

Корисна модель відноситься до галузі геодезії, зокрема, до способів геодезичного контролю деформації споруд.

Відомі засоби визначення деформацій споруд, основані на геодезичних методах [1], а саме методах високоточного нівелювання [2], гідростатичного і тригонометричного нівелювання, фотограмметричних методах [3], методів теодолітного ходу [4].

Загальним недоліком перерахованих засобів є практична відсутність автоматизації вимірювань, великий об'єм ручних (візуальних) вимірювань, неможливість використати ці методи при автоматичному або при автоматизованому моніторингу споруди.

В якості аналогу запропонованого пристрою приймається пристрій високоточного нівелювання для вимірювання осадок споруд [2], який можна прийняти за прототип.

Крім недоліків, перерахованих вище, треба відзначити також, що відомі геодезичні засоби контролю стабільності та точності положення споруд орієнтовані в основному на вимірювання положення зовнішніх елементів, що в деякій мірі перешкоджає автоматизації вимірювань.

Задачею корисної моделі є створення пристрою контролю точності положення елементів споруд, який дозволить автоматизувати процес контролю визначення координат елементів інженерної споруди з високою точністю в режимі автоматичного моніторингу споруди.

Поставлена задача вирішується за рахунок створення нового пристрою для контролю точності положення елементів інженерної споруди що містить ланцюг взаємопов'язаних фотоелектричних каналів, згідно корисної моделі, він містить у собі як мінімум два паралельні ланцюжки фотоелектричних каналів, елементи яких (джерела світла, лінзи-об'єктиви і фотоприймачі) встановлені попарно в блоках, які жорстко закріплені на конструкціях споруд, при цьому однотипні елементи двох різних фотоелектричних ланцюжків мають зсуви відносно "одне-одного" в напрямку ходу ланцюжків на один крок.

Схема пристрою, яка реалізує можливість фіксування нестабільності елементів споруди і визначення номеру нестабільного елементу по його положенню в каналі відносно двох сусідніх каналів і вміщуючого в себе один ланцюжок з n фотоелектричних каналів представлена на Фіг.1. [5]

На схемі показано:

(С) - подвійні джерела світла з конденсорами і діафрагмами;

(Л) - лінзи (об'єктиви);

(Ф) - подвійні багатоелементні фотоприймачі з попередніми підсилювачами;

(БК) - блок комутації;

(БОІ) - блок обробки інформації;

(БІ) - блок індикації.

Блоки (С), (Л), (Ф) в своїх корпусах жорстко встановлюють на настінні кронштейни-репери споруди по її периметру, при цьому підбирають відстані (С)-(Л), (Л)-(Ф) каналу К, (С)-(Л), (Л)-(Ф) каналу $K+1^*$ і т.д. рівними один до одного і подвійної фокусної відстані лінз (Л). Між блоками встановлені захисні світлопроводи. Таким чином, утворюється n фотоелектричних каналів, при цьому оптична вісь цього фотоелектричного "ланцюжка" горизонтальна (на Фіг.1).

На Фіг.1 зображено фрагмент цього "ланцюжка": система фотоелектричних каналів $K-1^*$, К, $K+1^*$, $K+2^*$, $K+3^*$: С-Л-Ф-Л-С-Л-Ф.

Елементи (С) і (Ф) є подвійними, жорстко закріплені на єдиних основах і працюють по взаємно-протилежним напрямках.

(БК) - електронний блок комутації сигналів, що поступають з попередніх підсилювачів фотоприймачів каналів $1^*...n$;

(БОІ) - електронний блок обробки інформації;

(БІ) - блок індикації.

Блоки (БК), (БОІ), (БІ) можуть бути встановлені в окремому приміщенні в споруді і пов'язані з фотоприймачами фотоелектричних каналів $1^*...n$ кабельною мережею.

Робота перерахованих елементів і блоків виконується наступним чином:

В процесі здійснення моніторингу включення каналів може виконуватися з певною періодичністю, при цьому в кожному каналі світловий потік від джерела світла (позиція С на Фіг.1) потрапляє на лінзу Л, яка фокусує світловий потік в робочій площині багатоелементного фотоприймача Ф в фотоелектричних каналах $1^*...n$.

При зміні, наприклад висоти будь-якого елементу даного фотоелектричного "ланцюжка" будемо мати місце неузгодженості в одному або в двох каналах. Наприклад:

1. При зміні положення джерела світла С будемо мати місце зміни відліку (неузгодженість) на фотоприймачі Ф цього каналу. Одночасно, так як фотоприймачі жорстко пов'язані виникає неузгодженість на фотоприймачі сусіднього каналу. Це дозволяє визначити величину зміни положення точки С.

2. При зміні положення лінзи Л змінюється відлік на фотоприймачі. Відліки на фотоприймачі суміжного каналу при цьому залишатимуться незмінними. Однозначно визначається зміна положення лінзи Л.

3. При зміні положення елемента Ф очевидно, що буде отримано зміну відліків на фотоприймачах і може бути однозначно визначено величину і напрямки відхилення елемента Ф.

Таким же чином може бути в автоматичному режимі визначено відхилення від первісного положення інших елементів фотоелектричного "ланцюжка" по периметру споруди, при цьому можуть бути сформульовані критерії оцінки відхилень при одночасній зміні положення двох і більше елементів фотоелектричного "ланцюжка".

Пристрій, схема розміщення елементів якого по периметру будівлі представлена на Фіг.3, і представляє собою схему розташування блоків $1...n$ подвійного фотоелектричного «ланцюжка».

Номера блоків сформовані в такий спосіб: перша цифра - порядковий номер блоку, перша літера - тип елемента першого (на Фіг.3 верхнього) ланцюжка, друга літера - тип елемента в другому ланцюжку (С - джерело світла, Л - об'єктив, Ф - двосторонній багатоелементний фотоприймач), наприклад, 1С, 2ЛС, 3ФЛ і т.д.. Блоки $1...12$ у своїх корпусах жорстко встановлюють на стінні кронштейни - репери споруд по його периметру, при цьому

підбирають відстані С-Л, А-Ф, Ф-Л, Л-С, С-Л і т.д. рівними один одному і подвійній фокусній відстані лінз Л. У такий спосіб утвориться два ланцюжка фотоелектричних каналів, при цьому оптична вісь цього подвійного фотоелектричного «ланцюжка» рівнобіжна відповідній осі споруди.

БК - блок комутації;

БОІ - блок обробки інформації;

БІ - блок індикації (комп'ютер);

ГБ - генераторний блок;

БЗІ - блок запису і збереження інформації;

Електронний блок комутації БК приймає електричні сигнали, що надходять з попередніх підсилювачів фотоприймачів каналів кожного з одинарних ланцюжків.

Блоки БК, БОІ, БІ, ГБ, БЗІ встановлені в окремому приміщенні ПР (Фіг.3) в споруді СП і електричне зв'язані з фотоприймачами Ф і джерелами світла С фотоелектричних каналів кабельною мережею.

Усі перераховані вище блоки БК...БЗІ одержують електроживлення від звичайної електромережі, при цьому блок БК через свій перетворювач забезпечує електроживлення багатоелементних фотоприймачів з попередніх підсилювачів.

Для визначення осадки в спостерігаємій споруді встановлюють елементи пристрою, які повинні бути розміщені на споруді так, щоб мати повну інформацію про осадку споруди і її негативний прояв, наприклад, вздовж подовжніх і поперечних осей для визначення прогинів та перекосів, а також в місцях де передбачаються найбільші осадки. Всі оптично-електронні блоки забезпечені захисними світлопроводами. Здійснення моніторингу стабільності виконується з певною періодичністю включення всіх каналів (к...п) за допомогою БК (Фіг.3). Нульовий цикл спостережень виконують одразу після зведення споруди.

В нормальній ситуації геометрична вісь світлового потоку збігається або паралельна загальній оптичній осі системи, і зображення потоку, сформоване кожним об'єктивом, буде перебувати в певній крапці робочої площини відповідного багатоелементного фотоприймача. Щоб виміряти величину зміни нахилу світлових променів, необхідно виміряти величину лінійного зсуву зображення пучка променів, сформованого об'єктивом в робочій площині фотоприймача.

При включенні пристрою світлові потоки від джерел світла С падають на лінзи Л, що фокусують зображення джерел на мішенях фотоприймачів Ф.

У фотоелектричних каналах двох фотоелектричних «ланцюжків» з фотоприймачів Ф в блок БК надходять електричні сигнали про величини відхилень зображень джерел світла від номінального положення, що введено в пам'ять пристрою (у блок БОІ) при первинному включенні подвійного ланцюжка.

Розглянемо варіант пристрою, що працює в режимі автоматичного фотоелектричного нівелірного ходу, при цьому умовимося, що блоки 1С та 2ЛС, а також блоки 10ЛС і 11Ф утворюють систему опорних реперів з підвищеною стабільністю положення з відомими заздалегідь визначеними висотами блоків (у тому числі їхніх елементів) незалежним методом.

Фотоприймачі здвоєних фотоелектричних ланцюжків на Фіг.2 позначимо:

(Фа) - у фотоелектричних каналах, де світловий потік спрямований ліворуч-праворуч,

і (Фб) - де світловий потік спрямований праворуч-ліворуч.

У такий спосіб з фотоприймачів Ф в блок БК надходять сигнали неузгодженості від блоків 3ФЛ, 4ЛФ, 7ФЛ,

8ЛФ, 11Ф. Визначимо ці сигнали як ω_{1a} та ω_{1b} .

Величини неузгодженостей у каналах 1... 11 без обліку випадкових погрешностей для ідеальної системи будуть рівні:

$$\begin{aligned}\omega_{3a} &= -\Delta_1 + 2\Delta_2 - \Delta_3 \\ \omega_{3b} &= -\Delta_3 + 2\Delta_4 - \Delta_5 \\ \omega_{4a} &= -\Delta_2 + 2\Delta_3 - \Delta_4 \\ \omega_{4b} &= -\Delta_4 + 2\Delta_5 - \Delta_6 \\ \omega_{7a} &= -\Delta_5 + 2\Delta_6 - \Delta_7 \\ \omega_{7b} &= -\Delta_7 + 2\Delta_8 - \Delta_9 \\ \omega_{8a} &= -\Delta_6 + 2\Delta_7 - \Delta_8 \\ \omega_{8b} &= -\Delta_8 + 2\Delta_9 - \Delta_{10} \\ \omega_{11a} &= -\Delta_9 + 2\Delta_{10} - \Delta_{11} \\ \sum \omega &= -\Delta_{11} + \Delta_2 + \Delta_{10} + \Delta_{11}\end{aligned}\quad (1)$$

Як указувалося вище значення Δ_1 , Δ_2 , Δ_{10} і Δ_{11} є відомі величини, визначені для стабільних реперів-блоків 1-2 і 10-11.

Δ_3 ... Δ_9 - значення відхилень від номінальних для блоків 3...9, які можуть бути отримані з виразів (1).

З вираження (1) бачимо, що сума величин відносин блоків 3...9, які знімаються з фотоприймачів Ф дорівнює нулеві.

У реальній системі кожне значення Δ_i буде містити випадкову погрешність δ_i , при цьому сума $\omega_3 + \omega_4 + \omega_7 + \omega_8 + \omega_{11}$ для блоків 3...9 покаже нев'язання Δ_H , що розподіляється між значеннями відхилень блоків 3...9 по висоті відповідно до методу, застосовуваному у геодезії.

При реалізації моніторингу споруди включення пристрою повторюють із заданою періодичністю, обчислюють величини відхилень блоків 3...9 по висоті і ведуть спостереження за станом споруди, складаючи графіки його осідань по програмі, що мається в блоці БОІ. Блок БІ по сигналах блоку БОІ забезпечує оперативну індикацію

результатів. Дані для запису і збереження з блоку БОІ направляють у блок БЗІ.

Аналогічно описаному відбувається робота подвійного фотоелектричного «ланцюжка» у горизонтальній площині по напрямку осі у, перпендикулярної вертикальній площині, що проходить через вісь «ланцюжка».

Описана технологія дозволяє визначити координати Y і Z блоків подвійного ланцюжка від 3 до n-2 при відомих координатах опорних реперів 1, 2, n-1 і n.

Положення блоків $i=(1,n)$ - кількість всіх блоків ланцюжка, включаючи реперні по ординаті X визначають у такий спосіб:

На джерела світла С з блоку ГБ за командою блоку БКУ подається перемінний струм опорної частоти. При першому включенні «ланцюжка» на усіх фотоприймачах Φ_{ia} і Φ_{ib} будуть мати місце сигнали тієї ж частоти, що й опорна, але не співпадаючі з останньою по фазі. За допомогою фазометра, що знаходиться в блоці БОІ виконують вимір різниці фаз сигналів, прийнятих фотоприймачами від джерел світла й опорного сигналу.

Ці різниці вводяться в пам'ять БОІ як номінальні значення, що фіксують розташування відповідних елементів по осі X.

При повторних включеннях нові різниці фаз порівнюють з номінальними і по цим даним оцінюють відхилення блоків 3... n-2 по осі X відносно блоків 1,2,n-1 і n.

При зміні напрямку осі X на 90° (наприклад, при прямокутній формі споруд) відповідно в блоці БОІ враховують знаки і величини відхилень для нової орієнтації осі фотоелектричного «ланцюжка».

Для кожної відстані С-Ф, Ф-С по різниці фаз сигналів опорного і прийнятого на мішені фотоприймача Ф, переданих від останнього в блок БК і потім у блок БОІ, що містить фазометричний механізм, визначають лінійну величину доповнення до сумарної довжини цілого числа хвиль коливальних джерела світла С (коливальних опорного сигналу). При першому (еталонному) включенні ці величини для усіх відстаней С-Ф і Ф-С ланцюжка вводять у пам'ять блоку БОІ як номінальні.

При повторному включенні в блоці БОІ фіксують зміну цих лінійних величин для кожного С-Ф і Ф-С.

Відстань С-Ф або Ф-С буде дорівнювати $L_0 = N\lambda + \Delta\lambda_0$,

де N - ціле число довжини хвиль опорного сигналу;

λ - довжина хвилі О.С.;

$\Delta\lambda_0$ - доповнення в довжині С-Ф (Ф-С) до суми цілого числа довжин хвиль при першому (еталонному) включенні, введене в пам'ять блоку БОІ.

При наступному включенні ланцюжка будемо мати:

$L_k = N\lambda + \Delta\lambda_k$

зміна довжини С-Ф (або Ф-С) складе: $L_k - L_0 = \Delta\lambda_k - \Delta\lambda_0 = \phi_k$,

де K - номер моніторингового включення ланцюжка;

$I=(1-3, 2-4, 3-5, 4-6 \dots)$ - позначення відстаней С-Ф і Ф-С в ланцюжках.

Очевидно, що сума ϕ_k з урахуванням знаків буде дорівнювати зміні довжини ланцюжка $\sum L_{ki} - \sum L_{oi} = \sum \phi_{ki}$, а сума ϕ_{ki} двох суміжних ділянок С-Ф і Ф-С буде дорівнювати зміні відстані між найближчими джерелами світла С (тобто блоками, їх утримуючими).

Описана технологія в подвійному фотоелектричному ланцюжку дозволяє обчислити і контролювати положення по осі всіх блоків ланцюжка (непарних у верхньому, парних - у нижньому ланцюжку), спираючись на реперні блоки 1,2,n-1 і n.

Всі відомості по зміні стабільності положення споруди заносяться в базу даних. На основі створеної бази даних моніторингу можна проводити моделювання подальших дій та отримувати спеціальні звіти та рекомендації.

В результаті запропонований пристрій дозволяє при зведенні і експлуатації споруд в автоматичному режимі контролювати стабільність положення елементів споруд, вести моніторинг осідань, деформацій і виключити дорогі та ручні (візуальні) геодезичні роботи.

Література:

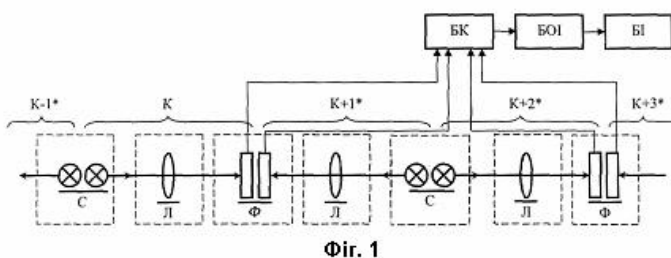
1. Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. М.Недра, 1981.

2. Я.А. Сундаков. Геодезические работы при возведении крупных промышленных и высотных зданий. М.Недра, 1980.

3. А.Н. Лобанов. Фотограмметрия. М.Недра, 1984.

4. Климов О.Д., Калугин В.В., Писаренко В.К. Практикум по прикладной геодезии. Изыскания, проектирование и возведение инженерных сооружений. - М.: Недра, 1991.

5. Рішення о видачі деклараційного патенту "Пристрій для контролю стабільності положення елементів споруди" на корисну модель № 11023/1 від 11.08.2005р..



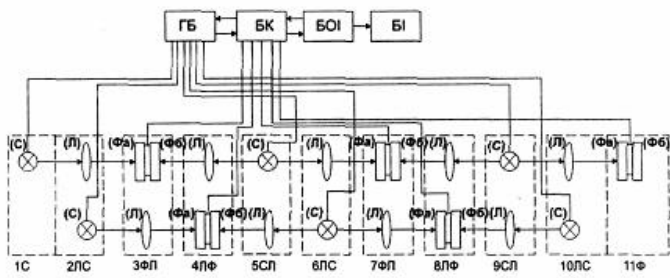


Fig. 2

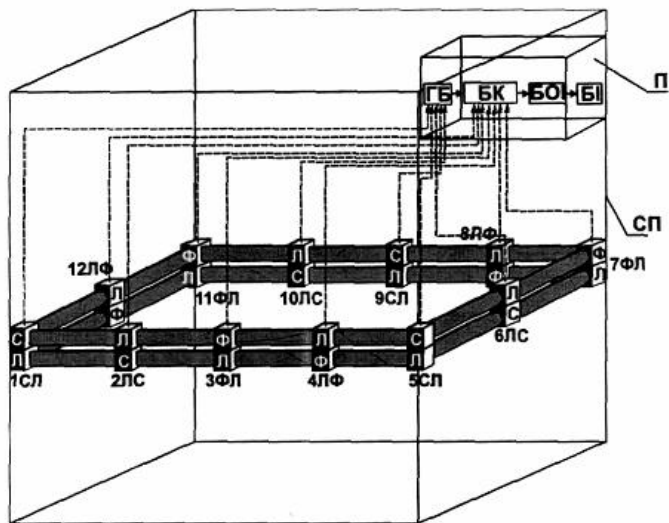


Fig. 3