

УДК 528.32

ЕТАЛОННИЙ ГЕОДЕЗИЧНИЙ БАЗИС ОРИГІНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**І. Тревого, О. Денисов, І. Цюпак**

Національний університет “Львівська політехніка”

В. Герер

Вища школа Нойбрандербург

В. Тимчук

Академія сухопутних військ

Ключові слова: еталонний базис, метрологічна атестація, еталонна геодезична мережа.**Постановка задачі, актуальність та мета створення еталонних базисів**

Метрологічний контроль геодезичних приладів гарантує співрозмірність вимірів і сприяє підвищенню якості та ефективності робіт. У сучасних геодезичних методах та при кадастровому зніманні переважають лінійні виміри, які виконують за допомогою електронних тахеометрів, світловіддалемірів, лазерних рулеток, GPS-приймачів і традиційних геодезичних приладів. З часом окремі технічні параметри приладів можуть змінюватися, тому й необхідно виконувати їх періодичну метрологічну перевірку, забезпечуючи єдність геодезичних вимірів своєрідним моніторингом параметрів вимірювальної техніки. Метрологічну перевірку віддалемірних приладів треба виконувати на еталонних базисах, а для атестації приймачів сигналів GPS-супутників краще створити еталонну геодезичну мережу. Метрологічна атестація лінійних приладів ґрунтується на нормативних технічних документах [1, 3]. В них наведена схема перевірок для геодезичних засобів вимірювання довжин і регламентується передавання одиниці довжини від еталону до робочих засобів вимірювань. Залежно від точності і стабільності збереження одиниці вимірювання еталонні базиси поділяють на розряди – 0, 1, 2, 3, 4. Оскільки всі геодезичні прилади повинні проходити періодичну перевірку, то для зручності кількість і “густота” розміщення еталонних базисів на території держави повинні відповідати необхідній достатності. Для прикладу, у високорозвинених країнах віддал між базисами становить 50–70 км. З таких міркувань в Україні для якісної атестації віддалемірів необхідно мати по 2 еталонні базиси на область.

Використовувані в Україні еталонні базиси та еталонні геодезичні мережі не вирішують повністю проблеми метрологічної атестації приладів для лінійних вимірювань і, особливо, можливості використання нової геодезичної техніки і сучасних технологій вимірювань через необхідність високої точності визначення їх метрологічних параметрів. Необхідно створювати нові еталонні геодезичні базиси, які б відповідали точності сучасних вимірювальних приладів і технологій. Ці метрологічні об’єкти повинні відповідати завданням Державної науково-технічної програми [2].

В Інституті геодезії Національного університету “Львівська політехніка” понад 30 років ведуться дослідження з геодезичної метрології, які є одним з пріоритетних напрямів. Були збудовані і ефективно використовувалися кілька еталонних лінійних геодезичних базисів спеціальної конструкції, закріплені високостабільними трубчатими центрами, і розроблені рекомендації еталонування на них геодезичної вимірювальної техніки. Результати досліджень впроваджені у геодезичне виробництво в різних регіонах, що входили до складу СРСР.

Для вирішення завдань метрологічної атестації сучасних геодезичних приладів упродовж останніх 13–14 років був створений новий багатофункціональний науковий геодезичний полігон (НПП), який отримав назву “Яворівський”. Цей еталонний НПП [10–13] відповідає вимогам, зазначеним в державних нормативних документах [1–3], і призначений для досліджень геодезичної техніки і вимірювальних технологій, для метрологічної атестації та перевірок приладів для лінійних вимірювань (керівник проекту професор І.С. Тревого).

Складовою частиною Яворівського НГП є еталонний геодезичний базис. Мета створення цього лінійного базису полягає у:

- виконанні атестації та перевірки світловіддалемірів, електронних тахеометрів, лазерних рулеток, GPS приймачів і традиційних геодезичних інструментів і технологій лінійних вимірів;
- багатофункціональному використанні еталонного базису оригінальної конструкції;
- виконанні експериментальних досліджень методів метрологічного контролю геодезичних приладів і технологій вимірювань;
- збереженні еталону довжини на рівні, не гіршому від еталонного геодезичного базису 2-го розряду (нормативна точність – $(1,0-1,5) \times 10^{-6}D$), за допомогою моніторингу змін ліній та інтервалів між пунктами базису прецизійними віддалемірними приладами;
- розробленні оперативного методу періодичного метрологічного контролю стабільності центрів і ліній (інтервалів) еталонного базису на основі супутникових технологій;
- підвищенні якості та ефективності еталонування за рахунок оптимізації конструкції базису.

Зазначимо, що високу стабільність ліній базису повинні забезпечувати трубчасті центри, конструкція яких розроблена в Інституті геодезії Національного університету “Львівська політехніка”.

Виклад основного матеріалу досліджень

Еталонний геодезичний базис повинен відповідати певним вимогам. Місцевість розміщення базису повинна бути відкритою, з розвиненими під’їздами, з достатньою висотою променя над підстилаючою поверхнею. Конструкція базису повинна бути оптимальною, а стабільність його інтервалів – високою. Для цього центри базису повинні бути стійкими, з примусовим центруванням приладів. Базис повинен містити “фазову ділянку” (рис. 1, 3, 4) для дослідження циклічних похибок (з малим кроком зміни фази), при цьому кількість інтервалів фазової частини базису повинна забезпечувати впевнене визначення поправок за фазовість світлового потоку.

Особливості створення еталонного базису Яворівського НГП викладені в роботах [4–8]. Еталонний базис був закладений у 2003 році в західній частині НГП, поблизу с. Вербляни (рис. 1). Відповідно до вищезазначених вимог всі пункти базису розташовані на відкритій місцевості, віддалені від транспортних магістралей та промислових об’єктів. Ґрунти в міс-

цях закладання пунктів – піщані з вапняною основою. Цей базис складається із 20 пунктів, що являють собою залізну трубу діаметром 200 мм, заглиблену на 3,5–4 м в землю (рис. 2). На кожному з пунктів у верхній частині труби, яка виступає на 1,2–1,3 м над землею, горизонтальна плита з отвором для примусового центрування з точністю $\leq 0,2$ мм. Для встановлення на пунктах базису приладів різних фірм виготовлені станові гвинти з різним кроком різьби. Як правило, пункти еталонних базисів виготовляють із залізобетону, а становий гвинт роблять стаціонарним. Згідно з нашими дослідженнями [14–16] трубчасті центри виявили добру стабільність і можуть застосовуватися для закріплення пунктів еталонних базисів 2-го розряду.

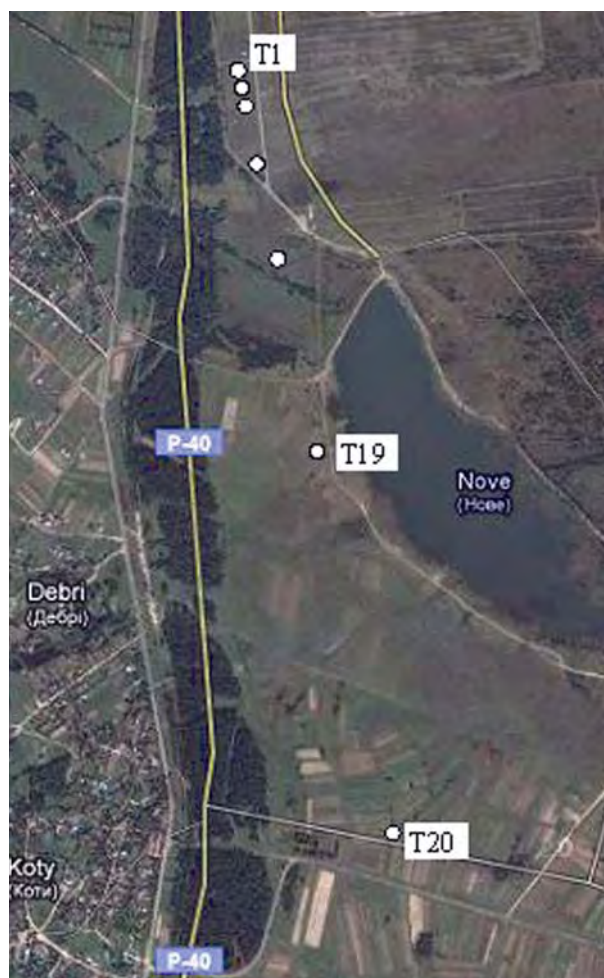


Рис. 1. Карта еталонного базису

На рис. 4 наведена схема розміщення пунктів еталонного базису без фазової ділянки (ліворуч) і окремо схема фазової ділянки (праворуч) з відстанями від початкової точки Т1 та інтервалами між сусідніми пунктами. Фазова ділянка

складається з 10 однометрових інтервалів між точками T4 і T14 (рис. 3). Висоти пунктів визначені з точністю нівелювання II класу, а перевищення між пунктами фазової ділянки коливається в межах 1 см. Профіль створу базису має форму увігнутої кривої, яка має мінімум у точці T17 з перевищенням $-3,8$ м відносно T1, а тоді рівномірне зростання до максимуму у T20 з перевищенням $+19,0$ м відносно T1. Отже, з першого й останнього пунктів базису можна спостерігати усі пункти. Відхилення окремих пунктів від створу T1–T20 не перевищує 0,5 м. Пункти базису розміщені так, що віддалі від першої точки до точок з 15 по 20 кратні 10 м, що забезпечує вимірювання відстаней при одному фазовому куті.

Віддаль між кінцевими точками базису становить 2260 м. Така довжина базису є достатньою для метрологічного контролю сучасних і традиційних приладів для лінійних вимірювань. У роботі [6] показано, що для тестування світловіддалемірів, електронних тахеометрів, лазерних рулеток достатньою є довжина базису до 1,5 км. Для прикладу, аналогічний еталонний базис “Ganzkow” (м. Нойбрандербург, Німеччина) має довжину всього 1100 м. На рис. 5 зображено місцевість і пункти еталонного базису “Ganzkow”. Зазначимо, що новий еталонний базис “Ganzkow” за конструкцією і призначенням подібний до Яворівського базису, але забезпечує дещо більшу точність примусового центрування приладів, оскільки верхня плита пункту виготовлена із нержавіючої сталі.

Для еталонування геодезичних приладів необхідно знати з високою точністю відстані між пунктами базису та відстежувати їх можливі зміни з часом внаслідок погодних та інших процесів. Перша метрологічна атестація Яворівського еталонного базису виконана у 2003 році фахівцями ННЦ “Інститут метрології” (м. Харків) високоточною установкою з лазерним прецизійним віддалеміром ПЛД-1М, точність якого становить 0,1 мм з урахуванням метеопараметрів. Зазначимо, що це одночастотний фазовий віддалемір з довжиною хвилі ~ 60 см (частота 500 мГц), тому для вимірювання ліній їх значення вже повинні бути відомі з похибками < 30 см. Такі попередні вимірювання були зроблені світловіддалемірами TOPCON DM-3 та СП-2. Остаточні значення ліній були виміряні прецизійним віддалеміром ПЛД-1М з пункту T1 до усіх точок базису з середніми квадратичними похибками 0,2 – 0,5 мм.

Наступні метрологічні атестації довжин ліній еталонного базису здійснювалися попередньо відтестованими прецизійними електронними тахеометрами та двочастотними GPS-приймачами. В табл. 1 наведено прилади та організації, які здійснювали метрологічний контроль ліній еталонного базису в період 2003–2009 рр., а на рис. 6 показано процес виконання вимірювань на пункті еталонного базису працівниками ДП “Укрметртестстандарт” й Інституту геодезії Національного університету “Львівська політехніка”.

Таблиця 1

Дані про метрологічну атестацію лінійного базису

Рік вимірювань	Інструмент	Метод	Організація
2003	Високоточний віддалемір ПЛД-1М	Лінійні вимірювання	ННЦ “Інститут метрології”
2006	Приймач GPS Trimble 5700	GPS	Нац. ун-т “Львівська політехніка”
2006	Тахеометр ET Trimble 5601 DR Standart	Лінійні вимірювання	ДП “Укрметртестстандарт”
2007	Тахеометр ET Trimble 5601 DR Standart	Лінійні вимірювання	ДП “Укрметртестстандарт”
2009	Тахеометр Leica TCR 1201+R400	Лінійні вимірювання	ННЦ “Інститут метрології”
2009	Приймач GPS Trimble 5700	GPS	Нац. ун-т “Львівська політехніка”

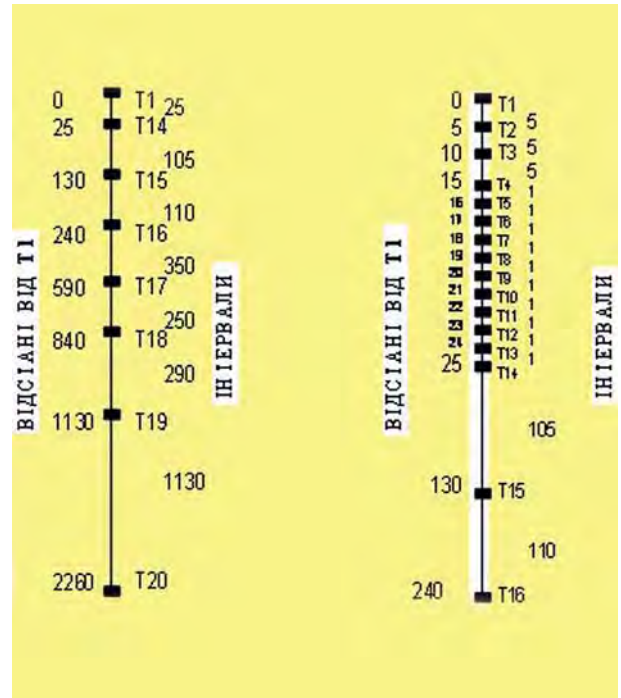
У дослідженнях [5, 8, 13] показано, що для вимірювання та контролю ліній та інтервалів еталонних базисів доцільно використовувати двочастотні GPS-приймачі. Під час GPS-спостережень у 2006 та 2009 роках на пунктах Яворівського еталонного лінійного базису використовували двочастотні приймачі фірми Trimble (приймачі Trimble 5700 з антенами Zephyr Geodetic). Спостереження виконувалися з кута висоти супутників над горизонтом вище за 10° з частотою запису вимірів 5 с. Висота антени приймача вимірювалась вертикально від горизонтальної плити пункту до низу (дна) антени з точністю 0,1 мм з трьох сторін по азимуту. Середнє значення висоти антени приймалося для опрацювання GPS-вимірів. Як зазначалося вище, центрування антени на пунктах базису примусове з точністю до 0,2 мм.



Рис. 2. Пункт еталонного базису



Рис. 3. Фазова частина еталонного базису



а б
Рис. 4. Схема еталонного базису (а) та його фазової частини (б)



Рис. 5. Пункти еталонного базису "Ganzkow"



Рис. 6. Вимірювання ліній базису електронним тахеометром Trimble 5601 DR Standart

У 2006 р. тривалість спостережень була різною залежно від величини інтервалу між точками базису. Для найбільшого інтервалу Т19-Т20 виконано дві добові сесії спостережень, для інтервалів Т16-Т17 і Т17-Т19 – дві шестигодинні сесії, для Т14-Т15 і Т15-Т16 – односторонні сесії, а для інтервалів фазової частини базису сесії спостережень тривали 12–15 хв.

У 2009 р. сесії спостережень тривали близько однієї години незалежно від відстані між точками.

Для приведення вимірів до єдиної системи координат вихідний пункт базису Т1 визначався з добових сесій спостережень відносно перманентної станції SULP. Обробка усіх спостережень виконувалася з використанням уточнених ефемерид. Опрацювання GPS спостережень здійснене програмою Trimble Geomatics Office. Результати визначень інтервалів базису з GPS

вимірювань разом з їх значеннями, вимірними прецизійним віддалеміром і електронними тахеометрами у різні роки, наведено у табл. 2.

Аналіз даних табл. 2 показує, що застосування супутникових технологій дає змогу оперативно здійснювати контроль довжин ліній та інтервалів між пунктами еталонного лінійного базису з похибками, меншими за 1 мм. Зауважимо, що ця точність отримана з проміжку часу у шість років та відповідає вимогам щодо точності вимірювань еталонних базисів 2-го розряду. Якщо порівняти дані вимірювань GPS-приладами та тахеометрами за 2006 і 2009 роки окремо за кожен рік, тоді бачимо, що різниці у довжинах ліній становлять не більше за 1 мм. Такі отримані результати свідчать про високу стабільність планового положення трубчастих центрів базису з часом.

Таблиця 2

Результати вимірювання довжин інтервалів базису

Інтервали	Віддалемір ПЛД-1М 2003 р.	GPS Trimble 5700 2006 р.	Тахеометр ET Trimble 5601DR		Тахеометр Leica TCR 2009 р.	GPS Trimble 5700 2009 р.	Різниця 2009 /макс. різниці
			2006 р.	2007 р.			
1-2	4,9820	4,9821	4,9816	4,9820	4,9824	4,9824	0,0/0,8
2-3	5,5464	5,5462	5,5469	5,5465	5,5456	5,5458	0,2/1,3
3-4	4,5031	4,5029	4,5031	4,5029	4,5029	4,5025	0,4/0,6
4-5	1,0052	1,0052	1,0046	1,0049	1,0054	1,0057	0,3/1,1
5-6	0,9984	0,9984	0,9982	0,9981	0,9983	0,9980	0,3/0,4
6-7	0,9939	0,9939	0,9943	0,9941	0,9943	0,9952	0,9/1,3
7-8	0,9960	0,9960	0,9954	0,9957	0,9958	0,9955	0,3/0,6
8-9	1,0028	1,0028	1,0036	1,0029	1,0035	1,0038	0,3/1,0
9-10	0,9956	0,9956	0,9955	0,9954	0,9945	0,9941	0,4/1,5
10-11	1,0000	1,0000	0,9993	1,0001	1,0002	1,0006	0,4/1,3
11-12	0,9984	0,9984	0,9994	0,9986	0,9993	0,9986	0,7/1,0
12-13	1,0009	1,0009	1,0002	1,0005	1,0004	1,0001	0,3/0,8
13-14	1,0085	1,0085	1,0083	1,0082	1,0071	1,0078	0,7/1,4
14-15	104,6327	104,6324	104,6318	104,6321	104,6318	104,6320	0,2/0,9
15-16	110,3288	110,3290	110,3291	110,3290	110,3310	110,3301	0,9/2,2
16-17	349,3760	349,3763			349,3746	349,3752	0,6/1,7
17-19	540,7750	540,7749			540,7759	540,7749	1,0/1,0
19-20	1129,7672	1129,7674			1129,7665	1129,7671	0,6/0,9

Висновки

На підставі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

– на Яворівському науковому геодезичному полігоні створено багатофункціональний еталонний лінійний геодезичний базис для метрологічної атестації сучасних і традиційних геодезичних приладів та високоточних експериментальних досліджень;

– розроблено експериментальний метод оперативного контролю лінійних інтервалів базису на основі GPS вимірювань, який забезпечує точність до 1 мм;

– підтверджена стійкість трубчастих центрів базису впродовж тривалого часу;

– Яворівський еталонний базис є метрологічним об'єктом, на якому систематично проводиться метрологічна атестація і перевірка лінійних геодезичних приладів підприємств різної форми власності західного регіону України.

Література

1. ГОСТ 8.503-84 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения длин в диапазоне 24–75000 м.

2. Державна науково-технічна програма розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003–2010 рр. – Постанова Кабінету Міністрів України від 16 січня 2003 р. – № 37.
3. РТМ 68-8.12-85. Общие технические требования к образцовым базисам для контроля геодезических дальномеров. – Утвержден ГУГК 13.03.1985 г. – М.: ЦНИИГАиК, 1985.
4. Тревого И.С. О построении образцовых базисов и эталонировании светодальномеров группы “Т” // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. – Л., 1990. – Вып. 52. – С. 75–79.
5. Тревого И.С. Контроль интервалів взірцевих базисів прецизійними світловіддалемірами GPS-методом // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва в Україні. – Л., 1996. – С. 71–72.
6. Тревого И.С., Костецька Я.М. Проблема метрологічного забезпечення віддалемірних вимірів в Україні // Вісник геодезії та картографії. – 1997. – № 1(7). – С. 61–66.
7. Тревого И.С. Взірцеві базиси для еталонування світловіддалемірів // Вісник геодезії та картографії. – 1998. – №1. – С. 39–45.
8. Тревого И.С., Костецька Я.М. Точність і ефективність вимірювання взірцевих базисів в сучасних умовах із застосуванням GPS // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Ліга-Прес, 2000. – С. 169–174.
9. Тревого И.С., Савчук С.Г., Костецька Я.М. [та ін.] Проблеми створення та перспективи оптимального використання наукового геодезичного полігона // Вісник геодезії та картографії. – 2001. – № 3. – С. 35–41.
10. Тревого И.С., Савчук С.Г., Денисов О.М. [та ін.] Новий взірцевий геодезичний базис // Вісник геодезії та картографії. – 2004. – № 1. – С. 12–17.
11. Тревого И.С., Савчук С.Г., Денисов О.М. Новий взірцевий геодезичний базис для метрологічної атестації лінійних приладів // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS-технології. – Алушта, 2004. – С. 92.
12. Тревого И.С., Савчук С.Г., Денисов О.М. Науковий геодезичний полігон для метрологічної атестації лінійних приладів та технологій // Зб. наук. праць “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”. – Львів, 2005. – С. 33–42.
13. Тревого И.С., Денисов О.М., Віват О.М. Створення та еталонування Яворівського взірцевого лінійного геодезичного базису із застосуванням новітніх технологій // Зб. наук. праць “Метрологія та вимірювальна техніка”. – Харків, 2006. – Т. 2. – С. 87–91.
14. Тревого И.С., Денисов О.М. Контроль стабільності інтервалів взірцевого геодезичного базису // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Л., 2007. – Вип. 69. – С. 60–63.
15. Тревого И. Геодезический полигон для метрологической аттестации приборов и апробации технологий // Геопрофи. – М., 2009. – № 4. – С. 6–12.
16. Тревого И., Друзюк В., Савчук С. Сучасний досвід науково-технічного метрологічного забезпечення геодезичних вимірювань // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS-технології. – Алушта, 2009. – С. 59.

Еталонний геодезичний базис оригінальної конструкції

И. Тревого, О. Денисов, И. Цюпак,
В. Гегер, В. Тимчук

Обґрунтовується необхідність збільшення кількості еталонних базисів на теренах України для атестації та перевірки сучасних геодезичних інструментів, а також технологій лінійних вимірювань. Для вирішення завдань метрологічної атестації сучасних геодезичних приладів упродовж останніх 13–14 років був створений новий багатофункціональний (Яворівський) науковий геодезичний полігон (НПП). Складовою частиною Яворівського НПП є еталонний геодезичний базис, що призначений для виконання атестації та перевірки світловіддалемірів, електронних тахеометрів, лазерних рулеток, GPS приймачів, традиційних геодезичних інструментів і технологій лінійних вимірювань.

Описані конструктивні особливості збудованого еталонного базису 2-го розряду. Наведені результати його метрологічних атестацій з 2003 до 2009 рр. прецизійним лазерним віддалеміром, високоточними електронними тахеометрами та GPS-вимірами. Зроблені висновки, що пункти еталонного базису є стабільними, базис відповідає нормативній точності й успішно використовується для тестування геодезичних приладів. Розроблено метод метрологічного контролю ліній еталонного базису на основі супутникових технологій, який забезпечує точність визначення їх довжин ≤ 1 мм.

Еталонный геодезический базис оригинальной конструкции

И. Тревого, А. Денисов, И. Цюпак,
В. Гегер, В. Тимчук

Обосновывается необходимость увеличения количества эталонных базисов в Украине для

аттестации и поверок современных геодезических инструментов, а также технологий линейных измерений. Для решения задач метрологической аттестации современных геодезических приборов на протяжении последних 13–14 лет был создан новый многофункциональный (Яворовский) научный геодезический полигон (НГП). Составной частью Яворовского НГП является эталонный геодезический базис, который предназначен для выполнения аттестации и проверки светодальномеров, электронных тахеометров, лазерных рулеток, GPS приемников, традиционных геодезических инструментов и технологий линейных измерений.

Описаны конструктивные особенности построенного эталонного базиса 2-го разряда. Приведены результаты его метрологических аттестаций с 2003 по 2009 г. прецизионным лазерным светодальномером, высокоточными электронными тахеометрами и GPS-измерениями. Сделаны выводы, что пункты эталонного базиса являются стабильными, базис отвечает нормативной точности и успешно используется для тестирования геодезических инструментов. Разработан метод метрологического контроля линий эталонного базиса на основании спутниковых технологий, который обеспечивает точность их длины ≤ 1 мм.

Standard geodesic base of original construction

I. Trevoho, A. Denisov, I. Tsyupak,
V. Heger, V. Timchuk

The necessity of increase of quantity of standard bases on walking of life Ukraine for attestation and check of modern geodesic instruments, and also technologies of the linear measuring. For the decision of tasks of metrology attestation of modern geodesic devices on extent of the last 13–14 years a new multifunction (Yavorovskij) scientific geodesic ground was created (SGG). Component part of Yavorovskij SGG there is a standard geodesic base, that intend for implementation of attestation and check of light-range, electronic tacheometers, laser roulettes, GPS receivers, traditional geodesic instruments and technologies of the linear measuring.

Describe structural features of build standard base 2-th digit. Lead results of his metrology attestations with 2003 on 2009 y. precise to the laser range, high-precise electronic tacheometers and GPS-measurements. Done inferences, that points of standard base are stable, the base answers a normative exactness and successfully uses for testing geodesic devices. The method of metrology control of lines develops standard base on the basis of satellite technologies, which secures exactness of determination of their lengths ≤ 1 mm.

IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ “НАЦІОНАЛЬНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ – 2010”

Державна служба геодезії, картографії та кадастру, Інститут географії НАН України, Українська картографічна асоціація проводять 30 вересня – 1 жовтня 2010 р. IV Всеукраїнську науково-практичну конференцію “Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку” (Національне картографування – 2010).

Мета конференції – ознайомлення із сучасними досягненнями картографічної науки та виробництва, розширення контактів між фахівцями, окреслення завдань картографії у сучасних умовах та на перспективу.

Тематика конференції

- Національна інфраструктура геопросторових даних.
- Дистанційне зондування Землі.
- Тематичне та атласне картографування.
- Географічні інформаційні системи (цифрова картографія, картографічна інформація у мережі Інтернет, цифрові карти в навігації, навігаційні системи).
- Авторське право в картографії.
- Історія картографії.