

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РЕФРАКЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯМ РУХОМОГО ВІДБИВАЧА

І. Петлюк

Академія сухопутних військ імені гетьмана П. Сагайдачного

Т. Шевченко

Національний університет "Львівська політехніка"

Ключові слова: нівелір, рефракція, відбивач, відлік, рейка

Постановка проблеми

Рефракція – фізичне явище, яке астрономи та геодезисти вивчають впродовж чотирьох століть [1–10]. Незважаючи на досягнення вчених у приладобудуванні, у кінці – ХХ на початку ХХІ століть не було вирішено проблему визначення, врахування та усунення впливу рефракції на геодезичні виміри. Саме тому поєднання відомих та пошук нових способів визначення та врахування вертикальної рефракції дає можливість розв'язувати ці проблеми.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Сучасні вимоги до точності визначення положення точок поверхні Землі при встановленні унікального технологічного обладнання набули значної актуальності. Підвищення точності геодезичних вимірів фактично неможливе без підвищення точності визначення рефракції

Аналіз останніх досліджень і публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми дає підстави стверджувати, що одним із способів її розв'язання є визначення вертикальної рефракції як нівелірної рефракції [7–10].

Рефракція – це викривлення променя світла у атмосфері залежно від зміни її показника заломлення на шляху візирного променя. У конкретному випадку – на шляху візирного променя нівелювання. Протягом доби, зокрема ранком і ввечері, коли діє нормальна рефракція, залежно від стану атмосфери у результаті зміни температури і тиску у часі змінюється показник заломлення повітря. Внаслідок цього змінюється напрямок візирного променя. Як результат, у полі зору нівеліра, наведеного на рейку, змінюється її відлік.

Невирішені частини загальної проблеми

Щоб забезпечити стабільність впливу зміни параметрів атмосфери на усьому шляху візирного променя нівелювання, нівелір і рейку встановлюють на однорідній горизонтальній поверхні. Наводять нівелір на рейку і періодично, напри-

клад, кожні 20...40 хв відлічують рейку. Внаслідок зміни параметрів атмосфери з часом візирний промінь нівелювання змінює свій напрямок і кожний наступний відлік рейки відрізнятиметься від попереднього. За зміною відліків у часі визначають величину вертикальної рефракції.

Постановка завдання

Фіксувати такі зміни відліку інколи доволі складно через те, що під час високоточного нівелювання довжина візирного променя невелика (до 50 м), зміна відліку за вплив рефракції з часом може бути дуже незначною, наприклад, десяті частки міліметра. Разом з тим, збільшувати віддаль від нівеліра до рейки, щоб збільшення зміни відліку за вплив рефракції було відчутнішим, наприклад, до 100 м, недоцільно у зв'язку з тим, що погіршується точність відлічування рейки.

Виклад основного матеріалу дослідження

На однорідній горизонтальній поверхні рейку встановлюють поруч з нівеліром, а навпроти рейки на однаковій оптимальній для нівелювання віддалі від нівеліра і рейки встановлюють прямо-висно плоский дзеркальний відбивач, і у нівелірі відлічують зображення рейки у відбивачі [7, 9].

Промінь від рейки до відбивача проходить шлях, удвічі більший порівняно із тим, коли рейку відлічують безпосередньо. Відповідно і відхилення променя внаслідок дії вертикальної рефракції у часі буде удвічі більшим порівняно з тим, коли б рейку відлічували безпосередньо. Позаяк шлях візирного променя, тобто віддаль до відлічуваного зображення рейки у відбивачі порівняно із безпосереднім відлічуванням рейки буде удвічі більшою, так само, як величина рефракції, відлічити зображення рейки у відбивачі легше і простіше. Разом з тим, визначувана величина рефракції також буде удвічі більшою. Це дає змогу підвищити точність визначення рефракції.

На рис. 1 зображена схема реалізації способу визначення вертикальної рефракції з використанням плоского дзеркального відбивача, де: 1 – нівелір; 2 – зображення рейки у відбивачі, 3 – плоский дзеркальний відбивач; 4 – рейка у рейкотримачі.



Рис. 1. Схема реалізації способу визначення вертикальної рефракції з використанням плоского дзеркального відбивача

Щоб уникнути зайвих сторонніх впливів, нівелювання виконують над однорідною горизонтальною поверхнею з незмінним альбедо, а вимоги до нівелювання повинні відповідати вимогам Інструкції до нівелювання I класу. Встановлюють на однорідній горизонтальній поверхні високоточний нівелір, а поряд з нівеліром на відстані (3–5 м) у рейкотримачі встановлюють прямовисно рейку. На оптимальній від нівеліра віддалі L 30...50 м навпроти рейки встановлюють прямовисно плоский дзеркальний відбивач. Наводять нівелір на зображення рейки у плоскому дзеркальному відбивачі. Відлічують у нівелірі зображення рейки у відбивачі і за зміною відліків у часі визначають величину рефракції.

Спрощення відлічування і підвищення точності запропонованого способу визначення вертикальної рефракції досягають за рахунок того, що зміна відліку зображення рейки у відбивачі у результаті дії вертикальної рефракції удвічі більша від такого самого відліку безпосередньо рейки.

Наприклад, якщо у результаті дії вертикальної рефракції відлік безпосередньо рейки змінився на 0,2 мм (таку зміну загалом вловити складно), маховичок оптичного мікрометра для введення штриха рейки у бісектор слід повернути на чотири поділки. Зміна відліку зображення рейки у відбивачі за тих самих умов буде удвічі більшою, тобто 0,4 мм, які, звичайно, простіше зафіксувати, ніж 0,2 мм. Для введення штриха рейки у бісектор маховичок оптичного мікрометра необхідно повернути на вісім поділок. Щоб відлічити таку зміну відліку – 0,4 мм безпосередньо рейки, довелося б двічі відлічити маховичок оптичного мікрометра, тобто похибка відлічування збільшилася б удвічі.

Замість відлічування рейки введенням штриха у бісектор можна нахилити відбивач у

вертикальній площині так, щоб відлік рейки, попри рефракцію, залишався незмінним [10].

Плоский дзеркальний відбивач можна нахилити у вертикальній площині відносно прямовисного положення. Наводять нівелір на зображення рейки у відбивачі, який нахилиють, аж до досягнення незмінного відліку зображення рейки у нівелірі, а величину вертикальної рефракції визначають за кутом відхилення відбивача від прямовисного положення. Це спрощує визначення вертикальної рефракції. Встановлення дзеркального відбивача на такій самій віддалі від нівеліра, на якій встановлена рейка, дає можливість удвічі збільшити віддаль від нівеліра до рейки, тобто у два рази збільшити вплив вертикальної рефракції на зміну напрямку візирного променя нівелювання. Підтримувати незмінний відлік у результаті нахилу відбивача у нівелірі простіше, ніж відлічувати рейку. Так само простіше відлічувати кут нахилу відбивача.

На рис. 2 зображена схема реалізації способу визначення вертикальної рефракції з використанням плоского дзеркального відбивача, у якому передбачена можливість нахилу у вертикальній площині. На рис. 2: 1 – нівелір; 2 – рейка; 3 – відбивач; 4 – зображення рейки у відбивачі; 5 – механізм мікрометричного нахилу відбивача.

Спосіб визначення вертикальної рефракції з використанням плоского дзеркального відбивача, який має можливість нахилу у вертикальній площині, реалізують так. На однорідній горизонтальній поверхні встановлюють нівелір 1 і рейку 2 у рейкотримачі. Навпроти рейки 2 на однаковій віддалі від неї та від нівеліра 1 встановлюють плоский дзеркальний відбивач 3, який можна нахилити у вертикальній площині



Рис. 2. Спосіб визначення вертикальної рефракції з використанням плоского дзеркального відбивача, який має можливість нахилу у вертикальній площині

відносно прямовисного положення, механізмом мікрометричного нахилу відбивача 5. Наводять нівелір 1 на зображення рейки у відбивачі 4, як під час нівелювання, періодично відлічують у нівелірі. Внаслідок дії вертикальної рефракції напрямок візирного променя нівелювання змінюється. Тому під час періодичного відлічування зображення рейки виявляється, що його положення відносно попереднього змінилося, тобто відлік рейки став іншим. Нахиляють плоский дзеркальний відбивач механізмом мікрометричного нахилу до досягнення незмінного відліку зображення рейки у нівелірі. Величину вертикальної рефракції визначають за кутом відхилення відбивача від прямовисного положення.

Величину вертикальної рефракції розраховують згідно із залежністю:

$$r = l \operatorname{tg} u,$$

де l – віддаль від відбивача до нівеліра; u – кут нахилу відбивача.

Цей спосіб визначення вертикальної рефракції є кроком вперед на шляху до спрощення використовуваних нині способів та засобів безпосереднього визначення вертикальної рефракції і підвищення точності її вимірювання.

Висновок

Запропонований спосіб визначення вертикальної рефракції з використанням плоского дзеркального відбивача, який має можливість нахилу у вертикальній площині, є одним із способів, який спрощує застосовувані нині способи та засоби безпосереднього визначення вертикальної рефракції і підвищує точність її вимірювання, тим самим даючи змогу вирішити проблему визначення, врахування та усунення впливу рефракції на геодезичні виміри.

Література

1. Алексеев А.В., Кабанов М.В., Куштин И.Ф. Оптическая рефракция в земной атмосфере (горизонтальные трассы). – Новосибирск: Наука, 1982. – 160 с.
2. Грейм И.А. Исследование рефракции и ошибки дальномеров геометрического типа. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1973. – 150 с.
3. Куштин И.Ф. Рефракция световых лучей в атмосфере. – М.: Недра, 1971. – 128 с.
4. Учет атмосферных влияний на астрономо-геодезические измерения / А.Л. Островский, Б.М. Джуман, Ф.Д. Заблочкий, Н.И. Кравцов. – М.: Недра, 1990. – 235 с.
5. Яковлев Н.В. Высшая геодезия. – М.: Недра, 1989. – 446 с.
6. Яковлев Н.В. К теории рефракции оптического луча при высокоточных геодезических изме-

рениях разного состава // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1969. – С. 100–116

7. Петлюк І.В. Вимірювання вертикальної рефракції застосуванням відбиваючих пристроїв [Текст] Петлюк І.В., Шевченко Т.Г. // Геодезія, картографія і аерофотознімання: український міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів, 2009. – Вип. 71. – С. 248–250.

8. Мороз О.І. Визначення та врахування вертикальної рефракції під час геодезичних вимірювань: Монографія. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2003. – 59 с.

9. Мороз О.І., Островський А.Л., Петлюк І.В., Шевченко Т.Г. Спосіб визначення вертикальної рефракції: Патент на винахід № 85807 від 25.02.2009 р. Державний реєстр патентів України. бюл. №4. – 4 с.

10. Мороз О.І., Островський А.Л., Петлюк І.В., Шевченко Т.Г. Спосіб визначення вертикальної рефракції: Патент на винахід № 85808 від 25.02.2009 р. Державний реєстр патентів України. бюл. № 4. – 4 с.

Визначення вертикальної рефракції застосуванням рухомого відбивача

І. Петлюк, Т. Шевченко

Розглянуто новий спосіб вимірювання вертикальної рефракції з використанням плоского дзеркального відбивача, який має можливість нахилу у вертикальній площині. Він дає змогу спростити використовувані способи та засоби безпосереднього визначення вертикальної рефракції і підвищити точність її вимірювання.

Определение вертикальной рефракции применением подвижного отражателя

И. Петлюк, Т. Шевченко

Рассмотрен новый способ измерения вертикальной рефракции с использованием движущегося отражателя в вертикальной плоскости. Он позволяет упростить существующие способы та средства непосредственного определения вертикальной рефракции и повысить точность ее измерения.

Determination of vertical refraction using mobile reflector

I. Petlyuk, T. Shevchenko

The new way of measuring of vertical refraction with application of movable refraction devices in the vertical plane is considered in the article. It enables to simplify existing methods and means of immediate determinations of vertical refraction and to raise the accuracy of its measuring.