



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114959

(13) C2

(51) МПК

G01C 11/36 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2015 09363

(22) Дата подання заявки: 29.09.2015

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 28.08.2017

(41) Публікація відомостей
про заявку: 10.04.2017, Бюл.№ 7

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 28.08.2017, Бюл.№ 16

(72) Винахідник(и):

Брик Ярослав Петрович (UA),
Бурачек Всеволод Германович (UA),
Малік Тетяна Миколаївна (UA)

(73) Власник(и):

Брик Ярослав Петрович,
вул. Київська, 7, кв. 6, м. Тернопіль, 46016
(UA),
Бурачек Всеволод Германович,
бульв. Лесі Українки, 36-Б, кв. 102, м. Київ,
01133 (UA),
Малік Тетяна Миколаївна,
вул. Кадетський Гай, 7, кв. 78, м. Київ,
03048 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

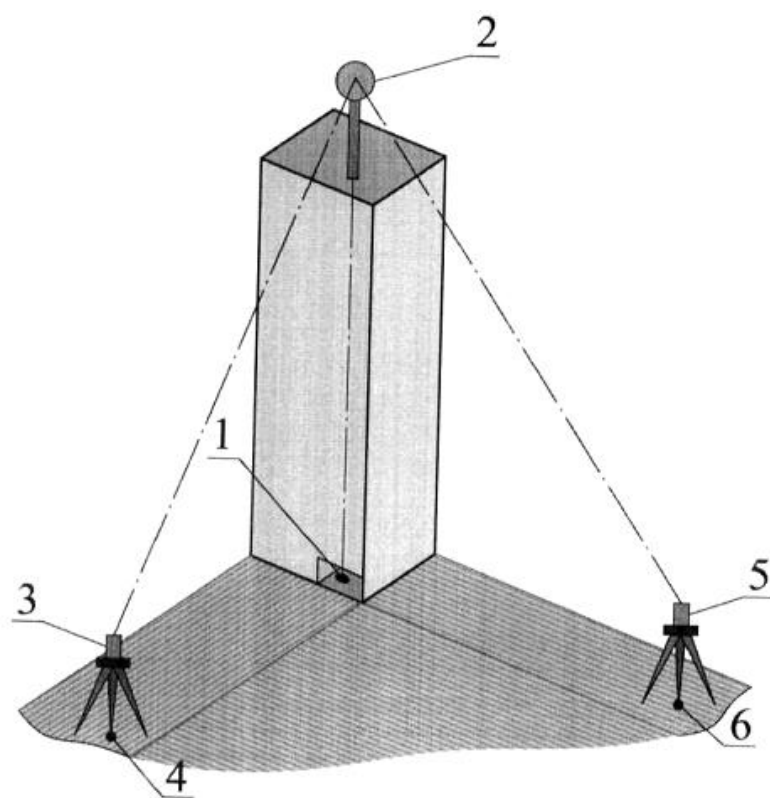
UA 80875 C2, 12.11.2007
UA 92828 C2, 10.12.2010
RU 2202101 C2, 10.04.2003
US 2013329218 A1, 12.12.2013
US 2010119161 A1, 13.05.2010
US 4811030 A, 07.03.1989
US 2014226006 A1, 14.08.2014

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАНОВИХ КООРДИНАТ ВЕРХНЬОГО ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗНАКУ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ЛІНІЇ НА НАДВИСОКИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУДАХ

(57) Реферат:

Спосіб визначення планових координат верхнього геодезичного знаку вертикальної лінії на надвисоких інженерних спорудах належить галузі інженерної геодезії. Спосіб оснований на методі прямої лінійної засічки світловіддалемірними вимірюваннями, де 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. При цьому, враховуючи данні геодезичної прив'язки світловіддалемірів, по значенням дирекційних кутів напрямків "нижній геодезичний знак - центр світловіддалеміра" як мінімум для двох напрямків, визначають координати верхнього геодезичного знаку x і y в системі координат інженерної споруди. Технічним результатом винаходу є підвищення точності вертикального проектування в надвисоких інженерних спорудах.

UA 114959 C2



Фиг. 1

Запропонований винахід належить до галузі інженерної геодезії.

Відомі традиційні способи визначення і передачі планових координат інженерної споруди по вертикалі, такі, наприклад, як побудова вертикалі за допомогою механічного виска [1]. Для геодезичного забезпечення будівництва багатоповерхових споруд цей спосіб неможливо застосовувати внаслідок низької точності (1:1000 за умови сприятливих умов вимірювання) передачі координат по висоті [1].

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 по точності розпланувальних робіт для висотних споруд понад 100 м складають середню квадратичну похибку $\sigma_{x,y} = 0,5 \text{ мм} + 1 \cdot H \cdot 0,5$ [3] задані забезпечити необхідну точність, де $H \leq 0,01 \cdot H_C$, при цьому представляють серйозну технічну проблему вертикального проектуванні.

Відомо спосіб визначення координат верхнього геодезичного знаку (ВГЗ) за допомогою побудови двох колімаційних площин візирними осями теодолітів (тахеометрів), розміщених на будівельному майданчику [4], 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 недопустимою похибкою (для даного вимірювання $\geq \pm 10$ кутових секунд) циліндричних рівнів теодолітів, що при висоті споруди 100 м дає похибку вертикалі $\sim \pm 20$ мм.

В якості аналогу, прийнятого за прототип, можна прийняти спосіб [4], загальною ознакою із запропонованим способом є схема розташування приладів.

Задачею винаходу є підвищення точності вертикального проектування при будівництві і експлуатації висотних споруд.

Поставлена задача вирішується за рахунок створення способу визначення планових координат верхнього геодезичного знаку лінії вертикального проектування на надвисоких інженерних спорудах, оснований на методі прямої лінійної засічки світловіддалемірними вимірюваннями, відрізняється тим, що 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 дирекцій цих 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.

Технічним результатом винаходу є підвищення точності вертикального проектування в надвисоких інженерних спорудах.

Запропонований спосіб реалізується наступним чином.

На фіг. 1 показана схема розташування геодезичних знаків світловіддалемірів.

На схемі (фіг. 1) позначено:

1 - нижній геодезичний знак вертикалі;

2 - верхній геодезичний знак вертикалі;

3 - світловіддалемір;

4 - геодезичний знак;

5 - світловіддалемір;

6 - геодезичний знак.

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 в проекціях центрів світловіддалемірів, стабільні основи для світловіддалемірів і виконують високоточну геодезичну прив'язку в плані і по висоті згаданих геодезичних знаків і нижнього геодезичного знаку контролюючої вертикалі, а також центрів світловіддалемірів і знаків відносно будівельної системи координат.

Запропонований спосіб також реалізується за допомогою світловіддалемірного пристрою, блок-схема якого показана на фіг. 2. Блок-схема містить:

- 1 - блок управління та обробки інформації;
- 2 - блок генератора високої частоти;
- 3 - блок модуляції частоти;
- 4 - блок випромінювання світлових імпульсів;
- 5 - відбивач;
- 6 - оптико-електронний приймач;
- 7 - змішувач частот прямих і відбитих світлових імпульсів;
- 8 - блок поділу і порівняння змішаної частоти і частоти випромінювання;
- 9 - блок індикації;
- 10 - блок запису та зберігання інформації.

Всі блоки, крім блока 5, встановлені в корпусі світловіддалемірного каналу. На фіг. 2 електричні зв'язки показано суцільними лініями, а оптичні зв'язки - пунктирними.

Розглянемо порядок роботи в двох варіантах:

1. При відсутності розгойдування споруди.
2. При розгойдуванні споруди.

1. Світловіддалемірний пристрій працює наступним чином. Блок 1 вмикає інші блоки пристрою та подає команду на блок 2, який генерує частоту f випромінювання. Блок 2 через блок 3 подає частоту f на блок 4; блок 4 випромінює імпульси світлових сигналів, які надходять до відбивача 5. Відбиті від відбивача світлові імпульси надходять до блока 6, де імпульсні світлові сигнали перетворюються у електричні з основною частотою перебігу f відбитих імпульсів і передаються в блок 7; одночасно в блок 7 надходять електричні сигнали з блока 3 з основною частотою випромінювання f (прямі імпульси). Під час змінювання частоти в блоці 3 змінюється проміжок часу затримки між прямими та відбитими сигналами. В момент, коли цей часовий інтервал буде дорівнювати $\tau = \frac{T}{2}$, де T - період частоти f , в змішувачі 7 виникає подвійна частота $f_g = 2f$, яка з блока 7 надходить в блок 8. В блоці 8 частота f_g ділиться на 2. Також в блок 8 з блока 3 надходить поточна частота випромінювання f , яка порівнюється з частотою $\frac{f_g}{2}$. В момент збігу цих частот сигнал про наявність рівності частот $f = \frac{f_g}{2}$ з блока 8 надходять до блока 1. В блок 1 надходять також з блока 2 значення поточної частоти на момент збігу. Число n визначають по наближеному значенню відстані на великомасштабному плані (2).

У підсумку визначають відстані від приладу до відбивача для моменту співпадання частот

$(f = \frac{f_g}{2})$ за формулою

$$S = \frac{V \cdot n}{4f} \quad (5)$$

Очевидно, що точність вимірювання відстаней досить висока. Дійсно, при диференціюванні (5) отримаємо:

$$dS = \frac{n}{4} \left(\frac{fdV - Vdf}{f^2} \right), \quad (6)$$

переходячи до середньої квадратичної похибки

$$m_S = S \sqrt{m_{OV}^2 + m_{of}^2}, \quad (7)$$

де m_{OV} - середня квадратична похибка визначення швидкості світла в атмосфері;

m_{of} - середня квадратична похибка вимірювання частоти.

Оскільки при рішенні даної інженерно-геодезичної задачі величина відстані S не перевищує приблизно 1,5 км, то похибка вимірювання відстані S складе 1,5 мм за умови $m_{OV} \leq 10^{-7}$ і $m_{of} \leq 10^{-7}$, а точність визначення вертикалі не перевищить 1,5-2 мм, при цьому після

перетворення виміряних S_1 і S_2 в координати $X_{\text{ВГЗ}}$ і $X_{\text{НГЗ}}$, отримаємо точність не гірше $\sigma_x \approx \sigma_y \approx 3 \text{ мм}$.

Для визначення координат верхнього геодезичного знаку споруди в умовах вітрового розгойдування на верхніх поверххах запропонований спосіб реалізується в межах схем, зображених на фіг. 1 і 2. При цьому в світловіддалемірний пристрій вводиться низькочастотна модуляція основної високої частоти випромінювання світлових імпульсів, яка виконується блоком 3 по команді блока 1 (фіг. 2). Низькочастотна модуляція дозволяє при невеликій амплітуді розгойдування верхнього геодезичного знаку і при розгойдуванні основної частоти f в невеликих межах, залишаючи відоме число n постійним, отримати достатню кількість точок подвійної поточної частоти $f_g = 2f$ і моментів її появи побудувати графік відхилення верхнього геодезичного знаку від вертикалі по осях X і Y . Візуалізація такого графіку дає можливість виконання контролю вертикалі в динаміці.

Робота світловіддалемірного пристрою виконуються в основному по схемі на фіг. 2 і відрізняється від вищеописаного варіанту роботи тим, що включає в блоці 3 модуляцію низької частоти f_H і блок 4 випромінює імпульси сигнал блока 3, від якого надходять сигнали в блок 7 (зв'язок "блок 2 - блок 4" і "блок 2 - блок 7" в даному випадку не працює). В іншому всі блоки працюють за схемою на фіг. 2.

Відстані S_i визначають за формулою (2) при постійному значенні n , змінюючи лише частоту. При відомому значенні числа n (яке можна визначити заздалегідь, наприклад, коли інженерна споруда знаходиться в стані спокою, завчасно розраховують величини відхилень ΔS_i для точок траєкторії верхнього геодезичного знаку, в яких виникає подвійна частота f_{g_i} . Тобто з формули (1) виходить, що $\Delta S_i \approx \frac{\Delta f_i}{f_i} S_i$, то, визначаючи моменти t_i по появі подвійної частоти f_{g_i} , по даним $\Delta S_i, \Delta f_i$ і t_i будують графік, який відображає динаміку розгойдування верхнього геодезичного знаку і момент знаходження верхнього геодезичного знаку на вертикалі.

При розташуванні світловіддалемірних променів поблизу площин споруди XOZ і YOZ $\Delta x_{\text{ВГЗ}}$ і $\Delta y_{\text{ВГЗ}}$ будуть відповідно дорівнювати $\Delta x_{\text{ВГЗ}} = K_1 \Delta S_{i_1}, \Delta y_{\text{ВГЗ}} = K_2 \Delta S_{j_2}$, де K - коефіцієнт, що враховує кут нахилу світловіддалемірного променя.

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

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

Джерела інформації:

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія / Войтенко С.П. - К.: Знання, 2009. - 557 с.
2. Баран П.І. Інженерна геодезія / Баран П.І. - К.: ПАТ "ВІПОЛ", 2012. - 618 с.
3. ДБН В. 1.3-2:2010 "Геодезичні роботи в будівництві". Мінрегіонбуд України, 2010.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб визначення планових координат верхнього геодезичного знаку вертикальної лінії на надвисоких інженерних спорудах, оснований на методі прямої лінійної засічки світловіддалемірними вимірюваннями, який **відрізняється** тим, що 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 встановлюють 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:

$$S = \frac{V \cdot n}{4f},$$

де V - швидкість розповсюдження світла в атмосфері,

f - частота випромінювання світлових імпульсів,

n - непарне число періодів подвійної частоти $f_g = 2f$ випромінювання імпульсів,

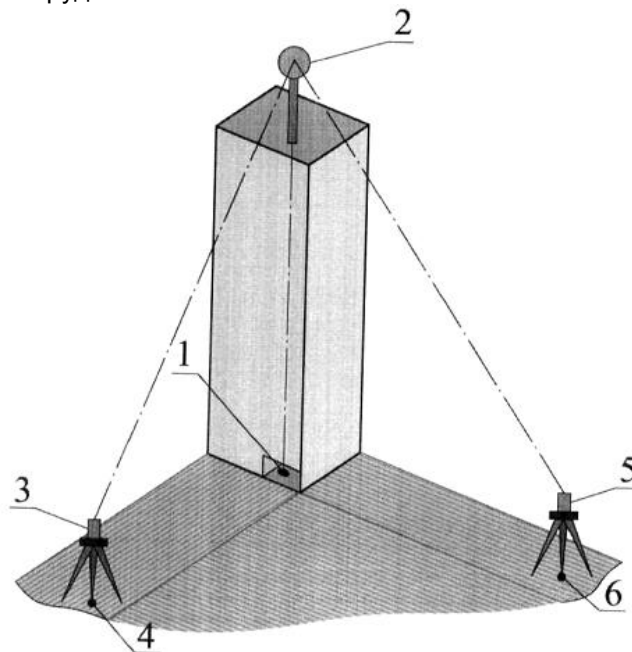
число n визначають по наближеному значенню відстані S' на великомасштабному плані з врахуванням кута нахилу світловіддалемірного променя і заокруглюють до цілого непарного числа:

$$n = \frac{4S'f}{V},$$

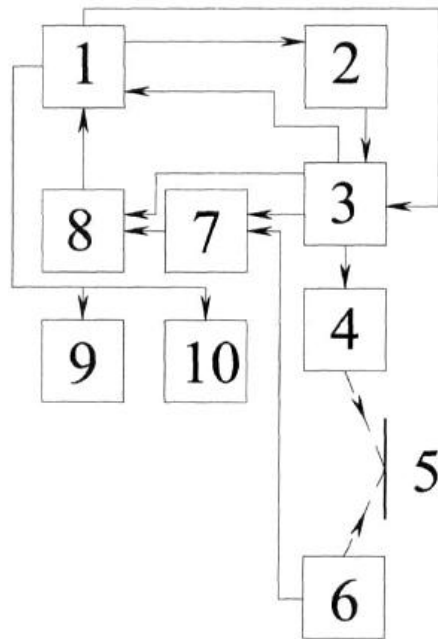
при цьому, враховуючи данні геодезичної прив'язки світловіддалемірів, по значенням дирекційних кутів напрямків "нижній геодезичний знак - центр світловіддалеміра" як мінімум для двох напрямків, визначають координати верхнього геодезичного знаку x і y в системі координат інженерної споруди.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в умовах коливань інженерної споруди верхнього геодезичного знаку відносно вертикалі по напрямкам X , Y системи координат інженерної споруди додатково модулюють сигнали з частотою f більш низької частоти f_H і за рахунок цього в межах коливання верхнього геодезичного знаку фіксують у відлікових каналах світловіддалемірів в моменти появи подвійної частоти $2(f + f_H)$ величини відстаней "світловіддалемір - верхній геодезичний знак" і, перетворюючи ці дані в координати $X_{i_{B3}}, Y_{i_{B3}}$

верхнього знаку, враховують координати нижнього знаку $X_{i_{H3}}, Y_{i_{H3}}$, по різницям $\Delta X_i = X_{i_{B3}} - X_{i_{H3}}$ і $\Delta Y_j = Y_{j_{B3}} - Y_{j_{H3}}$ та по моментах t_i, t_j будують графіки динамічного положення верхнього геодезичного знаку по напрямкам осей X і Y , які використовують для контролю вертикальності конструкції інженерної споруди.



Фиг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601