



УДК 528.2

Автоматизований пристрій визначення астрономічних координат

В.Г. Бурачек¹, О.О. Железняк², І.М. Коберник¹¹Університет новітніх технологій, Київ²Національний авіаційний університет

Автоматизований пристрій визначення астрономічних координат. Обговорюється новий пристрій визначення астрономічних координат, при цьому представлена схема та методика виконання високоточних астрономічних вимірювань в автоматичному режимі. Обґрунтована технічна можливість автоматизації процесу вимірювання та отримання високої точності визначення відхилень прямовисних ліній.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ КООРДИНАТ, Бурачек В.Г., Железняк О.А., Коберник И.М. — Обсуждается новое устройство определения астрономических координат, при этом представлена схема и методика выполнения высокоточных астрономических измерений в автоматическом режиме. Объявлена техническая возможность автоматизации процесса измерения и достижения высокой точности определения уклонений отвесных линий.

AUTOMATED DEVICE FOR ASTRONOMICAL COORDINATES DETERMINATION, by Burachek V.G., Zheleznyak O.A., Kobernik I.M. — We discuss a new device for astronomical coordinates determination. The scheme and technique of automatical precision astronomical measurements are presented. Technical possibility to automate the process of measurement and a high precision determination of the vertical deviations is justified.

Ключевые слова: астрономические координаты; астрономо-геодезическое нивелирование.

Key words: astronomical coordinates; astrogeodetic leveling.

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Один з методів вимірювання форми гравітаційної поверхні геоїду — метод астрономо-геодезичного нівелювання — є вельми трудомістким, реалізується високоточними стандартними універсалами та потребує значного часу для виконання вимірювань [5].

При вирішенні задач пошуку та обстеження покладів нафти та газу в теперішній час традиційно застосовують вимірювання прискорення сили тяжіння за допомогою гравіметричних приладів (варіометрів), за цими даними складають гравіметричні карти для використання їх в геологорозвідці. Така технологія, вельми складна, на жаль, не забезпечує необхідної точності для отримання надійного результату [4].

Пошуки нових рішень в напрямку застосування астрономо-геодезичного методу в автоматизованому варіанті складають передумови підвищення точності визначення форми гравітаційної поверхні для локальних ділянок за відхиленнями прямовисних ліній та використання цих даних для оцінки геологічної ситуації в підкорових масах [2].

2. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Відоме визначення астрономічних координат шляхом вимірювань горизонтальних та вертикальних кутів знаходження зірок теодолітами-універсалами. При цьому значення відхилень прямовисних ліній отримують як різницю астрономічних та геодезичних координат пункту [6, 7].

Застосування цього способу дозволяє отримувати високу точність, однак вимірювання вельми трудомісткі (в ручному режимі) та займають багато часу. Тому такі вимірювання виконують тільки на пунктах вищого класу геодезії (відстань між пунктами приблизно 70–100 км). Недоліком способу через складність вимірювань є практична непридатність його для таких робіт, як детальне дослідження положення прямовисних ліній в районах можливих родовищ нафти та газу, створювання точних гравіметричних карт відносного геоїда на локальних територіях та ін.

В [1] описано спосіб визначення відхилень вискових ліній, що ґрунтується на визначенні астрономічних координат через спостереження зірок в зеніті за допомогою зенітних камер (зенітних телескопів). Зокрема, спосіб визначення відхилень вискових ліній з застосуванням переносних зенітних камер дозволяє вирішити задачі польових досліджень з отриманням достатньо високої точності для гравіметричних робіт та скорочення трудомісткості порівняно з вищеописаним способом [3]. Недоліком способу є малий час експозиції зірки через необхідність технологічного повороту камери навколо вертикальної осі на 180° між двома прийомами спостережень, що позначається на точності вимірювань.

3. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета даного дослідження — показати можливість створення технології визначення відхилень прямої лінії з підвищеною точністю польовим переносним комплектом вимірювальних засобів. Поставлене завдання вирішується через створення способу визначення положення вискових ліній, заснованого на вимірюванні координат зірок поблизу зеніту двома прийомами з поворотом оптичної труби навколо вертикальної осі на 180° з наступним обчисленням астрономічних координат пункту та відхилення вискової лінії, використовуючи геодезичні координати пункту, який (спосіб) відрізняється тим, що в кожному прийомі виконує вимірювання в двох каналах цифрової камери: широти та довготи зі збільшенням інтервалу часу між прийомами визначення координат через орієнтацію лінії візування в каналах. В каналі широти лінію візування орієнтують в площині першого вертикалу та під гострим кутом до площини меридіану, а в каналі довготи — до площини меридіану та під гострим кутом до площини першого вертикалу.

Технічним результатом є можливість автоматизації всіх операцій вимірювань, підвищення точності визначення відхилень вискових ліній через оптимізацію орієнтації лінії візування та розподілення часу експозиції зірки в двох прийомах вимірювання.

4. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Запропонований спосіб може бути реалізований пристроєм, схема якого представлена на рис. 1.

На рис. 1 позначено:

1, 2, 3, 4, 5 — конструктивні вузли приладу — двоканальної оптико-електронної цифрової камери, в тому числі:

1. об'єктиви каналів (1.1 — каналу довготи, 1.2 — широти);
2. багатоелементні фотоприймальні матриці (2.1 — довготи та 2.2 — широти відповідно);
3. корпус труби каналу (3.1 — каналу довготи та 3.2 — широти);
4. компенсатори горизонту (4.1 — каналу довготи та 4.2 — широти);
5. оптичні відхиляючі блоки (5.1 — каналу довготи та 5.2 — широти);
6. світловий потік від робочої зірки, який падає на об'єктиви 1.1 та 1.2 оптико-електронного приладу: 6.1 та 6.2 відповідно (візирні лінії);
7. електромеханічний блок повороту аліади приладу на 180° ;
8. трегер;
9. підйомні гвинти.

Всі блоки розміщені в єдиному корпусі. Оптико-електронні канали приладу жорстко зв'язані між собою, їх візирні осі розташовані в горизонтальній площині перпендикулярно одна до одної.

Корпус приладу зі всіма блоками встановлений своєю вертикальною віссю на трегері, який в свою чергу розміщений та стабільно закріплений на стало закріпленому штативі чи астрономічному стовпі.

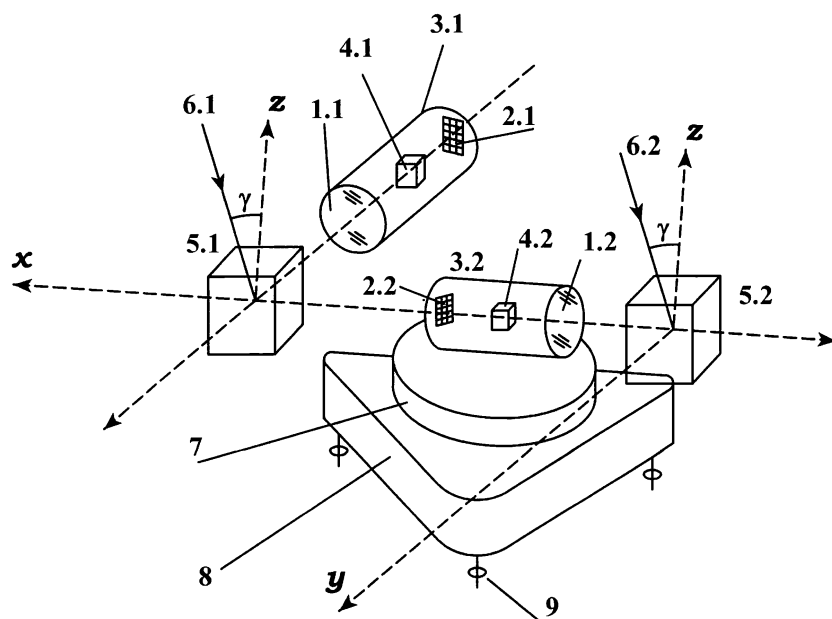


Рис. 1. Схематичне розміщення оптико-електронних візирних труб пристрою для визначення відхилень прямовисних ліній

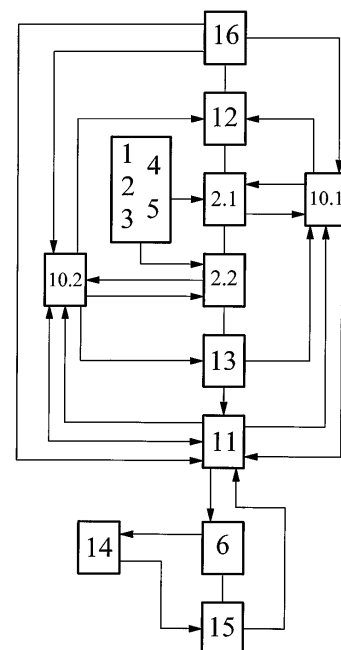


Рис. 2. Блок-схема пристрою для визначення відхилень прямовисних ліній

До складу приладу також входить візирний пристрій для орієнтування приладу на місцевості та блок електроживлення.

Блок-схема функціонування приладу показана на рис. 2.

Позначення на схемі:

10.1 та 10.2 — блоки обробки інформації каналів довготи та широти;

11. блок керування;

12. блок індикації;

13. програмний блок;

14. алідада;

15. датчик фіксації кута повороту алідади на 180° .

При підготовці до вимірів визначають на місцевості пункт спостережень за координатами, що вимірюють комплексом GPS (або іншим способом), розраховують

– момент проходження робочої зірки через зеніт t_3 ;

– кут випередження точки проходження зірки через зеніт $\Delta\lambda$ (початок 1-го прийому вимірювань) та час випередження $\tau_{\Delta\lambda}$.

Послідовність операцій:

1. Установка приладу; горизонтування та опробування на функціонування.

2. Точна установка осей каналів приладу по меридіану (канал широти) і першому вертикалу (канал довготи) з допустимою точністю $\pm\Delta\lambda$.

3. Режим очікування робочої зірки в полі зору до моменту $t_3 - \tau_{\Delta\lambda}$.

Візирні лінії каналу широти та довготи встановлюють поблизу зеніту з відхиленнями від нього на малий кут в площині першого вертикалу в напрямку назустріч руху зірки. Величина даного малого кута розраховується з урахуванням паузи у вимірюваннях, необхідної для виконання повороту приладу на 180° за азимутом та заспокоювання чутливого елемента компенсатора після збурювальної дії від повороту приладу. При цьому в каналі широти осі фотоприймальної матриці мають поворот на гострий кут навколо горизонтальної осі в площині мішені матриці.

4. В заданий час $t_3 - \tau_{\Delta\lambda}$ (при з'явленні зірки в полях зору каналів) блок 11 включає електронні блоки приладу (2.1, 2.2, 10.1, 10.2, 12, 13).

5. Проходження зображення робочої зірки в каналах широти та довготи в першому прийомі. При цьому в каналі довготи в автоматичному режимі фіксують при переміщенні зображення зірки по мішені фотоприймальної матриці каналу моменти переходу зображення зірки через лінії розділу між пікселями матриці, що перпендикулярні напрямку руху зображення зірки та по цих моментах в каналі довготи в блоці 10.1 виконують усереднення значення довготи; також одночасно за даними каналу широти в блоці 10.2 визначають траєкторію зображення зірки та приймають її апроксимоване значення за програмою, що задається блоком 13. Сигнал закінчення вимірювань подається на блок 11 через блоки 10.1, 10.2.

6. За програмою блоку 13, що контролюється за часом високочастотним таймером 12, на блок 7 подається команда на поворот алідади 14 приладу на 180° за азимутом та блок 7 виконує заданий поворот. Кут повороту 180° контролюється датчиком 15. Сигнал про закінчення повороту з датчика 15 подається в блок 11. При цьому візирні осі каналів встановлюються поблизу зеніту з відхиленнями на як раз такий саме малий кут від зеніту, що і в першому прийомі, але в протилежному напрямку відповідно в площині меридіану та першого вертикалу.

7. За час між закінченням першого прийому вимірювань та початком другого відбувається заспокоєння чутливого елемента компенсатора та його стабілізація відносно горизонту.

8. За програмою блоку 13 блок 11 подає команду в електронні блоки 2.1, 2.2, 10.1, 10.2, 12, 13 на включення режиму очікування другого прийому.

9. Зображення зірки з'являється в полях зору каналів широти та довготи, відповідно до заданої блоком 13 програми виконуються виміри в каналах широти та довготи аналогічно вимірюванням в першому прийомі з обробкою даних в блоках 10.1 та 10.2. В блок 11 з блоків 10.1 та 10.2 поступає сигнал про закінчення другого прийому вимірювань.

10. Обчислення координат. Блок 11 дає команду блокам 10.1 та 10.2 на визначення координат по заданій програмі.

В блоці 10.1 виконується за даними каналу довготи оцінка середніх значень в двох каналах положення проходження зображення зірки ліній розділу пікселів матриці з застосуванням субпіксельного вимірювання інтервалу між лініями та визначається астрономічна довгота пункту λ_3 як середнє з двох прийомів.

Одночасно в блоці 10.2 за даними каналу широти визначають відстань між двома вимірними траєкторіями зображення зірки на мішені матриці та розраховують по середній траєкторії значення астрономічної широти пункту φ_3 за програмою, що задається блоком 13.

11. Отримані астрономічні координати та виміряні за допомогою GPS геодезичні координати перетворюють в значення відхилення прямої лінії для даного пункту. Ці дані передають з блоку 3 до блоку індикації 12 та записують на носій.

5. ВИСНОВКИ

1. Розроблені пристрій та технологія дозволяють виконувати дві експозиції робочої зірки, що дає підвищення точності вимірювань.

2. Застосування субпіксельної технології також є засобом підвищення точності візування.

3. Застосування в схемі приладу надійних і точних компенсаторів нахилу, що зарекомендували себе в сучасних нівелірах, дозволяє отримати точність, необхідну для високоточних астрономічних вимірювань.

Таким чином, запропонований пристрій за рахунок технології поканального розділення вимірювань за широтою та довготою, застосування в оптичних системах каналів високоточних оптико-механічних компенсаторів та оптимального розподілення часу на вимірювання та заспокоєння маятника компенсатора дозволяє підвищити точність визначення прямої лінії та виконати астрономічні виміри в автоматичному режимі.

1. Боровий В.О., Бурачек В.Г., Греку Р.Х. Зенітна фотокамера для визначення нахилу прямої лінії // Інж. геод. — 1991. — Вип. 34. — С. 8–12.
2. Боровий В.О., Бурачек В.Г., Пацкін О.М. Можливості нафтогазорозвідки геодезичними методами. // Сучасні досягнення геодезії, геодиніміки та геодезичного виробництва: зб. наук. пр. — Л., 1999. — С. 62–65.
3. Боровий В.О., Бурачек В.Г., Пацкін О.М. Основные погрешности высокоточных зенитных камер при определении астрономических координат // Інж. геод. — 1998. — Вип. 40. — С. 29–33.
4. Бурачек В.Г., Крячок С.Д., Поліщук Ю.В. Звіт про НДР «Дослідження шляхів удосконалення високоточних методів визначення ізоліній геопотенціалів згідно даних супутникових геодезичних вимірювань для створення карт нафтоносних та газоносних родовищ України». — К.: КДТУБіА, 1999. — 231 с.
5. Закатов П.С. Курс высшей геодезии. — М.: Недра, 1976. — 511 с.
6. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии: Учебное пособие // Под ред. В.В.Иванова. Изд. 2-е, испр. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 544 с.
7. Огородова Л.В. Высшая геодезия. Часть III. Теоретическая геодезия: Учебник для вузов. — М.: Геодезкартиздат, 2006. — 384 с.

Надійшла до редакції 12.06.2012