

JAN CISAK
MARIA DOBRZYCKA

Krajowa Baza Długościowa w Warszawie-Bemowie

Zarys treści. W pracy opisano nową Krajową Bazę Długościową w Warszawie-Bemowie, którą ustanowiono i pomierzono metodą Väisälä w latach 1985-87.

Wstęp

O dokładności sieci geodezyjnej stanowi jej spójność i adekwatność skali do międzynarodowej jednostki długości. Do nadawania skali w klasycznych sieciach geodezyjnych służą bazy geodezyjne, ale z biegiem rozwoju technologii pomiarów ich rola uległa zmianie. Obecnie zakładane bazy służą głównie jako komparatory polowe do sprawdzania narzędzi do pomiarów liniowych. Utrzymanie bowiem właściwej skali sieci na całym objętym nią obszarze wymaga starannej kontroli własności metrologicznych używanych do pomiarów narzędzi, przez odniesienie ich do wzorców o możliwie najwyższym poziomie dokładności, stabilności i odtwarzalności.

Szczególnie wysokie wymagania stawia przed służbą metrologiczną rozwój w dziedzinie dalmierzy elektromagnetycznych i ich powszechna dostępność. Osiągane już dokładności za pomocą najnowszych generacji dalmierzy zbliżają się do poziomu $5 \cdot 10^{-7}$. Co najmniej taka powinna być więc dokładność komparatora, który mógłby sprostać obecnym i przyszłym w tej dziedzinie zadaniom.

Funkcję fundamentalnego komparatora, służącego do odtwarzania i przeniesienia międzynarodowej jednostki długości na potrzeby liniowych pomiarów geodezyjnych, pełnić ma baza wzorcowa. Wyznaczenie długości takiej bazy z dokładnością $2-3 \cdot 10^{-7}$ jest możliwe przy zastosowaniu metod interferencyjnych. Międzynarodowa Unia Geofizyczno-Geodezyjna zaleca zakładanie 500—1000 metrowych baz wzorcowych i mierzenie ich metodą Väisälä, pozwalającą dla tych odległości osiągnąć największą, niekwestionowaną dokładność.

Jedenaście takich baz na świecie (w Finlandii, Argentynie, Holandii; Portugalii, NRD, USA, Południowej Afryce, RFN, Hiszpanii, Chinach i na Węgrzech) zostało założonych i pomierzonych przez zespół Fińskiego Instytutu Geodezyjnego lub z jego udziałem. Krajowa Baza Długościowa w Warszawie-Bemowie, a wcześniej jeszcze w Skrzyszewie została zaprojektowana, założona i pomierzona metodą Väisälä przez zespół Instytutu Geodezji i Kartografii.

1. Zasady pomiaru metodą Väisälä

Metoda Väisälä — w jej najszerszym stosowanym wariantcie polega na mnożeniu odległości wyjściowej, którą wyznacza się za pomocą jednometrowego, końcowego wzorca kwarcowego. Odległość tę, realizowaną przez dwa zwierciadła, powiela się optycznie wykorzystując zjawisko interferencji światła białego. Polska Służba Geodezyjna dysponuje odpowiednią aparaturą z zestawem wzorców i zwierciadeł. Dokładny opis oraz dyskusję nad zaletami i wadami metody można znaleźć w pracy M. Dobrzyckiej [1].

2. Zasady projektowania bazy wzorcowej

Najdłuższe z kilkunastu baz pomierzonych metodą Väisälä na świecie to: Nummela — Finlandia i Ebersberg — RFN po 864 m oraz Skrzyszew i Warszawa-Bemowo — Polska, odpowiednio po 768 m i 744 m. Powyżej 500 m trudność pomiaru poważnie wzrasta, zaobserwowanie bowiem zjawiska interferencji przy większych odległościach wymaga szczególnych, rzadko występujących warunków atmosferycznych. Dlatego też bazy mierzone metodą Väisälä mają zazwyczaj długość zbliżoną do 500 metrów, a mianowicie: 432 m, 480 m, 500 m i 576 m. Przy ich pomiarze stosowano następujące schematy rozwinięć odległości wyjściowej:

0-1-6-24-72-216-432 (i 864 w wypadku baz w Nummela i Ebersberg)

0-1-6-30-120-240-480 (np. w Poczdamie — NRD)

0-1-5-25-125-250-500 (w Ohio — USA)

0-1-6-24-72-144-288-576 (w Loenemark — Holandia).

Każda kolejna odległość jest wielokrotnością poprzedniej, dłuższe odcinki udaje się powielać tylko dwukrotnie. Ze względu na pozostające nadal w użyciu 24-metrowe inwarowe przymiary drutowe długość bazy jest zwykle wielokrotnością 24 m.

Lokalizacja bazy wzorcowej i sposób jej zabudowy powinny uwzględniać zarówno potrzeby atestacji nowoczesnych i tradycyjnych narzędzi, jak również wymagania związane z wzorcowaniem tej bazy. Osiągnięcie wysokiej dokładności pomiaru bazy z użyciem metody Väisälä jest przedsięwzięciem zdecydowanie trudnym, wymagającym rygorystycznego spełnienia niezbędnych warunków.

Baza powinna być zlokalizowana w terenie łatwo dostępnym, płaskim i — najlepiej — odsłoniętym, pozwalającym na swobodną cyrkulację powietrza. Sposób realizacji jej punktów powinien umożliwiać szybkie i jednoznaczne centrowanie sprawdzanych narzędzi. Co najmniej trzy punkty bazy, na przykład początek środek i koniec, powinny być zastabilizowane w sposób gwarantujący wieloletnią stabilność ich położenia.

Przyjęty schemat rozwinięcia odległości wyjściowej determinuje rozmieszczenie punktów pośrednich. Pomiar baz już istniejących następcza znaczne trudności i prawie zawsze wymaga zabudowania stanowisk pod pomiar interferencyjny osobno, w pobliżu bazy właściwej. Zastosowanie metody Väisälä wymaga aby stanowiska pod aparaturę znajdowały się w linii prostej, przebiegającej — najlepiej — nie niżej niż 1—1,3 m i nie wyżej niż 1,8—2 m nad powierzchnią gruntu. Podstawowym warunkiem uzyskania prawidłowego wyniku pomiaru jest bowiem regularność rozkładu temperatury wzdłuż osi pomiaru, a sam pomiar temperatury nie powinien być zbyt utrudniony.

3. Opis Krajowej Bazy Długościowej w Warszawie-Bemowie

Rozpoznanie cech zabudowy baz w innych krajach, a przede wszystkim doświadczenia uzyskane podczas pomiaru bazy w Skrzyszewie [1] posłużyły do sporządzenia założeń projektu nowej bazy wzorcowej. Różnił się on w sposób istotny od zabudowy baz wzorcowych stosowanej i zalecanej przez Fiński Instytut Geodezyjny. Wszystkie bazy zakładane i pomierzone metodą Väisälä przez zespół fiński są zastabilizowane znakami podziemnymi, z osobnymi stanowiskami nadbudowanymi nad bazą lub równoległe do niej. Wymaga to dość skomplikowanego przeniesienia odległości mierzonej interferencyjnie na bazę właściwą, na ogół za pomocą mniej lub bardziej skomplikowanych siatek geodezyjnych.

Projektując Krajową Bazę Długościową w Warszawie-Bemowie miano na względzie umożliwienie jednoznacznego i szybkiego centrowania sprawdzanych narzędzi oraz dokładność i łatwość przeniesienia na nią odległości mierzonej interferencyjnie. Punkty bazowe, wyniesione 1,2—1,5 m nad poziom terenu, realizowane przez tulejki pozwalające na automatyczne centrowanie narzędzi znajdują się na słupach, na których podczas pomiaru interferencyjnego rozstawia się także aparaturę Väisälä. Wybór lokalizacji, projekt i nadzór nad zabudową należał do zadań Zakładu Geodezji Instytutu Geodezji i Kartografii.

Z uwagi na zgrupowanie znacznej liczby zainteresowanych instytucji Krajową Bazę Długościową zlokalizowano w Warszawie, na obrzeżu lotniska Bemowo. Teren jest więc odkryty i płaski, a podłoże piaszczysto-żwirowe. Poziom wody zaskórnej znajduje się na głębokości około 2,5 m.

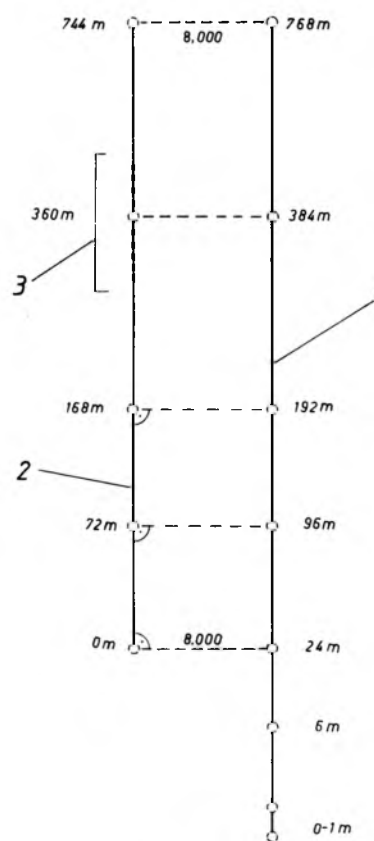
Krajowa Baza Długościowa Polskiej Służby Geodezyjnej składa się z dwóch baz równoległych (rys. 1):

1) bazy wzorcowej, dostosowanej do pomiaru metodą Väisälä, przeznaczonej do badania i testowania dalmierzy najwyższych klas dokładności (np. Mekometr) oraz sprawdzania drutowych przymiarów inwarowych,

2) bazy użytkowej, przeznaczonej do masowego sprawdzania dalmierzy elektromagnetycznych. Długość tej bazy (744 m), odległej o 8 m od bazy wzorcowej jest wyznaczona przez przeniesienie odległości z bazy wzorcowej.

Dwie bazy założono z następujących względów:

a) pomiar interferencyjny, który okresowo trzeba powtarzać, wymaga całkowitego wyłącze-



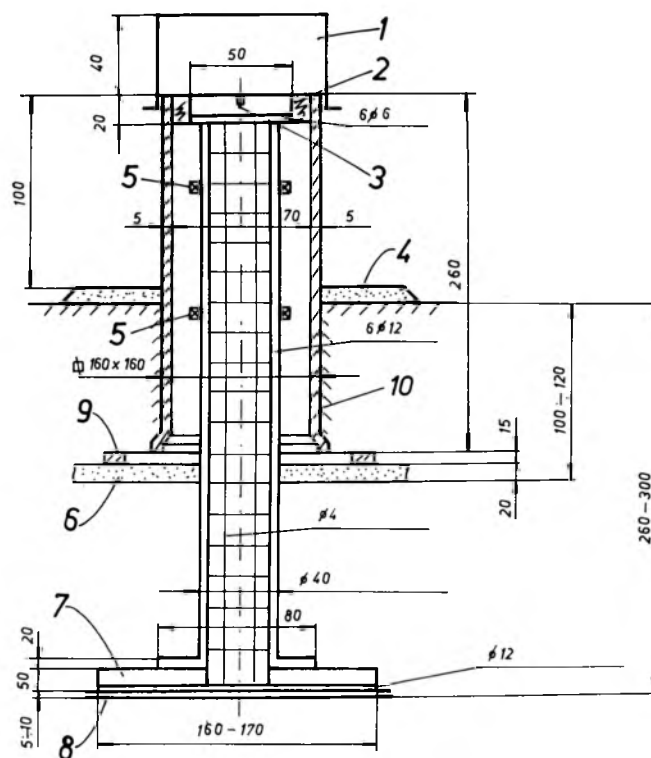
Rys. 1

- 1 — baza wzorcowo pomierzona metodą Väisälä
- 2 — baza użytkowa
- 3 — punkty pośrednie do określenia poprawek okresowych

nia bazy z jej funkcji użytkowych na okres 2—3 miesięcy,

b) zapotrzebowanie na komparacje dalmierzy przekracza już często wydolność jednej bazy kalibracyjnej.

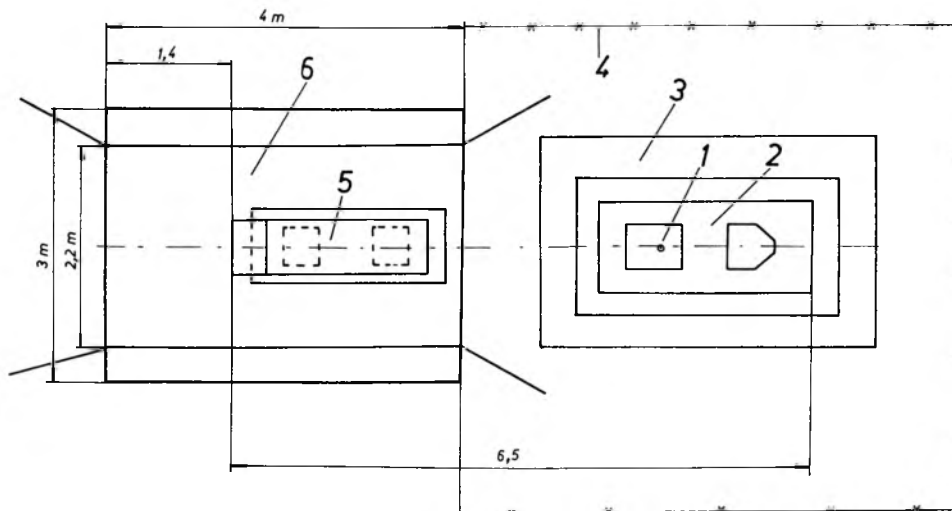
Do pomiaru bazy metodą Väisälä zastosowano schemat rozwinięcia 0-1-6-24-96-192-384-768. Sześć z tych punktów bazy wzorcowej, na 6-tym, 24-tym, 96-tym, 192-gim, 384-tym i 768-mym metrze i wszystkie pięć bazy użytkowej zostało zabudowane słupami o podobnej konstrukcji (rys. 2) z użyciem elementów gotowych. Same punkty bazowe zrealizowane są za pomocą tulejek o średnicy 20 mm, wykonanych z nierdzewnej stali. Słupy bazy wzorcowej zwieńczone są betonowymi głowicami o średnicy 500 mm i zaopatrzone w pokrywy. Rozmiar głowicy pozwala na umieszczenie zwierciadeł do pomiaru metodą Väisälä oraz urządzeń pomocniczych, służących do przeniesienia odległości mierzonej interferencyjnie na bazę właściwą.



Rys. 2

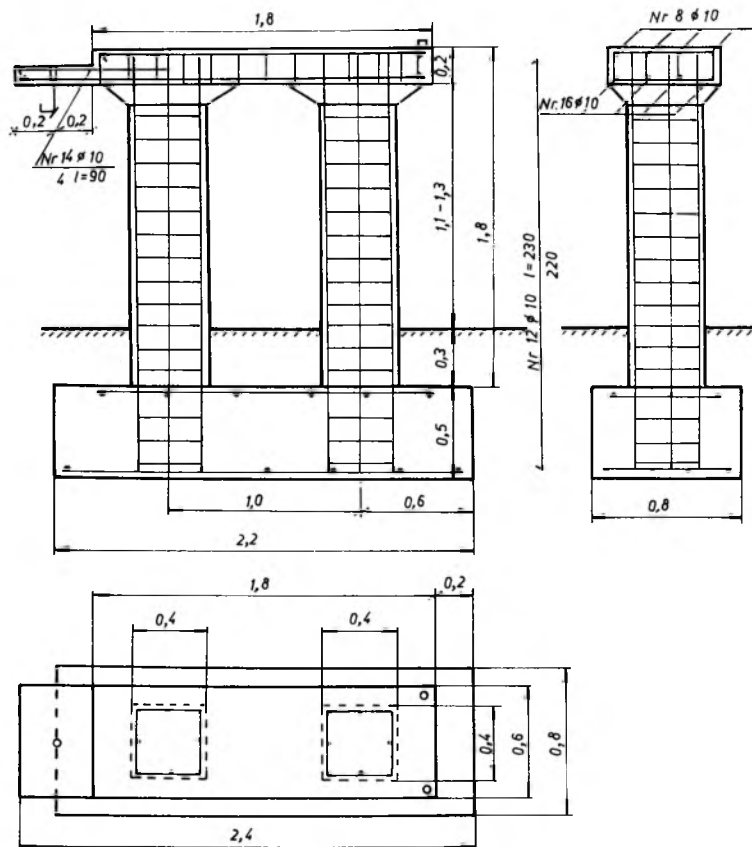
- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 — pokrywa z blachy | 6 — podsypka żwirowa |
| 2 — uszczelka z pianki poliuretanowej | 7 — fundament |
| 3 — centr słupa | 8 — chudy beton |
| 4 — odarniowany nasyp | 9 — fundament pod rurę osłonową |
| 5 — odboje z gumy | 10 — rura osłonowa |

Rura osłonowa (oznaczona numerem 10 na rys. 2), posadowiona poniżej poziomu zamarzania gruntu ma zapobiegać odkształceniom i ruchom słupów, spowodowanym przemieszczaniem się górnych warstw gruntu, uszkodzeniami



Rys. 4

1 — początkowy punkt pomiaru bazy metodą Väisälä, 2 — stanowisko 0-1, 3 — drewniany podest, 4 — ogrodzenie z siatki, 5 — drewniany pawilon ze stanowiskiem obserwacyjnym



Rys. 5. Stanowisko obserwacyjne

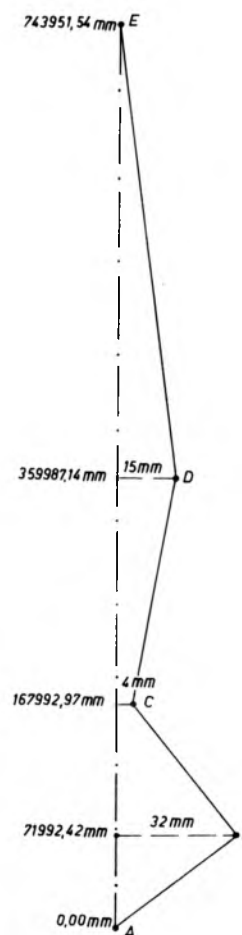
4. Pomiar bazy metodą Väisälä

Zabudowę bazy ukończono późną jesienią 1985 roku. Po ustąpieniu mrozów, w marcu 1986 roku przystąpiono do prac przygotowawczych, polegających w pewnej mierze na usuwaniu licznych, stwarzających znaczne niedogodności usterek zabudowy. Właściwe czynności wstępne rozpoczęto od ustalenia długości odcinków składających się na bazę, mierząc je za pomocą dalmierza Mekometr, sprawny bowiem przebieg pomiaru metodą Väisälä wymaga ustalenia z dużym przybliżeniem długości mierzonych odcinków*).

Bezpośrednio po rozmierzeniu bazy przystąpiono do ustawiania aparatury, przy czym stwierdzono pewną niewspółliniowość centrów słupów pośrednich. Wybożenia punktów pośrednich względem osi bazy ukazane zostały na rysunku 6. W dalszym ciągu czynności wstępnych wyznaczono i zastabilizowano stanowiska pod termometry i do końca maja 1986 roku ustalono pozycje zwierciadeł do 384 m łącznie. Pierwszego czerwca pomierzono odległość do 96 metra bazy, a drugiego czerwca do 384 m. Wszelkie próby ustalenia pozycji zwierciadła na 768 m oraz powtórzenia pomiaru do 384 m spęły na niczym wobec niesprzyjających pomiarom interferencyjnym warunków atmosferycznych. Noce były na ogół bezchmurne i występowała silna wibracja powietrza. 26 lipca postanowiono zaniechać pomiarów i aparaturę zdjęto.

Po ustąpieniu mrozów, wiosną 1987 aparaturę Väisälä ustawiono ponownie. Tym razem warunki atmosferyczne na ogół sprzyjały pomiarom (niskie, pełne zachmurzenie, lekki wiatr). 26 kwietnia przeprowadzono pierwszy pomiar całej długości bazy, 21 maja powtórzono pomiar połowy bazy, a 22 maja ponownie udało się pomierzyć całą długość bazy. Uzyskane, zredukowane do poziomu wyniki, zestawiono w tabelicy 1**). U dołu tabelicy podane są odpowiednie długości odcinków bazy użytkowej.

Ze zgodności wyników uzyskanych metodą Väisälä z pomiarów w latach 1986 i 1987 można wnioskować o znacznej stabilności słupów bazowych na 6-tym, 192-gim i 384-tym metrze bazy mierzonej interferencyjnie. Końcowy słup bazy (768 m) wykazuje dobrą stabilność w czasie



Rys. 6.
Szkic inwentaryzacyjny
bazy wzorcowej

*) Pomiar Mekometrem został dzięki uprzejmości dr inż. Józefa Mroza i mgr inż. Tadeusza Szczutka z Instytutu Geodezji Górniczej i Przemysłowej AGH — przeprowadzony w dniach 2-4 kwietnia 1986 roku.

**) Oprócz autorów w pomiarze bazy metodą Väisälä brali udział: Helena Bieniewska, Dang Hung Vo, Zbigniew Drożdżewski, Barbara Magdalińska, Bożenna Majewska, Maciej Moskowiński, Stanisław Roszkowski i Danuta Włodkowska z Zakładu OAG, a Maryla Cisakowa i Jerzy Janusz z Zakładu Geodezji IGiK oraz Waław Śniechowski z PPGK udzielili pomocy w pracach przygotowawczych.

Tablica 1

Data	$A - B$ (mm)	$A - C$ (mm)	$A - D$ (mm)	$A - E$ (mm)
1986.06.01	71 992,65			
1986.06.02	92,51	167 993,13	359 987,45	
1987.04.26				743 951,43
1987.05.21	92,26	92,89	86,99	
1987.05.22	92,26	92,89	86,97	51,64
Baza wzorc. średnia	71 992,42	167 992,97	359 987,14	743 951,54
Baza użytk. średnia	71 995,2	167 996,6	359 996,8	743 971,2

sezonu pomiarowego w 1987 roku, nie ma jednak dostatecznych przesłanek (z powodu braku pomiarów) do stwierdzenia jego stabilności długookresowej. Ponieważ pomiar metodą Väisälä jest przedsięwzięciem kosztownym i trudnym i zostanie powtórzony nie wcześniej niż w 1990 roku — bieżącej kontroli stabilności słupów bazowych postanowiono dokonywać za pomocą okresowego (co pół roku) porównywania długości bazy wzorcowej z bazą użytkową. Trzy dokonane dotychczas porównania, zestawione w tablicy 2 wykazują rozbieżność w granicach błędu samego pomiaru i nie wskazują na występowanie znaczącego przemieszczania się słupów bazowych.

Tablica 2

Data	Baza użytkowa — baza wzorc. (360 m)	Baza użytkowa — baza wzorc. (744 m)
1987, czerwiec	9,6 mm	19,7 mm
1987, listopad	10,2 mm	20,2 mm
1988, kwiecień	10,3 mm	20,3 mm

LITERATURA

- [1] Dobrzycka M.: *Skala geodezyjnych baz wzorcowych względem międzynarodowej jednostki długości*. Prace IGiK t. XXVI, zeszyt 2, 1979.

Recenzował: prof. dr hab. inż. *Andrzej Hermanowski*
Przyjęto do opublikowania w dniu 30 maja 1988 r.

JAN CISAK
MARIA DOBRZYCKA

POLISH STANDARD BASELINE WARSZAWA-BEMOWO

Summary

A new fundamental field comparator for standardization of the geodetic length measurement devices has been established in 1985-1987 in Poland. It consists of two parallel baselines, 8 meters apart:

- a standard baseline, measured by Väisälä method, $743\,951.54\text{ mm} \pm 0.11\text{ mm}$,
- a working baseline whose length ($743\,971.2\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$) was determined by conventional geodetic projection of the standard baseline mentioned above.

Both baselines include turning points at distances of 18 m, 72 m, 168 m and 360 m from their beginning. Every half a year comparison of length of these baselines ascertains a good stability of pillar markers.

The new fundamental field standard of the length was designed, established and measured by the Institute of Geodesy and Cartography. It is placed at Warszawa-Bemowo.

Translation: *Maria Dobrzycka*

ЯН ЦИСАК
МАРИЯ ДОБЖИЦКА

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ БАЗИС ДЛИНЫ В ВАРШАВЕ - БЕМОВО

Резюме

В 1985-87 годах был установлен и измерен Отечественный базис длины. Этот базис, расположенный в Варшаве — Бемово, состоит из двух находящихся друг от друга на расстоянии 8 метров параллельных базисов:

- базиса-эталоны, измеренного методом Ваясяля, длиной $743\,951,54\text{ мм} \pm 0,11\text{ мм}$,
- эксплуатационного базиса с длиной определенной конвенционально с помощью переноса длины базиса-эталоны на эксплуатационный базис. Длина этого базиса составляет $743\,971,2\text{ мм} \pm 0,5\text{ мм}$.

Оба базиса содержат промежуточные пункты на расстоянии 18 м, 72 м, 168 м и 360 м от начала базиса. Периодические (каждые полгода), контрольные сравнения длины двух базисов указывают на хорошую стабильность (закрепление) базисных столбов.

Новый Отечественный базис длины был запроектирован, установлен и измерен Институтом геодезии и картографии.

Перевод: *Róża Tolstikowa*

