

structure under the influence of external factors and to predict them at a given time. The measurement principle is based on the principle of relative measurements, realized through the displacement finding the displacement between pairs of images from non-metric digital cameras. The displacement of a pair of images is suggested to be determined using a phase correlation algorithm that ensures a high resolution speed and reliability of the results obtained. An experimental stand was prepared and a series of measurements simulating the operation of one element of the optical system was made. Implemented a program for processing a series of images in the programming environment of Matlab using the phase correlation algorithm. The results of the experiment are analyzed, which allows us to conclude that the described method can be successfully implemented in compliance with the requirements for the accuracy of this type of work.

Keywords: *geodetic monitoring, monitoring of buildings, monitoring methods, monitoring of high-rise buildings, video measurement methods, non-metric digital cameras.*

Надійшла до редакції

02.04.2018

УДК 528.48

К.О. Бурак, *д-р техн. наук, професор,*
В.М. Ковтун, *асистент кафедри інженерної геодезії,*
Л.І. Дорош, *аспірант кафедри інженерної геодезії*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТРИГОНОМЕТРИЧНИМ НІВЕЛЮВАННЯМ

У роботі розглянуто можливість використання одностороннього тригонометричного нівелювання під час спостереження за деформаціями споруд. Відзначено, що порівняно з геометричним нівелюванням тригонометричне має ряд переваг, наприклад, відсутність похибок, пов'язаних з встановленням рейок, що під час геометричного нівелювання є одним з основних джерел похибок. На основі результатів досліджень встановлено залежності СКП визначення перевищення між цими точками від віддалі і перепаду висот між станцією стояння і точками, що спостерігаються. Отримані залежності і графіки дають змогу виконати апріорну оцінку точності визначення деформацій споруд.

Наведено залежності і графіки, які дають змогу, задаючись необхідною СКП визначення перевищення та технічними характеристиками приладу, визначити допустимі значення довжини плеч.

Ключові слова: *одностороннє тригонометричне нівелювання, СКП визначення перевищення, деформації споруд.*

© К.О. Бурак, В.М. Ковтун,
Л.І. Дорош, 2018

Вступ. Під час експлуатації інженерних споруд необхідним є проведення високоточного моніторингу за їх деформаціями. В процесі спостережень важливо визначити швидкість і напрямок деформацій, тому суттєве значення має вибір оптимального методу моніторингу.

У час інтенсивного технічного прогресу на вибір методу моніторингу за деформаціями інженерних споруд звертають особливу увагу. Це зумовлено швидким розвитком високоточних приладів та програмних пакетів, які використовують для опрацювання результатів спостережень.

Згідно з чинною настановою [1] завдяки інструментальним спостереженням способами інженерної геодезії виконується моніторинг і спостереження за осіданнями будівель. Першочерговим завданням є забезпечення надійної роботи та перевірки експлуатаційної надійності об'єктів спостереження.

Методи і точність визначення осідань регламентуються нормативним документом [2] та новим проектом державного стандарту [4], які містять посилання на нормативний документ [3] ще 1989 р. видання. В усіх цих документах ідеться про можливість використання тригонометричного нівелювання, проте жодних вказівок щодо методики не наведено.

Аналіз досліджень і публікацій. У публікаціях [5; 6] автори зосередили увагу на причинах виникнення деформацій споруд та на необхідності виконання періодичного моніторингу за станом споруд. На думку авторів, представлено найперспективніші методи моніторингу, а саме: моніторинг конструкцій за допомогою оптико-електронних систем, геодезичний моніторинг за допомогою електронних тахеометрів, використання лазерного сканера для фотограмметричних методів вимірювання, геодезичний моніторинг методом супутникової геодезії з використанням системи навігації GNSS.

У роботі [7] розглянуто способи тригонометричного нівелювання електронним тахеометром. Для суттєвого зменшення впливу рефракції автором запропоновано виконувати тригонометричне нівелювання тахеометром, встановленим посередині між пунктами.

З практики відомо, що моніторинг фундаментів не завжди дає повну картину деформаційних процесів об'єктів, які спостерігають, ця проблема легко вирішується за допомогою наземного лазерного сканування (НЛС) [8; 9].

У статті [6] зазначено, що використання способів, які ґрунтуються на класичних методах геометричного нівелювання, для спостережень за осіданням точок, котрі знаходяться на значних відносно вихідних реперів висотах, є вкрай утрудненим, тому в таких випадках рекомендується використовувати тригонометричне нівелювання.

Постає проблема забезпечення необхідної точності проведених вимірювань. На думку авторів публікації [10], при використанні тригонометричного нівелювання найбільший вплив на точність має горизонтальне прокладення і вертикальний (зенітний) кут.

Постановка завдання. Наукове обґрунтування основних положень методики використання одностороннього тригонометричного нівелювання електронними тахеометрами.

Виклад основного матеріалу. Тригонометричне нівелювання порівняно з класичним геометричним нівелюванням під час спостереження за деформаціями будівель, споруд та технологічного обладнання має ряд переваг:

- можливість одним приладом визначати всі три координати деформаційного знака;
- можливість автоматичного наведення на деформаційні марки, використовуючи роботизований прилад;
- можливість спостережень за точками, розміщеними на значній висоті відносно вихідної реперної основи;
- можливість спостереження точок, розміщених у важкодоступних або навіть у недоступних місцях;
- відсутність рейок, похибки встановлення яких є одними з головних під час геометричного нівелювання, та пов'язане з цим значне зниження трудовитрат під час виконання робіт.

Тому заміна геометричного нівелювання на тригонометричне для забезпечення необхідної точності в багатьох випадках є виправданою.

При односторонньому нівелюванні [11; 12] на пунктах А і В встановлюють тахеометр і відбивач (рис. 1). Вимірюють похилу довжину лінії S, зенітний кут z, висоти відбивача (l) та приладу (i). Перевищення між пунктами обчислюють за формулою (1) [5]:

$$h_{AB} = D * \cos z + i - l + \frac{1-k}{2 * R} (D * \sin z)^2, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт рефракції; D – горизонтальне прокладення; R – радіус Землі.

Відомо, що точність одностороннього тригонометричного нівелювання [10; 11] можна розрахувати за формулою:

$$m_h = \sqrt{(m_D \cos z / \sqrt{2})^2 + (D \sin z m_z / \rho \sqrt{2})^2 + (\frac{D}{2\sqrt{2}R} \sin z m_k)^2 + \frac{1}{2}(m_l^2 + m_v^2)}, \quad (2)$$

де m_D – СКП визначення віддалі; z – зенітний кут візування; m_z – СКП визначення зенітного кута; m_l – похибка визначення висоти приладу; m_v – похибка визначення висоти візирної марки; m_k – похибка визначення коефіцієнта рефракції.

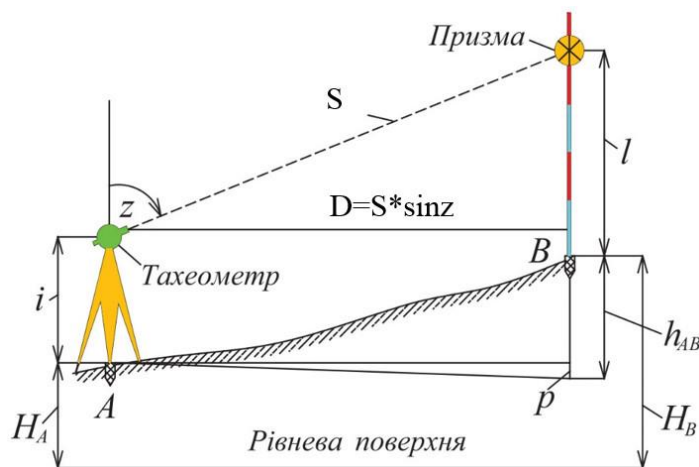


Рис. 1. Схема одностороннього тригонометричного нівелювання

Зважаючи на те, що завданням є визначення взаємного положення точок по висоті, а не визначення їх абсолютної висоти, то останніми двома членами (2) m_1 та m_v можна знехтувати. Через близьке розміщення точок нівелювання вплив земної рефракції на них буде однаковим. З врахуванням цього отримаємо формулу для розрахунку точності тригонометричного нівелювання для розгляданого випадку:

$$m_h = \sqrt{(m_D \cos z / \sqrt{2})^2 + (D \sin z m_z / \rho \sqrt{2})^2}. \quad (3)$$

Завдяки простим геометричним перетворенням знаходимо:

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{h}{D}; \\ z &= 180 - \alpha; \\ \cos(180 - \alpha) &= -\cos \alpha; \\ \cos z &= -\frac{h}{D}, \end{aligned} \quad (4)$$

а також розраховуємо:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \sqrt{1 - (\cos \alpha)^2}; \\ \sin(180 - \alpha) &= \sin \alpha; \\ \sin z &= \sin \alpha = \sqrt{1 - \left(-\frac{h}{D}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{h^2}{D^2}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Підставивши вирази (4) і (5) у формулу (1), отримаємо формулу для розрахунку СКП визначення перевищення, задаючись значеннями віддалі та перепаду висоти:

$$m_h = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(D^2 - h^2) \frac{m_z^2}{\rho^2} + \frac{h^2 m_D^2}{D^2}}. \quad (6)$$

Звідси для максимально досяжної точності (за умови використання високоточних тахеометрів з кутовою точністю $m_z=1''$ та точністю вимірювання віддалі $m_D=2\text{мм}$) формулу (5) можна записати так:

$$m_h = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\frac{D^2 - h^2}{\rho^2} + \frac{(0.002h)^2}{D^2}}. \quad (7)$$

А в разі використання електронного тахеометра з кутовою точністю $m_z=5''$:

$$m_h = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{25 \cdot \frac{(D^2 - h^2)}{\rho^2} + \frac{(0.002h)^2}{D^2}}. \quad (8)$$

Одержані формули (7) і (8) дають змогу побудувати графіки залежності СКП визначення висоти від перевищення та віддалі між станцією і візирною ціллю під час виконання одностороннього тригонометричного нівелювання електронним тахеометром (рис.2).

Через конструктивні особливості будови електронного тахеометра є певні обмеження для взяття вертикальних кутів, які для різних моделей приладів відрізняються, тому авторами накладено обмеження в розрахунках для значень горизонтального прокладення.

З практики відомо, що вертикальний кут, при якому можна виконувати вимірювання, знаходиться в межах $0^\circ - 40^\circ$, такий самий діапазон значень наведено в нормативному документі [2]. Отже, відповідно до технічних

характеристик сучасних електронних тахеометрів мінімальна віддаль візування дорівнює 1,5 м [13], тому:

$$\tan(90 - \text{BK}_{\max}) = \frac{D}{h}; \tag{9}$$

$$h^2 + D^2 = S^2, \tag{10}$$

де BK_{\max} – максимальне значення вертикального кута.

Підставивши вираз (10) у рівність (9) та виконавши ряд простих перетворень, отримаємо мінімальне значення $D=1,15$ м.

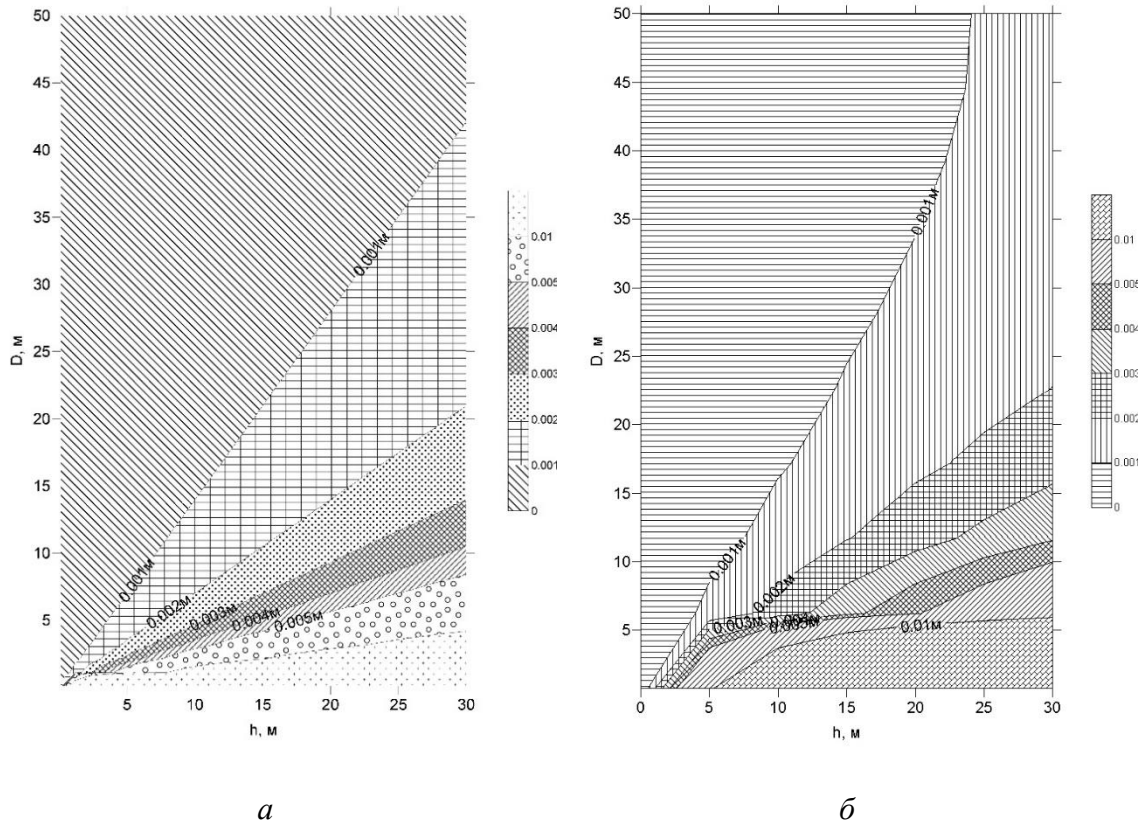


Рис. 2. Графік залежності СКП визначення висоти від перевищення та віддалі між станцією і візирною ціллю:
а – $m_z=1''$, $m_D=2\text{мм}$; *б* – $m_z=5''$, $m_D=2\text{мм}$

Графіки залежностей дозволяють отримати СКП визначення перевищень, отриманих одностороннім тригонометричним нівелюванням, задаючись значеннями точності приладу, різниці висоти станції стояння та точок спостереження, а також горизонтальними прокладеннями (довжиною плеч) до точок, що спостерігаються.

Для прикладу, проаналізувавши графік (рис. 2) (задаючись, наприклад, значеннями $D=25\text{м}$, $h=8\text{м}$, $m_D=2\text{мм}$, $m_z=1''$), отримаємо апріорне значення СКП визначення перевищень навіть – 0,46 мм, а при використанні електронного тахеометра з кутовою точністю $m_z=5''$ і лінійною $m_D=2\text{мм}$ СКП буде становити 0,61 мм.

Попереднє визначення точності вимірювань вертикальних і горизонтальних деформацій виконують залежно від очікуваної величини переміщень, яка встановлюється проектом відповідно до табл. 1 [2].

Допустимі похибки вимірювання переміщень

Розрахункова величина переміщень, передбачених проектом, мм	Допустима похибка вимірювання переміщень для періоду, мм			
	будівельного		експлуатаційного	
	грунти			
	піщані	глинисті	піщані	глинисті
до 50	1	1	1	2
понад 50 до 100	2	1	1	2
понад 100 до 250	5	2	1	2
понад 250 до 500	10	5	2	5
понад 500	15	10	5	10

На підставі визначеної згідно з табл. 1 допустимої похибки встановлюють клас точності вимірювання вертикальних і горизонтальних переміщень підвалин будинків і споруд відповідно до табл. 2.

Таблиця 2

Допустимі похибки вимірювання переміщень залежно від класу точності

Клас точності вимірювань	Допустима похибка при вимірюванні переміщень, мм	
	вертикальних	горизонтальних
I	1	2
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

При відсутності даних про розрахункові величини деформацій основи підвалин клас точності вимірювання вертикальних і горизонтальних переміщень встановлюють так:

I – для будинків і споруд: унікальних, таких, що тривалий час (більш ніж 50 років) перебувають в експлуатації; тих, які зводять на скельних і напівскельних ґрунтах;

II – для будинків і споруд, які зводять на піщаних, глинистих й інших стискуваних ґрунтах;

III – для будинків і споруд, які зводять на насипних, просадкових, заторфованих й інших сильно стискуваних ґрунтах;

IV – для земляних споруд.

Оскільки будівельними нормами [2, табл. 2] регламентовано допустимі похибки вимірювання перевищень залежно від класу точності будівель, постає проблема у забезпеченні необхідної точності з використанням тригонометричного нівелювання, а саме вибору розміщення приладу з огляду на встановлені залежності СКП від D, h (6).

Після нескладних перетворень на основі виразу (6) одержимо формулу для підрахунку допустимої довжини плечей в тригонометричному нівелюванні залежно від потрібної точності вимірювання перевищення на станції m_h і перевищення між станцією і точкою візування h :

$$D = \sqrt{0.5 \cdot h^2 + m_h^2 \cdot \rho''^2 + 0.002 \cdot \sqrt{62500 \cdot h^4 + 250000 \cdot h^2 \cdot m_h^2 \cdot \rho''^2 - h^2 \cdot \rho''^2 + 250000 \cdot m_h^4 \cdot \rho''^4}} \quad (11)$$

Наприклад, для спостереження за деформаційними марками на висоті 8 м задаючись допустимою похибкою II класу точності мінімальна довжина плеча тригонометричного нівелювання має становити 24,343 м.

Висновки

1. У статті запропоновано формулу для розрахунку апріорної оцінки точності одностороннього тригонометричного нівелювання.
2. Встановлена можливість використання електронного тахеометра під час виконання монтажних робіт і спостережень за вертикальними зміщеннями точок.
3. Одержані результати дають змогу розробити оптимальну методику проведення спостережень за осіданням з використанням одностороннього тригонометричного нівелювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *СОУ-Н МЕВ 40.1-00013741-79:2012*: Настанова з проведення спостережень за осіданням фундаментів, деформаціями конструкцій будівель і споруд та режимом підземних вод на майданчиках теплових та атомних електростанцій [Текст]. – Київ: Міненерговугілля, 2013. – Чинна від 27.03.2013.
2. *ДБН В.1.3.-2:2010*: Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві [Текст]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с. – Чинні від 01.09.2010.
3. *ГОСТ 24846-2012* Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200096134>.
4. *ДСТУ Б.В.2.1-XXX:201X*: Грунти. Методи і вимірювання деформацій основ будинків і споруд. – Київ: Мінрегіонбуд України, 201X. – 53 с.
5. *Бондаренко И. Н.* Современные методы мониторинга за техническим состоянием зданий и сооружений в процессе их эксплуатации [Электронный ресурс] / И.Н. Бондаренко, А.В. Мартынов, А.В. Мокасеев // Наука и безопасность. – Режим доступа: <http://www.pamag.ru/prensa/sovremenniy-monitoring>.
6. *Баран П.І.* Геодезичні спостереження за деформаціями об'єкта “Укриття” на Чорнобильській АЕС / П.І. Баран, В.Г. Сушко, О.В. Холодюк, В.Я. Чорнокінь // Вісник геодезії та картографії. – 1999. – № 1. – С. 18–23.
7. *Марущак М.П.* Способи тригонометричного нівелювання електронним тахеометром / М.П. Марущак // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – №6. – С. 11-14.
8. *Тревого І.* Аналіз технологічних можливостей сучасних наземних лазерних сканерів / І. Тревого, А. Баладнюк, А. Григораш // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2010. – Вип.1 (19). – С. 170-176.
9. *Войтенко С.* Визначення кренів інженерних споруд методом наземного лазерного сканування / С. Войтенко, Р. Шульц, М. Білоус // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2009. – Вип.1 (17). – С. 144-151.
10. *Баран П.І.* Топографія та інженерна геодезія: підруч. для студ. геодез. та негеодез. спец. ВНЗ / П.І. Баран, М.П. Марущак. – К.: Знання України, 2015. – 463 с.

11. Баран П.І. Тригонометричне нівелювання в інженерно-геодезичних роботах [Текст] / П.І. Баран, Ф.Ф. Соловійов, В.Я. Чорнокін. – Київ: Укргеодезкартографія, 1996. – 130 с.
12. Левчук Г. П. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, Н.Н. Лебедев // Учебник для вузов. – М.: Недра, 1983. – 400 с.
13. Сайт ТзОВ «ДОКА» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.doka-geo.com.ua/products/elektronnyj-taheometr-leica-tps1200/>.

REFERENCES

1. Nastanova z provedennia sposterezhen za osidanniam fundamentiv, deformatsiiamy konstruksii budivel i sporud ta rezhymom pidzemnykh vod na maidanchykakh teplovykh ta atomnykh elektrostantsii [Instruction for observation the foundations settling, deformations of buildings and structures constructions and the regime of underground waters on the sites of thermal and nuclear power plants] [in Ukrainian]. (2012). *SOU-N MEV 40.1-00013741-79:2012 from 27th March 2013*. Kyiv: Minenerhovuhillia [in Ukrainian].
2. Systema zabezpechennia tochnosti heometrychnykh parametriv u budivnytstvi [System of ensuring of geometrical parameters accuracy in construction geodesic works are in building]. (2010). *DBN V.1.3.-2:2010 from 1st September 2010*. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
3. HOST 24846-2012 «Hrunty. Metody yzmerenyia deformatsyi osnovanyi zdanyi y sooruzhenyi». [Soils. Methods of measuring the strains of structure and building bases]. docs.cntd.ru/document/1200096134. Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/1200096134/> [in Russian].
4. Hrunty. Metody i vymiriuvannia deformatsii osnov budynkiv i sporud [Soils. Measuring methods of strains of structures and buildings bases].(20Kh). *DSTU B.V.2.1-XXX:201X from XX.XX.201X*. Kyiv: Minrehionbud Ukraine [in Ukrainian].
5. Bondarenko Y. N., & Martynov A. V., & Mokaseev A. V. (2010). Sovremennye metody monitorynha za tekhnicheskym sostoianiem zdanyi y sooruzhenyi v protsesse ykh ekspluatatsyy [Modern methods of monitoring the technical condition of buildings and structures during their operation]. *Nauka i bezopasnost – science and safety*. Retrieved from <http://www.pamag.ru/prensa/sovremenniy-monitoring/> [in Russian].
6. Baran P.I., & Sushko V. H., & Kholodiuk O. V., & Chornokin V. Ya. (1999). Heodezychni sposterezhennia za deformatsiiamy obiekta "Ukryttia" na Chornobylskii AES [Geodetic observation of deformations of the "Ukryttia" object at the Chernobyl nuclear power plant]. *Visnyk heodezii ta kartohrafii – Journal of Geodesy and Cartography, 1*, 18–23 [in Ukrainian].
7. Marushchak M.P. (2010). Sposoby tryhometrychnoho niveliuvannia elektronnyim takheometrom [Methods of trigonometric leveling with an electronic tacheometer]. *Visnyk heodezii ta kartohrafii – Journal of Geodesy and Cartography 6*, 11-14 [in Ukrainian].
8. Trevoho I., & Baladniuk A., & Hryhorash A. (2010). Analiz tekhnolohichnykh mozhlyvostei suchasnykh nazemnykh lazernykh skaneriv [Analysis of technological capabilities of modern ground laser scanners]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi*

nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements of geodesic science and production, 1 (19), 170-176 [in Ukrainian].

9. Voitenko S., & Shults R., & Bilous M. (2009). Vyznachennia kreniv inzhenernykh sporud metodom nazemnoho lazernoho skanuvannia [Determination of engineering structures rolls by ground laser scanning method]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements of geodesic science and production*, 1 (17), 144-151 [in Ukrainian].

10. Baran P.I., & Marushchak M.P. (2015). *Topohrafiia ta inzhenerna heodeziia [Topography and engineering geodesy]*. Kyiv: Znannia Ukrainy [in Ukrainian].

11. Baran P.I., & Soloviov F.F., & Chornokon V.Ia. (1996). *Tryhonometrychne niveliuvannia v inzhenerno-heodezychnykh robotakh [Trigonometric leveling in the engineering and geodetic works]*. Kyiv: Ukrgeodez cartography [in Ukrainian].

12. Levchuk H. P., & Novak V. E., & Lebedev N. N. (1983). *Prykladnaia heodeziia. Heodezycheskye raboty pry yzyskanyakh y stroytelstve ynzhenerykh sooruzhenyi. [Applied geodesy. Geodesic work in the exploration and construction of engineering structures]*. Moskva: Nedra [in Russian].

13. Sait TzOV «DOKA» [Site of LLC «DOKA»]. doka-geo.com.ua/ . Retrieved from <http://www.doka-geo.com.ua/products/elektronnyj-taheometr-leica-tps1200/> [in Ukrainian].

К.О. Бурак, В.М.Ковтун, Л.И.Дорош
К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ
СООРУЖЕНИЙ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИМ НИВЕЛИРОВАНИЕМ

В работе рассмотрена возможность использования одностороннего тригонометрического нивелирования при наблюдениях за деформациями сооружений. Отмечается, что в сравнении с геометрическим нивелированием тригонометрическое имеет даже ряд преимуществ, например, отсутствие ошибок, связанных с установлением рельсов, что при геометрическом нивелировании является одним из основных источников погрешностей. На основе проведенных исследований были установлены зависимости СКП определения превышения между этими точками от расстояния и перепада высот между станцией стояния и наблюдаемыми точками. Полученные зависимости и графики позволяют провести априорную оценку точности определения деформаций сооружений.

Приведены зависимости и графики, которые позволяют, задаваясь необходимой СКП определения превышения и техническими характеристиками прибора, определить допустимые значения длины плечей.

Ключевые слова: *одностороннее тригонометрическое нивелирование, СКП определения превышения, деформации сооружений.*

К. Burak, V. Kovtun, L. Dorosh

**TO THE QUESTION OF DEFINING THE DEFORMATION OF
ENGINEERING STRUCTURES BY TRIGONOMETRIC LEVELING**

In this paper we consider the possibility of using one-sided trigonometric leveling in observations of structure deformations. It is noted that in comparison with geometric leveling trigonometric has even a number of advantages. For example, no errors occur during the installation of rails, which is one of the main sources of errors at geometric leveling. On the basis of conducted researches the dependencies of the RMS error definition of the excess between these points, from distance and difference of heights between the standing station and points that are observed, were established. The obtained dependencies and graphs allow us to conduct a priori assessment of the accuracy of determination of the structure deformations.

The authors point out dependencies and graphs that allow, by asking the necessary RMS error definition of the excess and technical characteristics of the device, to determine the allowable values of the required length.

Key words: *one-sided trigonometric leveling, RMS error definition of the excess, structure deformations.*

Надійшла до редакції

13.04.2018

УДК 528.48

Р.В. Шульц, *д-р техн. наук, професор,*
А.М. Хайлак, *аспірант,*
кафедра інженерної геодезії,

Київський національний університет будівництва і архітектури

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГРУПОВОГО ВРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ
ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ТОЧОК
НА ЗСУВАХ**

У роботі наведено практичні результати застосування методу групового врахування аргументів до результатів геодезичних спостережень за вертикальними переміщеннями деформаційних знаків на зсувах. Для дослідження використано результати спостережень у відкритому доступі, на зсуві Граденбах, що розташований в Австрійських Альпах. У роботі наведено короткий опис зсуву та системи моніторингу на ньому, що створена науковою групою з Технічного університету Грацу (Австрія). Враховуючи комплексність зсувного процесу, встановлено, що традиційні методи прогнозування (поліноміальні, експоненціальні, тригонометричні та інші моделі) у випадку зсувних процесів є неефективними. Наведено основні положення методу групового врахування аргументів та комбінаторного алгоритму цього методу. Для створення прогнозної моделі було використане програмне забезпечення