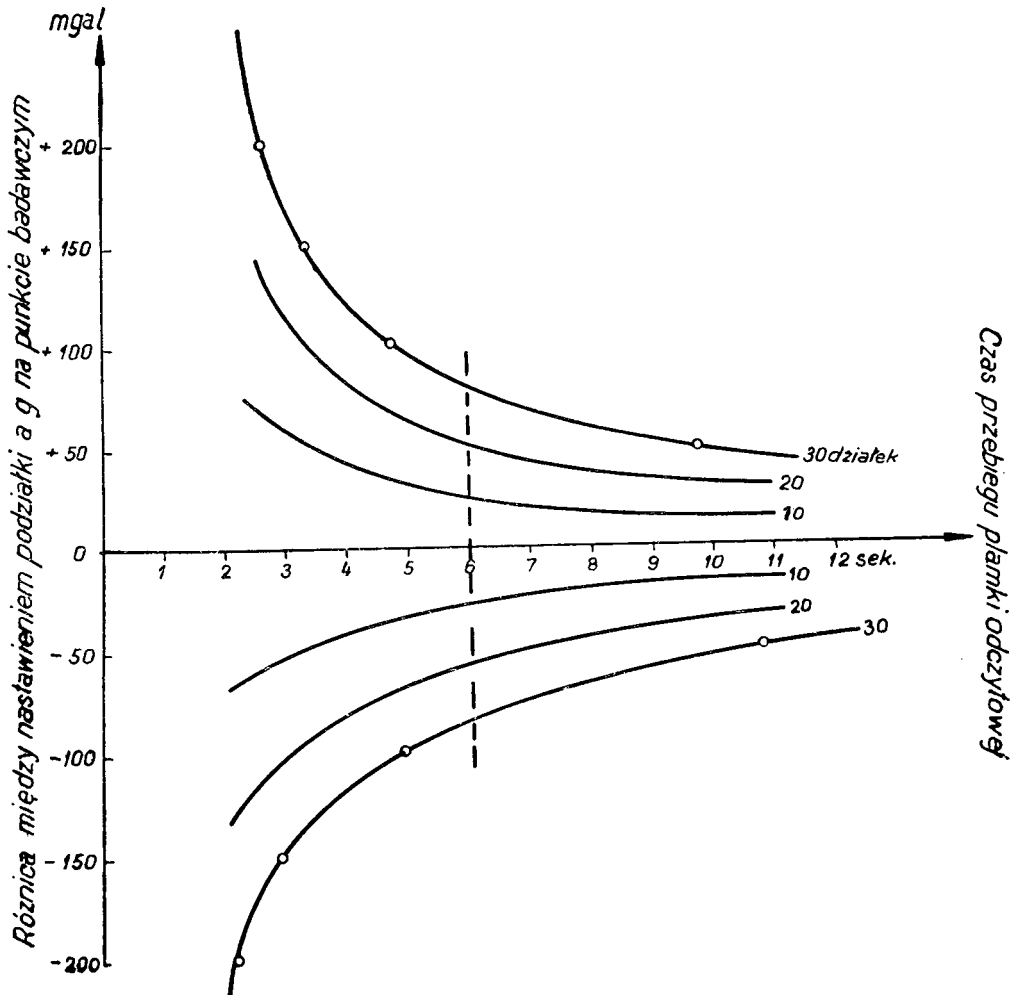
Wskutek istnienia przyspieszeń dodatkowych, wskaźnik odczytowy grawimetru jest w ciągłym ruchu. Wskazanie grawimetru jest więc wartością wypośredkowaną z szeregu odczytów, otrzymanych dzięki prowadzeniu ich rejestracji w przeciągu kilku minut. Ponieważ czułość belki układu mierzącego grawimetru jest mniejsza pod poziomem niż nad poziomem, więc wartość wskazania średniego z wychyleń nie będzie odpowiadała uspokojonemu położeniu belki. Poprawka, którą z tego powodu trzeba wprowadzić, określona jest wzorem:

$$\delta g_{pd} = -a^2 \cdot \frac{\beta^2}{4g}, \quad (7)$$

gdzie: a — amplituda dodatkowego przyspieszenia pionowego, β — kąt skrętu sprężyn układu mierzącego, potrzebnego do utrzymania belki w położeniu poziomym, g — przyspieszenie siły ciężkości w miejscu pomiaru: Ponieważ β możemy przyjąć według Grafa: $\beta = 270^\circ = 1,5 \pi$, celem wyznaczenia tej poprawki musimy określić wartość przyspieszeń dodatkowych, jakie występowały podczas pomiaru na lodzie. Zastosowano tu postępowanie opisane poniżej.

Wahania wskaźnika odczytowego galwanometru podczas pomiaru na lodzie wywoływane są przez przyspieszenia dodatkowe. Jednak wielkość tych wahań jest mniejsza od wywołujących je przyspieszeń wskutek bez-

właściwości wskazań galwanometru w ogóle, zwiększonej ponadto przez włączenie go na małą czułość. Okres wahań układu mierzącego, wywołanego przez ruch fal morskich na powierzchni morza, jest w przybliżeniu stały i wynosi około 6—10 sek. Wartość ta, podawana przez Grafa zgadza się z wynikami otrzymanymi przy pomiarach doświadczalnych na lodzie na morzu, gdyż odczyty skrajnych wychyleń wskaźnika odczytowego wykonywane były w odstępach czasu około 5 sekund co powinno odpowiadać połowie okresu wahań. Ponieważ przy stałym okresie wahań ich amplituda była różna w zależności od warunków zewnętrznych, należy się spodziewać, że wielkość tej amplitudy była wprost proporcjonalna do amplitudy występujących dodatkowych przyspieszeń.



Rys. 5

Na rys. 5 przedstawiono wykres, obrazujący zachowanie się wskaźnika odczytowego galwanometru, nastawionego na małą czułość, po odaretowaniu grawimetru, gdy podziałka nastawiona jest na określoną wartość, różną od tej jaka odpowiada wartości g na punkcie na lądzie, na którym prowadzono badania. Z wykresu tego można odczytać dla jakich różnic Δg i w jakim czasie od momentu odaretowania plamka odczytowa przebiegnie określoną liczbę działek skali galwanometru. Zakładając, że grawimetr zachowywał się podobnie podczas pomiarów na lodzie, można w przybliżeniu za pomocą wykresu na rys. 5 określić wielkość przyspieszeń dodatkowych znając okres wahań oraz ich amplitudę tj. połowę różnicy pomiędzy maksymalnymi wychyleniami.

Dla orientacji podamy, że wartość przyspieszeń dodatkowych przy pomiarach na lodzie, obliczona na podstawie powyższych rozważań, wynosiła ± 100 mgal dla amplitudy $a = 35$ działek galwanometru, przyjmując wielkość okresu wahań $T = 6$ sek. Sytuacja taka była przy stanie morza 1 w skali Beauforta. Poprawka (7) dla tych danych będzie $\delta g_{pd} = -0,13$ mgal.

Orientacyjne wyznaczenie wielkości przyspieszeń dodatkowych, występujących przy pomiarach grawimetrycznych na pokrywie lodowej morza ma także duże znaczenie przy ocenie przydatności innych instrumentów do tego rodzaju pomiarów. I tak np. próby z grawimetrem Sharpe nie dały wyniku pozytywnego. W związku z wielkością wyznaczonych przyspieszeń dodatkowych przy użyciu tego grawimetru należało się spodziewać wyniku negatywnego, gdyż wartość przyspieszeń dodatkowych jest większa od wielkości zakresu pomiarowego grawimetru Sharpe, równego 100 mgal oraz, że grawimetr ten nie posiada dodatkowych urządzeń tłumiących.

Zjawisko Eötvösa występuje przy morskich pomiarach grawimetrycznych, wykonywanych na pływającym statku. Statek pływający z zachodu na wschód, porusza się w kierunku obrotu Ziemi i przez to powiększa siłę odśrodkową, która zmniejsza przyciąganie ziemskie, a zatem otrzyma się przyspieszenie siły ciężkości mniejsze od rzeczywistego. Ponieważ lód na morzu często dryfuje należy zbadać, czy szybkości dryfującego lodu nie spowodują konieczności wprowadzenia poprawki Eötvösa. Poprawka ta określona jest wzorem:

$$\delta g_e = +4,04 v \cdot \cos \varphi \sin \alpha, \quad (8)$$

gdzie: v — szybkość dryfu w km/godz., φ — szerokość geograficzna, α — kurs dryfu: $N = 0^\circ$, $E = 90^\circ$, $S = 180^\circ$, $W = 270^\circ$. Maksymalna szybkość dryfu, jaką zaobserwowano podczas pomiarów doświadczalnych, wynosiła 0,6 węzła tj. 1,1 km/godz. Przyjmując najmniej korzystny przypadek gdy $\alpha = 90^\circ$, to dla $\varphi = 55^\circ$ otrzymamy $\delta g_e = 2,5$ mgal. Jak widać,

miar wielkości i kierunku dryfu lodu jest konieczny przy tego rodzaju pomiarach grawimetrycznych, szczególnie przy większych wiatrach o kierunkach równoleżnikowych.

„Efekt pierwszego rzędu” („First order effect”) odnosi się do sytuacji, w której grawimetr podczas pomiarów na morzu wykonuje pionowe ruchy wahadłowe. Pomiar musi być prowadzony przez wystarczająco długi czas, aby można było tę poprawkę pominąć. Według Grafa, dla okresu wahań rzędu 6—10 sek, jakie występują na powierzchni morza, aby poprawkę tę pominąć wystarcza rejestracja prowadzona w ciągu 5 minut.

„Efekt drugiego rzędu” („Second order effect”) związany jest z niestawianiem się grawimetru w pionie w zawieszeniu kardanowskim a więc zjawisko to nie będzie występowało w przypadku omawianych pomiarów. Należy tu jedynie rozpatrzyć wpływ nachylenia grawimetru na dokładność pomiaru. Ustawienie grawimetru na lodzie było dość pewne i podczas 5 minutowej rejestracji zmiany położenie libeli nigdy nie przekraczały ± 1 działki. Ponieważ zaś zmiana położenia grawimetru o 1 działkę libeli w pobliżu właściwego położenia poziomego zniekształca pomiar o około 0,02—0,05 mgal, zagadnienie to można uważać za mało znaczące dla tych pomiarów.

W grawimetrycznych pomiarach morskich bardzo istotnym zagadnieniem jest wyznaczenie współrzędnych miejsca pomiaru. Wpływ błędu μ_p wyznaczenia pozycji miejsca pomiaru na prawidłowe określenie wartości przyspieszenia na danym punkcie, który oznaczymy przez m_p , można przedstawić za pomocą wzoru:

$$m_p = g_h \mu_p \quad (9)$$

gdzie: g_h — gradient poziomy przyspieszenia siły ciężkości w rejonie pomiaru. Zagadnienie wyznaczania μ_p jest ściśle związane z wyznaczaniem pozycji statku, którym przewożony jest sprzęt pomiarowy. Problemu tego nie będziemy tu omawiać szerzej, ponieważ jest on związany z grawimetrycznymi pomiarami na morzu w ogóle, a nie stanowi jakiegoś specjalnego zagadnienia pomiarów na zamrożonym morzu. Dla orientacji podamy tylko, że przy $\mu_p = \pm 0,5 - 1,0$ Mm przy dokładniejszych metodach wyznaczania pozycji, błąd $m_p = \pm 0,7 - 1,4$ mgal. Natomiast przy metodach mniej dokładnych gdzie $\mu_p = \pm 1,0 - 3,0$ Mm, błąd m_p może osiągać nawet wartość $\pm 1,4 - 4,2$ mgal.

Rozważania teoretyczne podane w niniejszej pracy nad możliwością użycia grawimetru Askania Gs-11 do pomiarów grawimetrycznych na zamrożonym morzu uzupełnione zostały doświadczalnymi pomiarami, wykonanymi na kilku punktach na morzu na lodzie w odległości kilkunastu kilometrów od brzegu. Pomiary te potwierdziły realność wykonywania tego rodzaju pomiarów i uzyskania dokładności pomiaru rzędu

1—2 mgal, nie uwzględniając błędu pozycji. W wypadku ponownego zlodowacenia Bałtyku w najbliższych latach niniejsze opracowanie może być pomocą przy organizowaniu ewentualnej ekspedycji pomiarowej. Podstawową zaletą tych pomiarów jest możliwość zrezygnowania z konieczności posiadania kosztownego grawimetru specjalnego. Zdobyte doświadczenie wskazuje na to, że pomiar na morzu można prowadzić już wtedy, gdy znajdują się na nim pola lodowe o średnicy co najmniej kilkuset metrów i grubości 10—15 cm. Stan morza w okresie pomiarów nie powinien przekraczać 2 stopni w skali Beauforta. Pomiar taki może być również celowy ze względów ekonomicznych, o ile wykorzystana się do transportu istniejącą służbę morską, pełnioną przecież także w czasie odpowiednim dla pomiarów grawimetrycznych na lodzie.

LITERATURA

- [1] Graf A.: Das Seegravimeter. Zeitschrift für Instrumentenkunde, Z. 8/1958.

Recenzował: dr inż. Jerzy Bokun

Rękopis złożono w Redakcji w czerwcu 1965 r.

ТАДЭУШ ХОЙНИЦКИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ ГРАВИМЕТРОМ АСКАНИЯ Гс-11 НА ЗАМЕРЗШЕМ МОРЕ

Р е з ю м е

Когда зимой 1962/63 году Балтийское море замерзло на относительно большой площади, в Институте Геодезии и Картографии был поднят интересный замысел произведения гравиметрических измерений на море на льду с помощью гравиметра предназначенного для измерений на земле.

Был разработан экспериментальный метод измерений в таких условиях гравиметром Аскания Гс-11, описание которого составляет содержание настоящей статьи.

При рассуждениях, целью которых был выбор метода измерений и выбор прибора нужно было учесть, что лед на поверхности моря не является вполне стабильным основанием и совершает некоторые передвижения возбуждаемые движением воды. Условия измерения на таком льду будут во много различаться от условий на суше. Исходя из выше упомянутого считалось целесообразным применением к такого рода измерениям гравиметра Гс-11 потому, что основное измерительное приспособление этого гравиметра является по существу совершенно идентичным с приспособлением морского гравиметра Гсс-2 [1] и при соответствующим подходе можно применить гравиметр Гс-11 к измерениям на колеблющейся поверхности, используя аналогии и опыты применения гравиметра Гсс-2. Эти аналогии заключались в том, что роль механического демпфирующего приспособления Гсс-2 выполняла ледяная поверхность моря, а электрическому демпфирующему контуру Гсс-2 соответствовал предел малой чувствительности гальванометра в гравиметре Гс-11.

Теоретические выкладки приводимые в настоящей разработке дополнено опытными измерениями, произведенными на нескольких

пунктах на море на льду в расстоянии более десяти километров от берега.

Эти измерения показали возможность выполнения такого рода измерений и получения точности результатов порядка 1-2 мгал, не учитывая ошибок определения позиции на море.

TADEUSZ CHOJNICKI

AN EXPERIMENTAL METHOD OF MEASUREMENT WITH THE
GRAVIMETER ASKANIA Gs-11 ON A FROZEN SEA

S u m m a r y

When in the winter of 1962/63 The Baltic sea was frozen on a comparatively large area, in the Institute of Geodesy and Cartography was conceived an interesting idea of making gravimetric measurements on the sea ice surface with a normal terrestrial apparatus. An experimental method of measurement under these conditions with the Askania Gs-11 Gravimeter was worked out. It is described here.

While considering the choice of measurement methods and instruments, the fact should be taken into account, that the ice on the sea surface is not absolutely firm, but makes some movements, which are caused by the movements of the water and therefore the measurement conditions will be quite different from those on the mainland. Accordingly it was resolved to use in this case the Gravimeter Gs-11, because its fundamental measuring system is in principle indentic with the system of Sea-Gravimeter Gss-2 (1), and by suitable proceeding the Gravimeter Gs-11 could be used on a wavying surface, applying the analogies and experiences acquired during the work with the Gravimeter Gss-2. The analogies consisted in the fact, that the role of the mechanical damping device in the Gss-2, in the work with Gravimeter Gs-11 is performed by the frozen sea surface; to an electric damping circuit in the Gss-2 corresponded the low sensibility range of the galvanometer in the Gravimeter Gs-11.

The theoretical considerations referred to in this paper were completed by the experimental measurements performed in some points on the sea ice surface, distant several kilometers from the shore line. These experiments have confirmed the reality of the measurements of this kind and the possibility of obtaining a precision of 1—2 mgal, the position error not included.