

**Я.П. Брик,**

головний геодезист, ТОВ "Солстрой", ORCID 0000-0002-2554-5870

**В.Г. Бурачек,**

д.т.н., проф., професор кафедри Геодезії, ПВНЗ Університет новітніх технологій ORCID0000-0002-9005-9254

**Т.М. Малік,**

к.т.н., доцент кафедри Геодезії, ПВНЗ Університет новітніх технологій, ORCID0000-0002-1362-8433

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОТНИХ СПОРУД

**Анотація.** В статті автори пропонують спосіб визначення планових координат верхнього геодезичного знаку лінії вертикального проектування на надвисоких інженерних спорудах, який оснований на методі прямої лінійної засічки світловіддалемірними вимірюваннями. Результатом запропонованого способу є підвищення точності вертикального проектування при будівництві і експлуатації висотних споруд.

**Ключові слова:** вертикальне проектування, світловіддалемір, планові координати.

**Огляд публікацій.** Під час будівництва та нерідко і в період експлуатації висотних інженерних споруд виникає задача визначення планових координат геодезичного знаку, який розміщений на верху висотної споруди.

Розглянемо стисло переваги і недоліки загально-відомих способів визначення і передачі планових координат по вертикалі. Спосіб побудови вертикалі за допомогою механічного виска найбільш простий, проте, для геодезичного забезпечення будівництва багатопверхових висотних споруд цей спосіб застосовувати неможливо внаслідок низької точності (1:1000 за умови сприятливих умов вимірювання) передачі координат [1].

Відомо спосіб визначення координат верхнього геодезичного знаку (ВГЗ) за допомогою побудови двох колімаційних площин візирними осями тахеометрів, розміщених на будівельному майданчику [2], в якому перетин колімаційних площин утворює вертикальну лінію по якій передаються планові координати від нижнього геодезичного знаку (НГЗ) на верхній знак. Недостатньо висока точність пов'язана з недопустимістю похибкою (для даного вимірювання  $\geq \pm 10$  кутових секунд) циліндричних рівнів приладів, що при висоті споруди 100 м дає похибку вертикалі  $\sim \pm 20$  мм.

Більш точним є спосіб оптичного або лазерного вертикального проектування, який забезпечує точність 1-2 мм для висоти споруди близько 100 м [2].

В той же час вимоги до середньої квадратичної похибки приладів вертикального проектування для висотних споруд понад 100 м складають  $\sigma_{x,y} = 0,5 \text{ мм} + 1H$  [3], де

$H \leq 0,01 \cdot H_{IC}$ , що представляють серйозну технічну проблему вертикального проектування.

**Постановка задачі.** З вищевикладеного випливає, що необхідно розробити спосіб визначення планових координат верхнього геодезичного знаку на надвисоких інженерних спорудах з підвищеною точністю.

**Мета статті.** Визначення планових координат верхнього геодезичного знаку вертикальної лінії на

надвисоких інженерних спорудах з підвищеною точністю.

**Виклад основного матеріалу.** Авторами створено спосіб визначення планових координат верхнього геодезичного знаку лінії вертикального проектування на надвисоких інженерних спорудах [4]. Спосіб оснований на методі прямої лінійної засічки світловіддалемірними вимірюваннями. Для цього виконують геодезичну прив'язку центральних точок світловіддалемірів і нижнього геодезичного знаку в інженерній споруді в плані і по висоті з необхідною точністю. Світловіддалеміри орієнтують на оптичні відбивачі, які встановлені на верхньому геодезичному знаку інженерної споруди і, змінюючи частоту випромінювача імпульсів, фіксують відстані від світловіддалемірів до відбивачів верхнього геодезичного знаку на будівлі в моменти виникнення в каналах приймачів світловіддалемірів подвійної частоти випромінювання, обчислюючи ці відстані для кожного зі світловіддалемірів за формулою:

$$S = \frac{V \cdot n}{4f}, \quad (1)$$

де  $V$  – швидкість розповсюдження світла в атмосфері,  $f$  – частота випромінювання світлових імпульсів,  $n$  – непарне число періодів подвійної частоти  $f_g = 2f$  випромінювання імпульсів;

число  $n$  визначають по наближеному значенню відстані  $S'$  на великомасштабному плані з врахуванням кута нахилу світловіддалемірного променя і заокруглюють до цілого непарного числа:

$$n = \frac{4S'f}{V}, \quad (2)$$

при цьому, враховуючи дані геодезичної прив'язки світловіддалемірів, по значенням дирекційних кутів напрямків "нижній геодезичний знак - центр далекоміра" як мінімум для двох напрямків, визначають координати верхнього геодезичного знаку  $x$  і  $y$  в системі координат інженерної споруди [4].

Спосіб реалізується наступним чином.

На рис. 1 показана схема розташування геодезичних знаків світловіддалемірів.

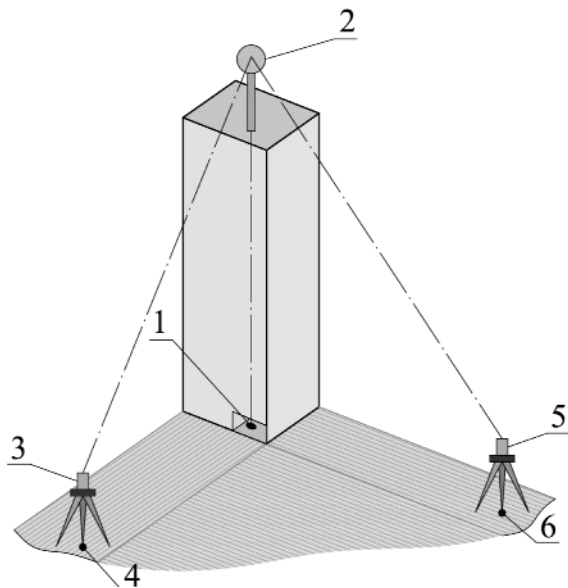


Рис. 1. Схема розташування геодезичних знаків світловіддалемірів: 1 — нижній геодезичний знак вертикалі; 2 — верхній геодезичний знак вертикалі; 3, 5 — світловіддалеміри; 4, 6 — геодезичні знаки.

Місця для встановлення світловіддалемірів обирають на деякій відстані від споруди, що контролюється, з врахуванням достатньо гострого кута нахилу світловіддалемірних променів і прямої видимості, облаштовують наземні геодезичні знаки та стабільні основи для світловіддалемірів в проєкціях центрів і виконують високоточну геодезичну прив'язку в плані і по висоті згаданих геодезичних знаків і нижнього геодезичного знаку контрольованої вертикалі відносно будівельної системи координат.

Спосіб визначення планових координат верхнього геодезичного знаку вертикальної лінії на надвисоких інженерних спорудах реалізується за допомогою світловіддалемірного пристрою. Схема пристрою та порядок роботи світловіддалеміра докладно описані в роботі авторів [4]. При цьому, автори запропонували два варіанти визначення координат верхнього геодезичного знаку при відсутності розгойдування споруди і при розгойдуванні споруди.

**Висновок.** За отриманими даними вимірювань будують графіки коливань верхнього геодезичного знаку відносно вертикалі в напрямках осей інженерної споруди і використовують ці графіки для контролю вертикальності при будівництві і встановленні технологічного обладнання.

Таким чином, запропонований авторами спосіб дозволяє виконувати визначення вертикалі з високою точністю в умовах коливань надвисоких інженерних споруд.

#### Література

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія / Войтенко С.П. — К.: Знання, 2009. — 557с.
2. Баран П.І. Інженерна геодезія / Баран П.І. — К.: ПАТ "ВІПОЛ", 2012. — 618с.
3. ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи в будівництві". Мінрегіонбуд України, 2010.
4. Патент України на винахід № 114959, МПК: G01C 11/36 (2006.01) Спосіб визначення планових координат верхнього геодезичного знаку вертикальної лінії на надвисоких інженерних спорудах/ заявники та патентовласники Я.П. Брик, В.Г. Бурачек, Т.М. Малік — а 201509363: заявл. 29.09.2015; опубл. 28.08.2017, бюл. № 16/2017.

#### Reference

1. Vojtenko S.P. Inzhenerna geodeziya / Vojtenko S.P. — K.: Znannya, 2009. — 557s.
2. Baran P.I. Inzhenerna geodeziya / Baran P.I. — K.: PAT «VIPOL», 2012. — 618s.
3. DBN V.1.3-2:2010 «Geodezychni roboty v budivnyctvi». Minregionbud Ukrainy, 2010.
4. Patent Ukrainy na vy`nahid # 114959, MPK: G01C 11/36 (2006.01) Sposib vy`znachennya planovy`x koordynat verxn`ogo geodezy`chnogo znaku verty`kal`noyi liniyi na nadvy`soky`x inzhenerny`x sporudax/ zayavny`ky` ta patentovlasny`ky` Ya.P. Bryk, V.G. Burachek, T.M. Malik — a 201509363: zayavl. 29.09.2015; opubl. 28.08.2017, byul. # 16/2017.

Я.П. Брик, В.Г. Бурачек, Т.М. Малік

### ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Аннотація.** В статье авторы предлагают способ определения плановых координат верхнего геодезического знака линии вертикального проектирования на сверхвысоких инженерных сооружениях, основанный на методе прямой линейной засечки световиддалемірными измерениями. Результатом предложенного способа является повышение точности вертикального проектирования при строительстве и эксплуатации высотных сооружений.

**Ключевые слова:** вертикальное проектирования, светодальномерами, плановые координаты.

Yaroslav Bryk, Vsevolod Burachek, Tetiana Malik,

### IMPROVED ACCURACY OF VERTICAL DESIGN DURING THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF HIGH-RISE BUILDINGS

**Abstract.** In the article, the authors propose a way of determining the planned coordinates of the upper geodesic sign of the vertical design line on ultrahigh engineering structures, which is based on the method of straight linear digression by light-dimensional measurements. The result of the proposed method is to increase the accuracy of vertical design during the construction and operation of high-rise buildings.

**Keywords:** vertical projection, distance meter, plan coordinates.