

MIECZYŚŁAW SMÓŁKA

Przyrządy do pomiaru zmian odległości

Podstawową cechą omawianych przyrządów jest możliwość użycia ich do określenia wielkości poziomych przemieszczeń badanych elementów budowli mierząc zmiany odległości tych elementów od zawieszonych drutów, które mogą być zawieszane w położeniu poziomym, pionowym lub nawet dowolnym w pobliżu elementów, których wielkość przemieszczeń badamy.

Dla zrealizowania tego zadania przyrząd do pomiaru zmian odległości mocuje się do badanego elementu budowli ustawiając odpowiednio jego układ mierniczy względem zawieszonego drutu, którego końce są umocowane do innych elementów. Będzie to więc względny pomiar przemieszczeń badanych elementów budowli.

Budowa i zasada działania przyrządów pomiarowych tego typu w dużej mierze jest uzależnione od sposobu zawieszenia drutów jak również od wymaganych zakresu i dokładności pomiaru.

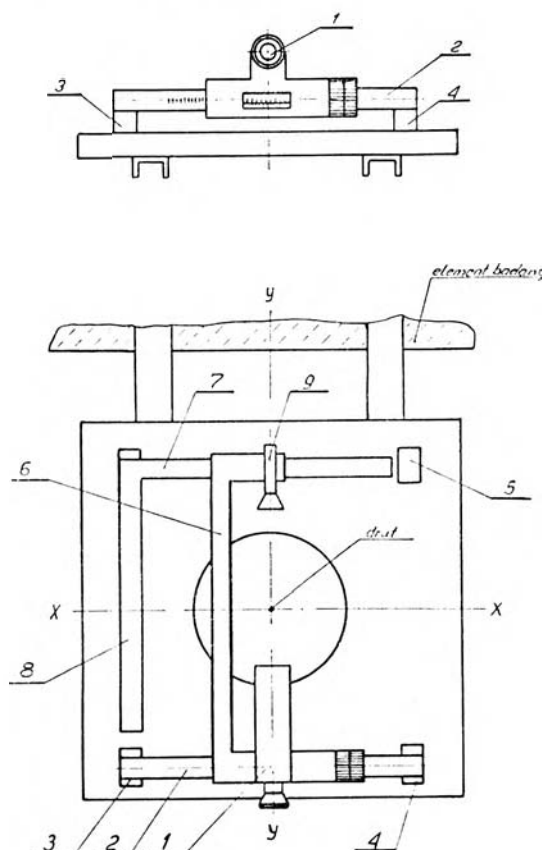
Opisywane przyrządy są przeznaczone w szczególności do badania odkształceń zapór wodnych i wielkich budowli, mogą mieć również zastosowanie do ustawiania fragmentów różnych konstrukcji względem linii wyznaczonych przez zawieszone druty.

Przyrządami, które w dalszej treści artykułu będą omawiane są:

1. Koordimetr służący do określania zmian położenia drutów wahadeł zawieszanych w pionowych szybach zapór wodnych.
2. Przyrząd do pomiaru zmian odległości elementów badanych od zawieszonych drutów.

Przyrządem ogólnie znanym jest koordimetr (rys. 1) stosowany do pomiaru zmian odległości elementów badanych i drutu zawieszonego pionowo w ustalonej odległości od tych elementów. Składa się on z lunetki celowniczej (1) osadzonej przesuwnie na wałku (2). Wałek jest centrowany na kostkach (3, 4) dla określania zmian współrzędnej x lub (4, 5) dla określania zmian współrzędnej y . Na wałku nacięty jest podział milimetrowy, a na obęjmie lunetki celowniczej noniusz dający możliwość odczytania zmiany położenia osi celowej lunetki z dokładnością 0,1 mm. Po-

ziome usytuowanie lunetki ustala wspornik (6) ślizgający się po prowadnicach (7, 8). Na końcu wspornika zamocowana jest latarka (9) służąca do oświetlania drutu w czasie obserwacji.



Rys. 1

Pomiaru zmian odległości wzdłuż osi współrzędnej x dokonuje się przesuwem lunetki i nacelowaniem jej na drut, tak aby obraz drutu pokrył się z indeksem na płycie ogniskowej lunetki i wówczas dokonuje się odczytu na podziałce wykonanej na wałku. Pomiaru zmian odległości wzdłuż osi współrzędnej y dokonuje się analogicznie po ustawieniu wałka (2) na kostkach (4, 5). Różnica z dwóch odczytów dokonanych w różnych czasach wzdłuż jednej osi współrzędnej określa wielkość i rodzaj wzajemnego przesunięcia elementu badanego względem drutu, które powstało w okresie czasu pomiędzy tymi pomiarami.

Pomysł zastosowania drutów zawieszanych poziomo do pomiaru przemieszczeń elementów budowli skierował myśl konstruktorów do poszuki-

wania innego rozwiązania przyrządu, mającego spełniać nieco odmienne zadania. Zaprojektowano i wykonano kolejno trzy modele przyrządów pomiarowych, których konstrukcja i zasada działania zostały opisane przez dr inż. Wojciecha Janusza w Pracach Instytutu Geodezji i Kartografii tom XI, zeszyt 2 (24), 1964 r.

Wyniki dokładnych badań tych modeli pozwoliły na sprecyzowanie następujących warunków jakim powinien odpowiadać uniwersalny przyrząd pomiarowy:

1. Możliwość dokonywania pomiaru, przy użyciu jednego i tego samego przyrządu, zmian odległości między elementami badanymi i drutami zawieszonymi pionowo, poziomo lub też usytuowanymi inaczej.
2. Pomiar wzdłuż osi jednej lub więcej współrzędnych.
3. Mocowanie przyrządu łatwe, szybkie i jednoznaczne.
4. Celowanie na drut łatwe, szybkie i jednocześnie precyzyjne niezależnie od tego z jakiego dostępnego miejsca obserwuje się drut przy celowaniu.
5. Dokładność odczytu pomiaru w granicach 0,01—0,03 mm.
6. Zakres pomiarowy nie mniejszy niż 30 mm, a w miarę potrzeby i większy.
7. Łatwość kontroli zerowego odczytu przed rozpoczęciem pomiarów i po zakończeniu.
8. Możliwość sprawdzenia prawidłowości wskazań przyrządu oraz jego rektyfikacji w przypadku wykrycia stałego błędu.

Wyżej wymienionym warunkom odpowiada przyrząd do pomiaru zmian odległości, którego projekt, dokumentacja i prototyp zostały opracowane i wykonane w Instytucie Geodezji i Kartografii. Budowa i zasada działania tego przyrządu przedstawiona jest na rys. 2. Przyrząd przenośny, mocowany jest do badanego elementu budowli za pomocą dwóch specjalnych bolców stabilizacyjnych (10, 11) oraz klamry (12) osadzonych w wsporniku (13) przytwierdzonym trwale do badanego elementu. Nośnymi częściami przyrządu są podstawka (14) wraz z osadzoną w niej rurką (15) posiadającą możliwość obrotu wokół swej osi oraz aretowania w dowolnie ustalonym położeniu dwoma wkrętami (16). Na górnej i dolnej powierzchni podstawki są nawiercenia i kanałki stożkowe służące do jednoznacznego mocowania tej podstawki na bolcach stabilizacyjnych (10, 11). Po rurce (15) przesuwana jest karetką (17) ze szczelinowym reflektorem (18). Na górnej powierzchni karetki (ekranie), w płaszczyźnie π przechodzącej przez środek szczeliny reflektora i prostopadłej do osi $x-x$ (kierunku przesuwu karetki) wykonane są kreski bisekcyjne (35).

Źródłem światła reflektora jest żarówka (19) zasilana z baterii o napięciu 4,5 V umieszczonej wewnątrz rurki (15). Żarówka wraz z oprawką może być przesuwana, względem szczeliny w celu właściwego położenia

jarzącego się włókna żarówki. Właściwe położenie włókna nastąpi wtedy kiedy wiązka światła na ekranie układa się symetrycznie względem obu kresek bisekcyjnych. Jeżeli szczelina reflektora, przy właściwie ustawionej i zapalanej żarówce, znajdzie się nad drutem (34), to jego cień padnie dokładnie pomiędzy kreski bisekcyjne. Zmiana położenia drutu względem bolców stabilizacyjnych pociąga za sobą taką samą zmianę położenia karetki. Reflektor tego przyrządu z cieniem, w porównaniu z lunetką obserwacyjną koordimetru posiada tę zaletę, że przy celowaniu na drut, obserwacji można dokonywać z różnych dostępnych miejsc, natomiast przy lunetce tylko z jednego miejsca. Ma to szczególne znaczenie przy obserwacjach w miejscach trudno dostępnych jak np. w galeriach zapór wodnych. Do pomiaru wielkości przesunięć karetki służy czujnik zegarowy (20) osadzony w obejmie (21) oraz kostka pomiarowa (22) zamocowana do wspornika (23) za pomocą śruby z dźwignią (24). Tarcza czujnika oświetlona jest światłem żarówki (19) odbitym od lusterka (25). Kostka posiada trzy schodki odległe od siebie dokładnie o 10 mm każdy (tyle ile wynosi pełny zakres pomiarowy czujnika) i przesunięte względem siebie tak, aby można było kolejno umieszczać na nich nóżkę czujnika (36), po odpowiednim przesunięciu i zamocowaniu kostki. Zastosowanie kostki ze schodkami ma na celu zwiększenie zakresu pomiarowego przyrządu. Zakres ten jest iloczynem ilości schodków i pełnego zakresu czujnika pomiarowego. Dla opisywanego przyrządu zakres pomiarowy wynosi $3 \times 10 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$.

Do przesuwania karetki służy niżej opisany mechanizm umożliwiający ruch szybki oraz ruch wolny — precyzyjny. Na trzpień (26) zabezpieczony przed obrotem i osadzony we wsporniku (23) nasunięte są kolejno sprężynka (27), tulejka (28) oraz nakręcona pokrętka (29). Sprężynka odpycha zawsze tulejkę od wspornika (a tym samym od karetki) i eliminuje w tym układzie wszystkie luzy. Tulejka (28) umieszczona jest luźno w otworze obejmmy (21) osadzonej na stałe na rurce (15) i może być unieruchamiana przez dokręcenie wkręta (30).

Przesuw szybki karetki odbywa się przez wsuwanie lub wysuwanie tulejki (28) w otworze obejmmy po odkręceniu wkręta (30). Dla uzyskania przesuwu wolnego — precyzyjnego należy najpierw dokręcić wkręt (30), a następnie obracać pokrętką (29). Na skutek obrotu pokrętki w jednym kierunku trzpień (26) jest wciągany do tulejki i pociąga za sobą wspornik (23) wraz z karetką, a sprężyna jest ściskana. Przy obrocie pokrętki w drugim kierunku sprężyna odpycha wspornik z karetką od tulejki (28) powodując ruch precyzyjny w przeciwnym kierunku.

Zakres przesuwu karetki, nieco większy od zakresu pomiarowego, ograniczony jest z jednej strony podstawką (14), a z drugiej zderzakiem (31) wkręconym w obejmę (21). Ponieważ mocowanie podstawki (14) i obejmmy (21) na rurce (15) odbywa się zawsze dokładnie w tym samym

miejscu, a długość zderzaka jest ustalona, przeto odległość a na rys. 2 od wspólnej osi nawiercenia i kanałka na jednej stronie podstawki do osi symetrii kresów bisekcyjnych, przy karetkce dosuniętej do zderzaka, jest stała. Dla trzech krańcowych położenia karetki a posiada trzy wartości różniące się kolejno między sobą o wartość odległości pomiędzy schodkami (o wielkość zakresu pomiarowego czujnika). Wzajemne przesunięcie nawiercenia i kanałka na obydwu powierzchniach podstawki nie ma wpływu na wyniki pomiarów, z tego względu że mocowanie przyrządu na każdym stanowisku jest zawsze w tym samym położeniu przyrządu (to samo nawiercenie i ten sam kanałek).

Zakres pomiarowy przyrządu liczy się od najbliższego położenia karetki względem podstawki (14) tzn. od takiego położenia kiedy nóżka czujnika opiera się o powierzchnię *I* kostki, a odczyt na czujniku wynosi 0,00. Przy ruchu karetki w kierunku czujnika aż do zderzaka (w zakresie 10 mm) odczyt z czujnika jest ostatecznym wynikiem pomiaru. Jeżeli nóżka opiera się o powierzchnię *II* (jak to pokazano na rys. 2), to do odczytu z czujnika należy dodać 10 mm, jeżeli natomiast nóżka opiera się o powierzchnię *III*, to do odczytu należy dodać 20 mm.

Zetknięcie się powierzchni *III* kostki pomiarowej ze zderzakiem (31) jest końcem zakresu pomiarowego przyrządu. Przesuw zderzaka, przez jego wkręcanie lub wykręcanie, powoduje zmianę położenia całego zakresu pomiarowego przyrządu co wyraża się zmianą wielkości a . Na skutek takiej właściwości zderzaka (31) jest on jednocześnie elementem służącym do rektyfikacji przyrządu.

Konstrukcja jak również dobór materiałów eliminują do minimum wpływ błędu pomiaru wynikający ze zmiany temperatury. Błąd ten oblicza się ze wzoru

$$\Delta l = K \cdot \Delta t \text{ mm},$$

gdzie K — stała wielkość dla każdego przyrządu; dla opisywanego prototypu wynosi ona 0,0004715

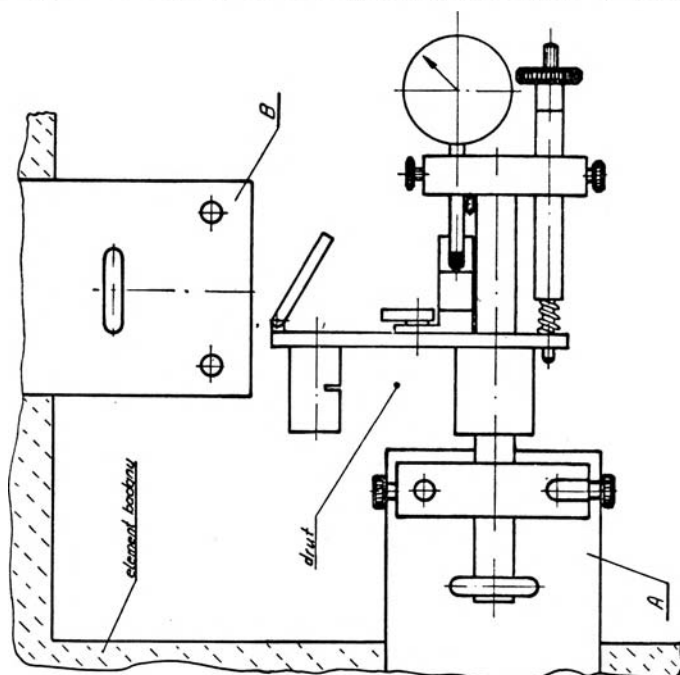
Δt — przyrost temperatury w $^{\circ}\text{C}$.

Dla różnic temperatury wielkości $\pm 20^{\circ}\text{C}$ błąd wynosi $\pm 0,00943$ mm. W praktyce różnice zmian temperatury są znacznie mniejsze, co przy dokładności odczytu przyrządu wynoszącego 0,01 mm do 0,03 mm, pozwala na pominięcie wpływu błędu wynikającego ze zmiany temperatury.

Ażeby w czasie dokonywania pomiarów przyrząd, a właściwie jego układ mierniczy, znajdował się w środkowym zakresie pomiarowym względem zawieszonego drutu należy odpowiednio usytuować i następnie zamocować do bloków (elementów badanych) wsporniki (13) wraz z osadzonymi w nich bolcami stabilizacyjnymi (10, 11) oraz klamrą (12).

W tym celu należy zawiesić drut w miejscu w którym będzie się on

szym stosowaniu omawianego przyrządu. Normalizacja podstawowych wielkości przyrządu umożliwi lepsze wykorzystanie przyrządów pomiarowych tego typu na badanych budowlach położonych w pobliżu. Jeden

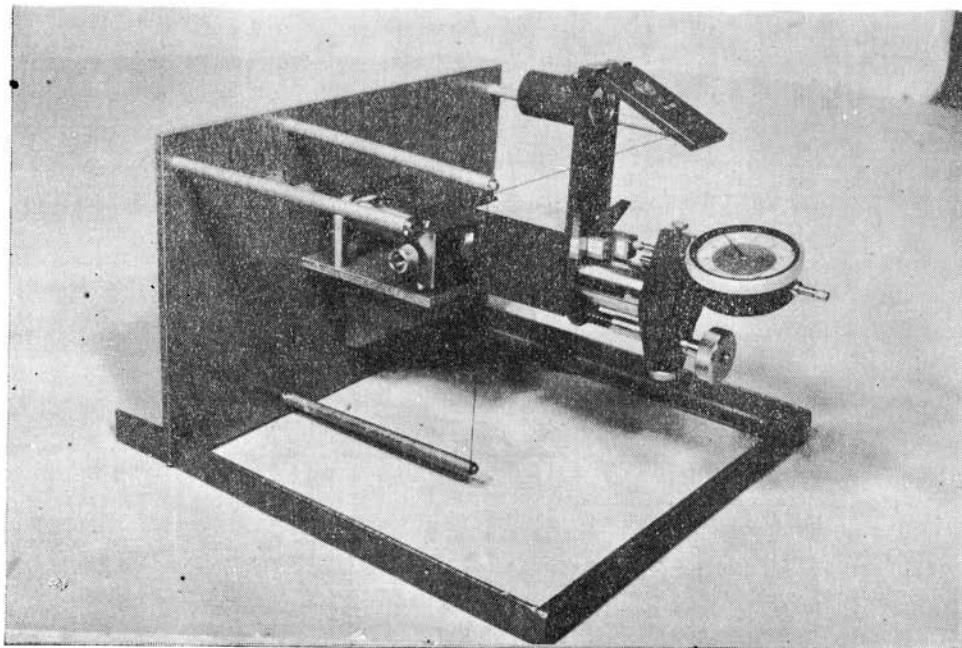


Rys. 4

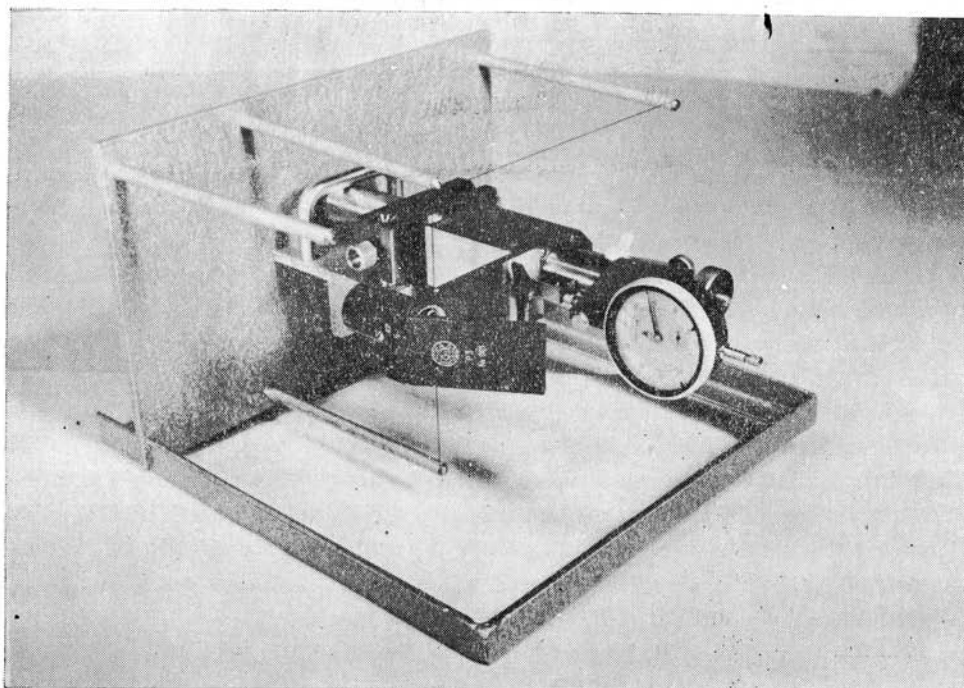
przyrząd może wystarczyć dla pomiarów na kilkuset stanowiskach. Łatwość obsługi przyrządu umożliwia wykonanie pomiarów przez personel przyuczony, niegeodezyjny.

Dla dokonania pomiaru zmian odległości przy drutach zawieszanych poziomo, umocowanie przyrządu na wsporniku powinno być takie jak pokazano na rys. 5, natomiast dla drutów pionowych rurkę (15) wraz z karetką i reflektorem należy obrócić o 90° względem podstawki (14) i w nowym miejscu zaaretować, wówczas przyrząd przyjmie położenie jak pokazano na rys. 6 *). Właściwe położenie rurki względem podstawki określają indeksy wykonane na rurce i podstawie. Dla dokonania pomiarów przy drutach zawieszonych ukośnie rurkę należy obrócić tak, aby górna powierzchnia karetki była w przybliżeniu równoległa do zawieszonego drutu, a indeks wykonany na podstawie powinien znajdować się w przedziale 90° pomiędzy indeksami na rurce.

*) Na rys. 5 i 6 pokazano przyrząd pomiarowy w dwóch położeniach na modelu stanowiska wzorcowego.



Rys. 5



Rys. 6

Przed przystąpieniem do pomiarów czujnik należy właściwie ustawić i zamocować w obejmie *). Ustawienia dokonuje się w następujący sposób: karetkę przesuwając w kierunku czujnika aż do oparcia dowolną powierzchnią kostki pomiarowej o zderzak (31). Następnie czujnik wsuwa się w otwór obejmny tak głęboko, aby odczyt na małej tarczy wynosił 10 mm po czym dokręcić należy wkręt (32), a dokładne pokrycie się dużiej wskazówki z zerem ustalić obrotem tarczy czujnika wraz z podziałką. Sprawdzenia prawidłowego ustawienia przyrządu dokonuje się kilkakrotnym dosunięciem karetki do oporu o zderzak z jednakową siłą. Ponieważ odczyt powinien wówczas wynosić dokładnie 10,00, to wszelkie odchylenia należy eliminować obrotem dużiej tarczy czujnika.

Sam pomiar dokonuje się bardzo szybko i łatwo. W tym celu przyrząd mocuje się na bolcach stabilizacyjnych wspornika przez „włożenie” w taki sposób, aby drut znalazł się w położeniu pomiędzy reflektorem a karetką a następnie przesuwem karetki szczelinę reflektora naprowadza się nad drut. Właściwe naprowadzenie szczeliny nastąpi wówczas jeśli cień drutu znajdzie się dokładnie pomiędzy kreskami bisekcyjnymi. Wtedy dokonuje się odczytu z czujnika pamiętając, że jeżeli nóżka czujnika opiera się o powierzchnię *II* to do odczytu należy dodać 10 mm, a jeżeli o powierzchnię *III* to 20 mm. Użycie odpowiedniej powierzchni oporowej kostki określa położenie drutu. Różnica z dwóch odczytów dokonanych w różnych okresach czasu na tym samym stanowisku (wsporniku) jest zmianą odległości powstałą w okresie czasu pomiędzy tymi pomiarami, a jej znak określa rodzaj wzajemnego przesunięcia. Jeżeli różnica odczytów jest dodatnia znaczy to, że nastąpiło zbliżenie elementu badanego do drutu, a jeżeli ta różnica jest ujemną to nastąpiło oddalenie.

Na skutek niewłaściwej eksploatacji przyrządu, jak również pod wpływem jego przypadkowych uderzeń odległość a , określająca położenie zakresu pomiarowego przyrządu, może ulec zmianie. Zmiana ta jest systematycznym błędem przyrządu i może pomniejszać lub powiększać dalszy każdorazowy wynik pomiaru. Dla uniknięcia wpływu tego systematycznego błędu należy sprawdzać wielkość stałej a , a jej zmianę wprowadzać jako poprawkę do wyników pomiarów, bądź też zrektyfikować przyrząd. Rektyfikację przyrządu przeprowadza się przez wkręcanie lub wykrcanie zderzaka (31) i zabezpieczanie wkrętem (33). Sprawdzenie stałej a dokonuje się przez wykonanie wzorcowego pomiaru na specjalnym stanowisku wzorcowym zainstalowanym najlepiej w pomieszczeniu o stałej temperaturze.

Stanowisko wzorcowe składa się z jednego wspornika (13) z bolcami stabilizacyjnymi i klamrą oraz dwóch wsporników drutu (34) wykonanych

*) Patrz rys. 2.

z materiału o jednakowym współczynniku rozszerzalności. Wszystkie wsporniki powinny być zamocowane w jednolitym bloku. Wsporniki drutów powinny być tak ustawione, aby drut (zawsze o tej samej średnicy) przebiegał równolegle do osi bolców stabilizacyjnych (10, 11) i leżał w zakresie pomiarowym przyrządu.

Przed użyciem przyrządu do dokonania określonej serii pomiarów powinien być wykonany pierwszy pomiar wzorcowy na stanowisku wzorcowym, a jego wynik oraz numer stanowiska wzorcowego wpisane do metryki przyrządu. Następne pomiary kontrolne powinny się odbywać zawsze na tym samym stanowisku wzorcowym. Różnica między pomiarem kontrolnym, a wzorcowym (wpisanym do metryki) jest zmianą wielkości stałej a i powinna być uwzględniona przy opracowaniach wyników lub usunięta na drodze rektyfikacji przyrządu. Pomiary kontrolne na stanowisku wzorcowym należy przeprowadzać okresowo jak również wtedy kiedy zachodzi podejrzenie zmiany wielkości stałej a .

L I T E R A T U R A

Janusz W.: Zagadnienie automatycznego wyznaczania odkształceń budowli przy pomocy modelu konstrukcji geodezyjnej w postaci stałej instalacji zespołu urządzeń pomiarowych. Prace IGiK, tom XI, zeszyt 2/24, 1964 r.

Recenzował: Dr inż. Zbigniew Czerski

Rękopis złożono w Redakcji w listopadzie 1965 r.

МЕЧИСЛАВ СМУЛКА

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ РАССТОЯНИЙ

Резюме

Содержанием статьи является подробное описание прибора для измерения изменений расстояний между фрагментами водных преград или других сооружений и проволоками подвешенными вблизи этих исследуемых фрагментов.

Переносный прибор запроектирован и построен в Институте геодезии и картографии имеет небольшие габариты и может быть применен для измерения изменений расстояний между проволоками подвешенными вертикально, горизонтально или даже по другому.

Измерительный диапазон прибора —30 мм, его точность в пределе 0,01—0,03 мм.

Одного прибора хватает для измерения изменений расстояний на нескольких наблюдательных станциях.

Кроме конструкции и принципа действия прибора приводится способ его употребления, а также его проверки и юстировки.

MIECZYŚŁAW SMÓŁKA

INSTRUMENTS FOR THE MEASUREMENT OF THE DISTANCE VARIATIONS

S u m m a r y

The paper contains a detailed description of the instrument for measurement of distance variations between the fragments of a dam or other buildings and wires suspended in the neighbourhood of these fragments. The instrument conceived and made in the Institute of Geodesy and Cartography is small, portable, and can be applied to the measurement of the distance variations from the wires suspended perpendicularly, horizontally or otherwise.

The range of measurement of the instrument amounts to 30 mm, the accuracy — to 0.01—0.03 mm. One instrument suffices for the measurement of the distance variations on several hundreds positions. Besides the construction and the principle of the instrument's activity the way of using it is given together with its testing and rectifications.

SPIS TREŚCI

TADEUSZ CHOJNICKI	
Metody cechowania grawimetrów typu Askania Gs-11	3
JERZY GAŻDZICKI	
Nowe algorytmy wyrównania metodą najmniejszych kwadratów	85
WITOLD GEDYMIN	
Wyrównanie sieci kątowno-liniowej metodą pośredniczącą w ujęciu ite- racyjnym na maszynach typu UMC	131
MARIA JĘDRZEJEWSKA	
Zagadnienie przyjęcia stałej gęstości przy opracowaniu map anomalii Bouguera	151
JERZY BOKUN	
DANUTA CHOWAŃSKA	
MARIA MAJEWSKA	
Metoda przeprowadzania wyznaczeń i obliczeń dotyczących opracowania mapy średnich wysokości w Polsce	168
WOJCIECH JANUSZ	
Geodezyjne badania przyczyn nieprawidłowości jazdy suwnic mostowych	182
MIECZYŚLAW SMÓŁKA	
Przyrządy do pomiaru zmian odległości	226

СОДЕРЖАНИЕ

ТАДЭУШ ХОИНИЦКИ	
Методы эталонирования гравиметров типа Аскания Gs-11	3
ЕЖИ ГАЗЬДЗИЦКИ	
Новые алгоритмы уравнивания по способу наименьших квадратов	85
ВИТОЛЬД ГЕДЫМИН	
Уравнивание углово-линейной сети посредственным методом с итерационным подходом на ЭВМ типа УМС	131
МАРЬЯ ЕНДЖЕЕВСКА	
Проблема принятия постоянной плотности при составлении карт аномалии Буге	151
ЕЖЫ БОКУН, ДАНУТА ХОВАНЬСКА	
МАРЬЯ МАЕВСКА	
Метод выполнения определений и вычислений относящихся к составлению карты средних высот в Польше	168
ВОЙЦЕХ ЯНУШ	
Геодезические исследования причин неправильного движения мостовых кранов	182
МЕЧИСЛАВ СМУЛКА	
Приборы для измерения изменений расстояний	226

CONTENTS

TADEUSZ CHOJNICKI	
Calibrating methods of gravimeters type Askania Gs-11	3
JERZY GAŹDZICKI	
New algorithms of adjustment by the method of the least squares . . .	85
WITOLD GEDYMIN	
Adjustment of the angular — linear network by means of the indirect method in the iteration form using computers type UMC-1	131
MARIA JĘDRZEJEWSKA	
Problem of acceptance of the constant density at the elaboration of the map of Bouguer anomalies	151
JERZY BOKUN	
DANUTA CHOWAŃSKA	
MARIA MAJEWSKA	
Method of performing determinations and computations concerning the elaboration of mean heights map in Poland	168
WOJCIECH JANUSZ	
Geodetic researches of the causes of irregular travelling of the bridge crane	182
MIECZYŚLAW SMÓŁKA	
Instruments for the measurement of the distance variations	226

