

ДО ПИТАННЯ ЕТАЛОНУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТРИГОНОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ

Тарас Радьо

Український державний лісотехнічний університет

(Львів, Україна)

Проблема еталонування результатів тригонометричного нівелювання (ТН) - це приведення всіх даних ТН до початку прийнятої системи відліку висот (ППСВВ) в тій чи іншій країні, або співдружності держав [3,4,5]. Проблема еталонування ТН полягає в тому, щоб місце нуля (М0) і місце zenіту (Мz) будь-якої точки краєвої поверхні Землі, а також перевищення і висоти точок, були приведені до ППСВВ.

Нехай в ППСВВ (для країн СНД - Балтійська система висот) сила притягання, відцентрова сила і прискорення вільного падіння (ПВП) будуть відповідно \bar{F}_0 , \bar{Q}_0 і \bar{g}_0 . При пересуванні на краєвій поверхні планети, обертання Землі і рельєф її поверхні сприяють зміні \bar{F}_0 , \bar{Q}_0 і \bar{g}_0 на $\pm \Delta \bar{F}_n$, $\pm \Delta \bar{Q}_n$ і $\pm \Delta \bar{g}_n$ [3,5].

Кутова величина відхилення \bar{g}_n від $\bar{g}_0 - \zeta''$ (відхилення вискової лінії (ВЛ) для будь-якої паралелі Землі) буде визначатися за формулою [5]:

$$\zeta'' = \pi \cdot \frac{\rho''}{10^7} \cdot H_n^* \cos \varphi_n \quad (1)$$

де: H_n^* - висота горизонту приладу станції ТН; $\rho'' = 206265''$.

З формули (1) бачимо, що відхилення ВЛ ζ'' зростає з висотою точки місцевості і висотою приладу, на якій проводиться ТН.

Так, наприклад, на екваторі Землі, для:

для $H_n = 100$ м - $\zeta_n'' \approx 6,48$; $H_n = 1000$ м - $\zeta_n'' \approx 64,80$;

$H_n = 3000$ м - $\zeta_n'' \approx 194,40$; $H_n = 5000$ м - $\zeta_n'' \approx 324,00$.

В процесі ТН МО і кути нахилу ліній α , зенітні відстані z і Mz визначаються за різними формулами, залежними від типів теодолітів і підписів поділок на їх вертикальних кругах [1,2].

Еталоновані (МО)' і (Mz)' визначені вздовж ліній, розміщених в східній зоні, з

$H_n^* > 0$, будуть визначатися за формулами:

$$(MO)' = MO - \zeta \sin A ; \quad (2)$$

$$(Mz)' = Mz + \zeta \sin A ;$$

а для $H_n^* < 0$:

$$(MO)' = MO + \zeta \sin A ; \quad (3)$$

$$(Mz)' = Mz - \zeta \sin A .$$

Еталоновані (МО)' і (Mz)' визначені з використанням точок, розміщених в західній зоні з $H_n^* > 0$, будуть визначатися за формулами:

$$(MO)' = MO + \zeta \sin A ; \quad (4)$$

$$(Mz)' = Mz - \zeta \sin A ;$$

а для $H_n^* < 0$:

$$(MO)' = MO - \zeta \sin A ;$$

$$(Mz)' = Mz + \zeta \sin A . \quad (5)$$

Відповідно еталоновані кути нахилу α'_n і зенітні відстані Z'_n ліній будуть:

$$\alpha'_n = (КП)_n' - (МО)_n' = (МО)_n' - (КЛ)_n' ; \quad (6)$$

та

$$Z_n' = (KЛ)_n' - (Mz)_n' = (Mz)_n' - (КП)_n';$$

де $(КП)'$, $(КЛ)'$ - середні відліки з вертикального круга теодоліта.

Для $30''$ теодолітів враховувати $(МО)'$ стає реальним, коли $\zeta_n'' \geq 30''$, а саме при ТН на місцевості з абсолютними висотами більше 400 м, тобто при виконанні топографічних знімачь з використанням ТН в передгірських і гірських районах. Для $5'' \div 10''$ теодолітів враховувати $(Mz)'$ необхідно коли $\zeta_n'' \geq 5'' \div 10''$, а саме при ТН на місцевості з абсолютними висотами більше 100 м, тобто на пунктах триангуляції, трилатерації і полігонометрії, де використовується ТН рівнинної і гірської місцевостей.

В окремій точці вплив відхилення ВЛ на перевищення слідуєчих точок, отриманих ТН, залежить від факторів: 1) висоти розміщення приладу над ППСВВ; 2) широти даної точки; 3) горизонтального прокладання лінії; 4) напряму даної лінії [5].

Як відомо, перевищення отримане ТН в топографічних зніманнях визначається за формулою [1].

$$h \approx d \cdot \operatorname{tg} \alpha + b - v \quad (7)$$

де: d - горизонтальне прокладання лінії; α - кут нахилу лінії;

i - висота приладу; v - висота візування на рейці.

Визначення перевищень $H_2 - H_1$ на пунктах триангуляції проводиться за формулами [2]:

$$H_2 - H_1 \approx S \cdot \operatorname{ctg} z_1 + \frac{1-k}{2k} S^2 + i_1 - l_2; \quad (8)$$

і

$$H_2 - H_1 \approx S \cdot \operatorname{tg} \frac{z_2 - z_1}{2} + \frac{S^2}{2R} \cdot \frac{k_2 - k_1}{2} + \frac{i_2 + l_1}{2} - \frac{i_1 + l_2}{2}; \quad (9)$$

де: H_2 і H_1 - абсолютні висоти точок; i_1 , i_2 - висоти приладу в 1 і 2 пунктах; l_1 , l_2 - висоти сигналів в 1 і 2 пунктах;

S - відстань між пунктами на геоїді; R - радіус Землі;

z_1 , z_2 - зенітні відстані в даних пунктах; k_1 , k_2 - коефіцієнти

вертикальної рефракції в пунктах 1 і 2.

Виходячи з формул (7), (8) і (9), поправки еталонування перевищень отриманих ТН в топографічних зніманнях $\Delta h'$ і в триангуляції $\Delta H'$ будуть визначатися за формулами:

$$\Delta h' \approx d \cdot \frac{\zeta'' \cdot \sin A}{206265''}; \quad (10)$$

$$\Delta H' \approx S \cdot \frac{\zeta'' \cdot \sin A}{206265''}; \quad (11)$$

Вирахування $\Delta h'$ і $\Delta H'$ показують, що для:

$$H_n = 1000 \text{ м (тобто } \zeta_n'' \approx 64,80) - \Delta h' = \pm 12,6 \text{ см, а}$$

$$\Delta H' = \pm 9,43 \text{ м, при } d=400 \text{ м і } S=30 \text{ км;}$$

В процесі польових спостережень ТН візування у прямому і зворотньому напрямках однієї лінії дає різні величини поправок еталонування. Вирахування $H_2 - H_1$ потрібно проводити для кожного напрямку зокрема за формулою (8) і тільки при $H_2 \approx H_1$ за формулою (9).

Наприклад, нехай один пункт триангуляції буде на висоті 1000 м, а другий - 100 м, $S=30$ км на екваторі Землі, відхилення ВЛ першого пункту - $\zeta''=64,80$, а другого - $\zeta''=6,48$. Поправка еталонування перевищення на першому пункті, для східного напрямку лінії - $\Delta H'c = 9,43$ м, а на другому - $\Delta H'c = 0,94$ м. Таким чином, при визначенні $H_2 - H_1$ методом ТН з першої точки на другу (розглянутого вище прикладу) допускається помилка в $H_2 - H_1 \approx -9,4$ м, а з другої на першу, тої самої лінії -

$$H_2' - H_1' \approx 0,9 \text{ м.}$$

Середні значення $H_2 - H_1$ з ТН маємо право вираховувати, знайшовши пряме і зворотнє перевищення лінії і ввівши відповідні поправки еталонування. Висоти геодезичних пунктів, які отримано методом ТН астрономо-геодезичної мережі України та інших держав земної кулі, мають значні складові за відхилення ВЛ від ППСВВ, що вимагає еталонування.

Передусім слід еталонувати неперервну висотну мережу тої чи іншої держави, отриману методом геометричного нівелювання (ГН), опісля частину загальної висотної мережі визначеної методом ТН з врахуванням поправок еталонування результатів ГН вихідних геодезичних пунктів ТН тощо.

1. Машимов М.М. Планетарные теории геодезии.-М.: Недра, 1982.- 262 с.
2. Монін І.Ф. Вища геодезія. - Київ: Вища школа, 1993. - 230 с.
3. Радьо Т.В. Пульсація Землі і її виявлення геодезичним моніторингом / Дел. в УкрНІНТІ, 1994, N 2017. - 351 с.
4. Радьо Т.В. Проблеми фізичної геодезії на пульсуючій Землі. / Ж. Геодезія, картографія та аерофотознімання, 1996, N 57. -с. 74-82.
5. Радьо Т.В. Поправка еталонування геометричного нівелювання./ Дел. в УкрНІНТЕІ.230197, 1997, N 186. - 25 с.