

ОСОБЛИВОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ ЕТАЛОННИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ БАЗИСІВ

І. Тревого, І. Цюпак

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: еталонний лінійний базис, робочі еталони, електронні тахеометри, GNSS-технологія.

Постановка проблеми

Перевірка точності геодезичних приладів для лінійних вимірів виконується на робочих еталонах. Робочими еталонами є лінійні геодезичні базиси 1-го і 2-го розрядів [5]. Точність еталонів відповідно $\delta \leq \pm(0.6 + 1 \times 10^{-6} \cdot D)$ мм і $\delta \leq \pm(1 + 1 \times 10^{-6} \cdot D)$ мм, де D – довжина лінії базису, мм. Точність сучасних геодезичних приладів зростає, і необхідно забезпечити, щоб точність еталонних лінійних базисів була кращою щонайменше у три рази, порівняно із засобами вимірювальної техніки, які тестуються. Метрологічну атестацію еталонного базису можна виконувати або базисним комплектом інварних дротів [1], або комплектом (з двох–трьох) відібраних високоточних фазових лазерних віддалемірів [1], або пристроєм підвищеної точності, до якого входить прецизійний лазерний віддалемір ПЛД-1М [2], або застосуванням GPS/GNSS-технології за спеціальною методикою [3]. Для вимірювання інтервалів базису можна використовувати інтерферометри [5]. Зазначимо, що нині метрологічну атестацію лінійних базисів найчастіше виконують тестованими високоточними електронними тахеометрами або прецизійним віддалеміром ПЛД-1М.

Аналіз виміряних довжин ліній еталонного геодезичного базису високоточними електронними тахеометрами протягом багатьох років, особливо останніх трьох (2011–2013 рр.), дав змогу виявити характерні їх відмінності порівняно з еталонними. Ці різниці зростають з довжиною лінії (більшою за 100–200 м) на величину, що перевищує середні квадратичні похибки вимірювань або точність приладу, зазначену в інструкції електронного тахеометра, що оцінюється з рівняння регресії. Особливо відчутні різниці у виміряних лініях довжиною 1000–2000 м, тут вони можуть досягати 4–6 мм. Якщо у тих самих умовах виконати відповідної тривалості спостереження GPS/GNSS [8], то визначена лінія завдовжки 2260 м відрізняється від еталонної або виміряної прецизійним лазерним віддалеміром ПЛД-1М на 1–1,5 мм.

Мета статті – дослідити величину цієї різниці і виявити її причини або природу.

Виклад основного матеріалу

Похибки вимірювання довжин ліній лазерними віддалемірами

Похибки фазових віддалемірів такі [7]: вимірювання різниці фаз, циклічна, основної модульованої частоти, робочої швидкості світла, приладової поправки, за вплив атмосфери. Також на точність вимірю-

вання ліній впливають похибки за центрування віддалеміра та відбивача, зведення ліній до горизонту віддалеміра, за середню рефракцію і кривину Землі.

Усі зазначені похибки і поправки поділяють на незалежні від вимірюваної віддалі та ті, що зростають з віддаллю. У разі виконання вимірювань електронними тахеометрами участь спостерігача мінімальна і практично не впливає на точність вимірювань, а похибки приладу оцінює і забезпечує виробник на певному рівні, що відзначається його якісними характеристиками і вартістю.

Враховуючи усі похибки, точність вимірювання віддалей лазерними віддалемірами подають у вигляді рівняння регресії

$$m = \pm(a + b \cdot 10^{-6} \cdot D), \quad (1)$$

де a і b – залишкові похибки, що об'єднують відповідно похибки незалежні й залежні від довжини лінії. Ці коефіцієнти набувають значення залежно від точності приладу, як правило, від 0,5 до 5 мм. Якщо не визначається середня квадратична похибка вимірювання лінії, то вважається, що лінія виміряна з похибкою, яку можна оцінити згідно з формулою (1). Середню квадратичну похибку виміряної віддалі обчислюють за багаторазовими вимірюваннями з кількох прийомів [7].

Віддалі, виміряні електронним тахеометром

У виміряні віддалі вводиться поправка за сталу приладу, виправляються за вплив атмосфери і такі значення виводяться на екран електронного тахеометра як похили. Зазначимо, що різні фірми-виробники електронних тахеометрів застосовують дещо різні формули (моделі) для обчислення поправки за атмосферний вплив, але їх різниця, за звичайних погодних умов, як правило, близько 1 мм.

Для виведення горизонтальної відстані її значення, як похилої, виправляється за нахил візирної лінії, за середню рефракцію і кривину Землі. З метою використання виміряної лінії під час тахеометричного знімання, а також для обчислення координат пункту у плоскій системі координат в проекції, наприклад, Гаусса–Крюгера необхідно ввести ще дві поправки, а саме:

- 1) за висоту над еліпсоїдом;
- 2) за проекцію на площину Гаусса–Крюгера.

Метрологічна атестація ліній еталонного геодезичного базису

Для еталонування геодезичних приладів необхідно знати з високою точністю відстані між пунктами базису та відстежувати їх можливі зміни з часом. Дослідження, що аналізуються у цій роботі, здійснено на Яворівському еталонному лінійному базисі [4]. Першу метрологічну атестацію цього еталонного

базису виконали у 2003 р. фахівці ННЦ “Інститут метрології” (м. Харків) пристроєм підвищеної точності з прецизійним лазерним віддалеміром ПЛД-1М. Його точність становить 0,1 мм. Остаточні значення ліній, виміряні з пункту Т1 до усіх пунктів базису, отримали із середніми квадратичними похибками 0,2–0,5 мм.

Подальша метрологічна атестація еталонного базису виконувалася періодично через 2–3 роки, а з 2009 р. – щорічно наземними і супутниковим GPS/GNSS методами. За цей період нагромаджено велику кількість рядів вимірів довжин ліній еталонного лінійного базису. На основі аналізу рядів метрологічної атестації еталонного геодезичного базису за 2003–2009 рр. показано [6], що можна виконувати точні вимірювання ліній і застосовуючи технологію GPS/GNSS. Також досліджено зміни похибок визначення довжин ліній від тривалості сесії GPS/GNSS-спостережень [8].

Отже, метрологічну атестацію базису можна виконувати не тільки віддалемірами, але й приладами, що базуються на іншій технології вимірювань відстаней, наприклад, на основі GPS/GNSS-спостережень. Це важливо ще й тому, що на остаточний результат віддалемірних вимірів істотно впливає зовнішнє середовище, особливо рефракція у приземному шарі атмосфери. Вздовж вимірюваних ліній може змінюватися підстильна поверхня та висота променя над нею, що призводить до зміни показника заломлення на шляху променя за нелінійним законом, і це явище не моделюється. Під час супутникових вимірювань вплив тропосферної рефракції доволі добре моделюється за вимірами метеоданих у пункті спостереження. До того ж у програмах опрацювання GPS/GNSS-спостережень передбачено можливість зменшувати залишкові неточності моделі тропосфери, визначаючи разом з координатами пункту параметри цієї моделі, що можливо за достатньої тривалості сесії спостережень і масовості вимірювань.

Моделювання лінійною функцією похибок, не врахованих у виміряних віддальях

Метрологічна атестація сучасних геодезичних приладів (електронні тахеометри, GNSS-приймачі) має такі особливості:

– тестувати потрібно не тільки вимірювальну систему приладу, але й програму для опрацювання вимірів або програму, закладену у прилад для отримання вимірюваної величини;

– технологічне вдосконалення вимірювальної системи змінює засоби і методи контролювання електронних і радіотехнічних приладів.

Для підтримання точності вимірювання ліній необхідно контролювати стабільність частоти віддалеміра, визначати і відслідковувати незмінність сталої віддалеміра. Також відомо, що може існувати дрейф частоти лазера з відстанню до вимірюваної точки. Але ці та зазначені вище похибки вимірів, як сумарні значення, повинні були увійти в коефіцієнти a і b рівняння регресії (1) і не перевищувати залишкових значень похибок.

У цьому випадку метрологічну атестацію довжин ліній еталонного базису виконували різними електронними тахеометрами у різний час. Номінальна

точність вимірювання ліній для кожного з тахеометрів така:

$$1) \text{ Leica TM30} - \pm(0.8 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D) \text{ мм};$$

$$2) \text{ Trimble S8} - \pm(0.6 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D) \text{ мм};$$

$$3) \text{ Leica TCR1201} - \pm(1.0 + 1.5 \cdot 10^{-6} \cdot D) \text{ мм}.$$

У табл. 1 і 2 наведено різниці довжин ліній еталонного базису, виміряні, відповідно, у 2011, 2012 і 2013 роках, порівняно з еталонними.

Таблиця 1

Різниці довжин ліній порівняно з еталонними, мм

Пункти	Leica TM30 05.07.2011	Trimble S8 19.09.2011	Trimble S8 07.2012
T1-T2	-0,1	0,6	–
T1-T3	0,6	1,7	–
T1-T4	-1,1	-0,2	–
T1-T5	-1,7	0,0	–
T1-T6	-0,6	0,1	–
T1-T7	-0,3	0,4	–
T1-T8	0,5	1,3	–
T1-T9	0,5	1,3	–
T1-T10	-1,3	-0,7	–
T1-T11	-0,8	-0,2	–
T1-T12	-0,7	-0,4	–
T1-T13	-0,4	0,0	–
T1-T14	-0,9	-0,1	-0,8
T1-T15	-1,5	-0,6	-1,6
T1-T16	-1,1	-0,5	-1,1
T1-T17	1,8	3,0	0,2
T1-T20	-4,6	-4,1	5,1

У табл. 1 і 2 помітна тенденція зростання абсолютного значення похибок вимірювань зі збільшенням довжини лінії, починаючи від 130–240 м, а це пункти, відповідно Т15 і Т16. Довжина найдовшої лінії еталонного базису (Т1-Т20) 2260 м.

Таблиця 2

Різниці довжин ліній порівняно з еталонними, мм

Пункти	Leica TCR1201 02.07.2013	Trimble S8 17.07.2013	Trimble S8 12.12.2013
T1-T2	1,9	–	0,3
T1-T3	2,7	0,6	1,7
T1-T4	-0,7	-2,4	-1,0
T1-T5	–	-2,2	-1,1
T1-T6	–	-1,4	-0,8
T1-T7	–	-0,7	-0,2
T1-T8	–	-0,6	-0,3
T1-T9	–	0,1	0,2
T1-T10	–	-1,6	-1,2
T1-T11	–	-1,2	-0,2
T1-T12	–	-1,7	-1,0
T1-T13	–	-0,6	-0,2
T1-T14	-0,4	-2,2	-0,8
T1-T15	-1,0	-3,1	-1,6
T1-T16	-1,7	-4,1	-2,0
T1-T17	-1,0	–	–
T1-T20	2,2	–	–

Враховуючи пропорційне збільшення різниць значень ліній з довжиною між величинами, вимірними електронними тахеометрами, та їх еталонними значеннями, представимо їх лінійною функцією. Здійснено апроксимацію і визначимо параметри (коефіцієнти) цієї лінійної функції. Для цього складемо параметричні рівняння виду

$$\delta D_i + v_i = a + b \cdot D_i, \quad (2)$$

де δD_i – поправка у виміряну віддаль, що дорівнює різниці з протилежним знаком, a і b – коефіцієнти параметричного рівняння, D – виміряна віддаль, v – похибка. Систему рівнянь виду (2) розв’яжемо методом найменших квадратів для кожного ряду вимірювань із табл. 1 і 2. У табл. 3 наведено отримані коефіцієнти a і b , визначені з розв’язку системи рівнянь виду (2) та їх оцінку точності (μ – середня квадратична похибка (с.к.п.) залишкових відхилень) різниць, наведених в табл. 1 і 2.

Порівнюючи визначені й паспортні значення коефіцієнтів рівняння, бачимо, що коефіцієнт a , який характеризує систематичний зсув або похибку приладу, практично однаковий з паспортним (із врахуванням оцінки точності визначення). Але коефіцієнт b , який характеризує похибки, залежні від довжини лінії, суттєво відрізняється. При цьому допустити, що дрейф частоти сигналу лазера і справді так значно змінюється, при сучасних технологіях неможливо. Тим більше, що прилади нові й тестовані.

Таблиця 3

Визначені коефіцієнти лінійної функції

Тахеометр/ Рік вимірів	$a \pm m_a$, мм	$b \pm m_b$, мм	μ , мм
LeicaTM30 2011	0,4±0,3	$1,6 \times 10^{-06} \pm 4,8 \times 10^{-07}$	±1,1
Trimble S8 2011	-0,4±0,3	$1,7 \times 10^{-06} \pm 5,3 \times 10^{-07}$	±1,2
Trimble S8 2012	1,5±0,3	$-2,9 \times 10^{-06} \pm 2,7 \times 10^{-07}$	±0,5
Leica TCR1201 02.07.2013	0,05±0,71	$-7,4 \times 10^{-07} \pm 8,6 \times 10^{-07}$	±1,8
Trimble S8 17.07.2013	0,9±0,3	$1,4 \times 10^{-05} \pm 3,8 \times 10^{-06}$	±0,9
Trimble S8 12.12.2013	0,2±0,2	$8,4 \times 10^{-06} \pm 3,1 \times 10^{-06}$	±0,7

Розглянемо докладніше визначення параметрів лінійної функції, здійснених за даними вимірювань 17.07.2013 р. Тут виміри виконували від пункту Т2 базису до пунктів Т3, Т4, ..., Т16. Отримано 14 вимірних ліній від однієї точки (Т2). Цього ж дня виконувалися вимірювання тим самим приладом від точки Т14 до усіх тих самих пунктів. Маючи ще один масив вимірів, визначимо значення коефіцієнтів лінійної функції ще раз, щоб виваженіше зробити висновки про похибку, яка лінійно змінюється з віддаллю. Вільні члени параметричних рівнянь і залишкові відхилення наведемо у табл. 4. Для отриманого розв’язку с.к.п. одиниці ваги $\mu = 0,98$ мм. Визначені коефіцієнти наведемо у табл. 5.

Таблиця 4

Параметричні рівняння

№	l , м	v , м
1	0,0000	0,0006
2	0,0005	0,0001
3	-0,0002	0,0008
4	0,0015	-0,0009
5	0,0008	-0,0001
6	0,0007	0,0000
7	-0,0002	0,0009
8	-0,0005	0,0012
9	-0,0002	0,0009
10	0,0024	-0,0018
11	0,0009	-0,0001
12	0,0020	-0,0006
13	0,0038	-0,0016
14	0,0041	0,0007

Таблиця 5

Визначені коефіцієнти лінійної функції, мм

Коефіцієнт	Значення	Похибка
a	0,6	0,3
b	$7,7 \times 10^{-6}$	$1,8 \times 10^{-6}$

Зазначимо, що точність визначення коефіцієнта b є кращою, тобто коефіцієнт надійніше визначений, ніж у попередньому випадку, і пояснюється це тим, що не вимірювалася віддаль до пункту Т13 (віддаль від Т14 ~1 м), але натомість виміряна віддаль до точки Т17, котра у 2 рази більша, ніж максимальна віддаль у попередньому наборі. Коефіцієнт, що характеризує лінійну залежність похибки вимірів (функціональну похибку), надійніше визначається за довшими віддальми. Разом з цим, похибка визначення коефіцієнта a практично така сама, але саме значення майже удвічі менше від номінального для цього приладу. До сталої похибки приладу (коефіцієнта a) може додаватися усереднена похибка центрування тахеометра і відбивача в проекції на виміряну віддаль. Похибка центрування пункту, з якого виконано вимірювання, входить у кожну з віддалей, і вона різна для різних пунктів, хоча для кожного з пунктів базису, як випадкова, оцінюється до ±0,2 мм. Для цього приладу для обох наборів вимірних ліній отримані коефіцієнти рівняння регресії суттєво відрізняються від паспортних.

У цьому ж 2013 р. виконано вимірювання ліній еталонного базису іншим електронним тахеометром Leica TCR-1201. Різниця в часі між рядами вимірювань різними приладами – два тижні. Електронним тахеометром Leica TCR-1201 виміряно усі довгі лінії, а також лінії до початкового (Т4) і кінцевого (Т14) пунктів фазової ділянки. Отже, виміряно 8 ліній, і важливо, що за довшими лініями точніше повинен визначатися коефіцієнт b рівняння (2). Результати розв’язку подамо у табл. 3.

Порівнюючи визначені коефіцієнти з паспортними для цього приладу, можемо помітити, що стала похибка приладу a з урахуванням похибки її визначення і усередненою похибкою центрування є відповідною. Але значення похибки, залежної від віддалі, у кілька разів більше, навіть з урахуванням похибки визна-

чення. І це підтверджується для будь-якого набору вимірів і для будь-якого електронного тахеометра.

Аналізуючи причину, зазначимо, що лінійний характер зміни мають похибки за дрейф частоти, за середню рефракцію, кривину Землі та за вплив атмосфери, тобто за атмосферну рефракцію. А саме остання поправка особливо залежить від зовнішніх умов. Отже, використання електронних тахеометрів для метрологічної атестації ліній еталонного базису вимагає одночасно з вимірюваннями визначити похибку, яка змінюється з віддалю. До цього висновку приводить порівняння вимірних ліній базису із еталонними значеннями, отриманими за допомогою прецизійного лазерного віддалеміра ПЛД-1М. Крім цього, лінії базису, визначені із цілодобових GPS/GNSS-спостережень, збігаються з еталонними значеннями ліній у межах близько 1–1,5 мм для усіх довгих ліній (більших за 500 м), включаючи максимальну лінію еталонного базису 2260 м. Лазерні віддалемірні системи електронних тахеометрів дають збіг вимірних довжин ліній з похибками у кілька десятків міліметра для коротких ліній, а починаючи від ліній довжиною 200 м і більших їх похибка швидко зростає, і для лінії у 2260 м може досягати близько 5 мм (табл. 3). Згідно з паспортними даними ця похибка повинна сягати 2–3 мм або менше.

Порівнюючи ці ж виміряні лінії, отримані різними тахеометрами одного класу, маємо різниці (похибки) у лініях у кілька десятків міліметра, навіть для лінії у 2260 м. Отже, похибка дрейфу частоти, напевно, відповідає паспортній або має однаковий дрейф для лазерів з приблизно однаковою довжиною хвилі сигналу, але похибка за вплив атмосфери, яка має також лінійний характер зростання з віддаллю, враховується недостатньо точно. Віддалі, більші за 200 м, виміряні електронними тахеометрами, у теплу погоду завжди коротші від еталонних, тобто вимірних прецизійним лазерним віддалеміром ПЛД-1М або визначених за тривалими сесіями GPS/GNSS-спостережень.

Для виправлення цієї похибки у лініях, довших за 200 м, пропонуємо під час кожної метрологічної атестації ліній еталонного базису одночасно визначити коефіцієнти лінійної функції за мінімальною кількістю вимірних ліній і використовувати їх для введення поправок у всі інші лінії. Згідно з керівними технічними матеріалами, названими РТМ в Росії, мінімальною кількістю ліній для тестування віддалеміра є 4. Якщо взяти чотири лінії, виміряні від початкового пункту до пунктів базису, які впродовж уже 13 років є стабільними з похибкою до $\pm(0,3-0,5)$ мм, то можемо отримати поправку, яку необхідно обов'язково вводити для цього ряду вимірювань у лінії, довші за 200 м. Похибка вимірних ліній – до 0,5 мм. Також зазначимо, що в сучасних електронних тахеометрах поправка за атмосферний вплив вводиться під час обчислення похилої відстані, а при приведенні до горизонту приладу також вводиться поправка за середню рефракцію і кривину Землі. Оскільки останні два явища більше впливають на результати нівелювання, ніж на вимірювання віддалей, то їх вплив проявляється при точних лінійних вимірюваннях на довгих лініях (> 500 м).

Результати дослідження

Для підтвердження зроблених висновків наведемо деякі з багатьох наших результатів досліджень. Для масиву вимірів, здійснених 17.07.2013 р. (табл. 2), вибрано чотири рівняння (лінії), номери яких показані у першому стовпці табл. 6.

Таблиця 6

Параметричні рівняння (тахеометр Trimble S8)

№	l , м	v , м
2	0,0024	-0,0011
7	0,0000	0,0013
13	0,0037	-0,0003
14	0,0052	0,0001

Середня квадратична похибка одиниці ваги $\mu = 0,9$ мм, визначені коефіцієнти подамо у табл. 7.

Таблиця 7

Визначені коефіцієнти лінійної функції з чотирьох рівнянь, мм

Коефіцієнт	Значення	Похибка
a	0,4	0,7
b	$4,3 \times 10^{-6}$	$5,1 \times 10^{-6}$

У табл. 8 покажемо різниці між вимірними і еталонними значеннями довжин ліній та залишкові похибки після визначення коефіцієнтів лінійної функції за усіма 14 лініями і введеними поправками, визначеними за 4 лініями.

Таблиця 8

Різниця між вимірними й еталонними лініями та залишкові похибки після введення поправок, м

№	$D_{\text{вим}} - D_{\text{етал}}$	v із 14 рівнянь	v із 4 рівнянь
1	0,0005	0,0016	0,0017
2	-0,0024	-0,0012	-0,0011
3	-0,0023	-0,0011	-0,0010
4	-0,0015	-0,0003	-0,0002
5	-0,0008	0,0004	0,0005
6	-0,0007	0,0005	0,0006
7	0,0000	0,0013	0,0013
8	-0,0017	-0,0004	-0,0003
9	-0,0013	0,0000	0,0001
10	-0,0018	-0,0004	-0,0004
11	-0,0007	0,0006	0,0007
12	-0,0023	-0,0010	-0,0009
13	-0,0037	-0,0003	-0,0003
14	-0,0052	0,0002	0,0001

Зазначимо, що залишкові відхилення необхідно трактувати як сумарну похибку проєкції центрування і редукції двох пунктів (один з яких початковий) у кожну лінію.

Висновки

З аналізу отриманих результатів зробимо такі висновки:

1) похибки вимірювання ліній електронними тахеометрами зростають пропорційно до довжини лінії та починаючи від 200 м перевищують задекларовану в паспорті приладу точність;

2) можливі причини виникнення похибки – дві: вплив атмосфери і дрейф частоти сигналу (за умови введення поправок за середню рефракцію і кривину Землі в лінії завдовжки від 500 м);

3) найімовірнішою похибкою є недостатня точність моделі рефракції, закладена у програмах електронних тахеометрів.

Література

1. Базисы эталонные. Методика поверки // МИ БГЕИ 40-03. – М., 2003. – www.OpenGost.ru/
2. Друзюк В. Сучасні геодезичні прилади і технології: науково-технічне метрологічне забезпечення / В. Друзюк, А. Мазур, І. Тревого, І. Цюпак // Метрологія та прилади. – 2010, № 3. – С. 19–26.
3. Патент на корисну модель № 83876 “Спосіб визначення довжин ліній еталонного геодезичного базису”. – Зареєстровано 10.10.2013 / О.І. Ванчура, І.С. Тревого, І.М. Цюпак, Г.Т. Шевченко, Т.Г. Шевченко // Бюллетень ДП “УПВ” № 19. – 2013.
4. Тревого І. Еталонний геодезичний базис оригінальної конструкції / І. Тревого, О. Денисов, І. Цюпак, В. Гегер, В. Тимчук // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2010. – Вип. 1(19). – С.43–49.
5. Тревого І.С. Стан і проблеми метрологічного забезпечення лінійних вимірювань в Україні / І.С. Тревого, В.С. Купко, О.Л. Костріков, І.М. Цюпак // Матер. V Міжнар. наук.-практ. конф. “Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні”, м. Ужгород, 28–30 жовтня 2010 р. – Ужгород. – 2010. – С.6–11.
6. Тревого І.С. Еталонний геодезичний базис: аналіз результатів і нова атестація / І.С. Тревого, І.М. Цюпак, В. Гегер // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – 2011. – Вип. I (21). – С.65–68.
7. Тревого И.С. Городская полигонометрия / И.С. Тревого, П.М. Шевчук. – М.: Недра, 1986. – 200 с.
8. Цюпак І.М. Точність визначення координат пунктів і довжин ліній за сесіями GPS-спостережень різної тривалості // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Вид-во Нац.

ун-ту “Львівська політехніка”. – 2012. – Вип. I (23). – С.57–59.

Особливості метрологічної атестації еталонних геодезичних базисів

І. Тревого, І. Цюпак

Досліджено похибку вимірювання ліній електронними тахеометрами на еталонному лінійному базисі. Виявлено додаткову похибку, яка зростає з відстанню. При точних вимірах поправку необхідно враховувати для ліній, довших за 200 м. Вважається, що похибка, ймовірно, викликана недостатньою точністю врахування атмосферної поправки. Пропонується підхід для визначення поправки під час метрологічної атестації еталонного базису.

Особенности метрологической аттестации эталонных геодезических базисов

И. Тревого, И. Цюпак

Исследуются погрешности измерения линий электронными тахеометрами на эталонном линейном базисе. Из исследований обнаружена дополнительная погрешность, которая возрастает с расстоянием. При точных измерениях поправку необходимо учитывать для линий длиннее 200 м. Предполагается, что погрешность вызвана недостаточной точностью учета атмосферной поправки. Предлагается подход для определения поправки при метрологической аттестации эталонного базиса.

Features metrological certification standard geodetic bases

I. Trevoho, I. Tsyupak

Investigates measurement error lines tachometers on the reference linear basis. Study found an additional error, which increases with distance. With precise measurements necessary to consider an amendment to the lines longer than 200 m is assumed that the error probably caused by insufficient accuracy of accounting atmospheric correction. The approach to the correction in the reference basis of metrological certification.



GEOSummit
Messe und Kongress
für Geoinformation
Bern, 3. bis 5. Juni 2014

3–5
червня
2014 р.

Конференція відбудеться
у м. Берн (Швейцарія)

<http://www.geosummit.ch>