

УДК 528.4

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВІДЛІЧУВАННЯ ШАШКОВИХ РЕЙОК

В. Літинський, А. Віват, І. Рій, І. Жак

Львівський національний аграрний університет

Ключові слова: цифровий нівелір, нівелірна рейка, відлічування.

Постановка проблеми

Дослідження точності відлічування шашкових рейок, залежно від збільшення зорової труби нівеліра та віддалі до рейки. Запропоновано методику, яка дає змогу визначити точність відлічування шашкової рейки незалежно від похибки за перефокусування труби, кута негоризонтальності візирного променя, вертикальної рефракції, кривини Землі тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

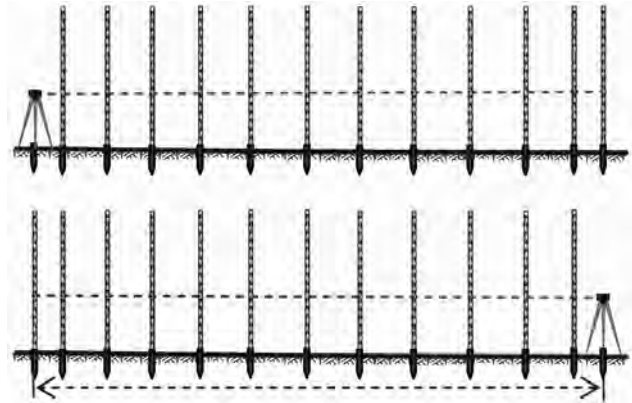
Одним із перших вчених, який досліджував точність відлічувань шашкових рейок нівеліром, у кінці XIX ст., був Рейнхерц. На основі його формул А. С. Чеботарьов вивів свої формули для оцінки точності відлічування рейки, та похибки погляду [4, с. 67–69]. Наближена оцінка точності відлічувань рейки, пов'язана з товщиною ниток та збільшенням труби, подана у [3, с. 203, 347]. Питання точності відлічувань шкал стосується значна частина праці [5, с. 103–105]. Залежність точності візування від форми сітки ниток і предмета подано у [6, с. 18–19]. Формули для оцінки точності нівелювання у [1, 2] виведено на основі точності відліку. Основні складові цієї похибки – похибка відлічування рейки та точність погляду. Оцінку точності геометричного нівелювання доволі детально розглянуто у [7, с. 79–82] та на основі [7] у [8, с. 133]. Проблему точності відлічувань рейки залежно від форми та розмірів штрихів розглянуто у [9, с. 173–185], де показано, що точність візування приблизно дорівнює точності відлікових пристроїв у нівелірі, наприклад, оптичного мікрометра, і зроблено припущення, що треба якось удосконалити оптичний мікрометр.

Виклад основного матеріалу

Джерела похибок нівелювання можна загалом поділити на три групи [7].

До першої групи належать похибки, пов'язані з нівеліром, до другої – із рейкою і до третьої – із впливом зовнішнього середовища.

Дослідження похибки відлічування рейки можна виконувати так. Визначаємо перевищення між сусідніми знаками, нівелюванням із середини, точнішим методом, ніж досліджуваний нівелір. Наприклад, для досліджень відлічувань шашкових рейок перевищення із середини визначатимемо нівеліром Н05 та інварними рейками. Далі виконуємо нівелювання вперед. Установлюємо досліджуваний нівелір над 1 або 12 знаком, вимірюємо його висоту точніше, ніж 0,3 мм, і, установлюючи рейку послідовно на решті знаків, відлічуємо її (див. рисунок).



Спостережна станція

Порівнюємо перевищення, отримані першим і другим способами. У цій методиці для визначення похибки відлічування рейки додатково розглянуто похибки, які складно вирахувати під час порівняння. У різниці входять похибки всіх трьох груп.

Пропонуємо методику дослідження с. к. п. відлічування рейки. Розглянемо її.

Закріплюємо на місцевості декілька знаків (див. рисунок), вбитими у землю 0,9 м дерев'яними кілками, у торчак яких вкручено 5-сантиметрові шруби із кулеподібною головою.

До початку спостережень виконали основну перевірку нівелірів і установили відлік шашкового боку рейки, який відповідав виправленому за кут “і” – електронному. Основну перевірку нівелірів виконано для плечей, приблизно удвічі довших, ніж подано у паспорті нівелірів. Крім цього, детально перевірено положення сітки ниток. Різниця відліків, отриманих по краях нитки, була у межах 1 мм.

Дослідження виконано нівелірами South DL 202 та Sprinter 150 M, основні характеристики яких подані у табл. 1.

Таблиця 1

Основні характеристики нівелірів

Нівелір	Збільшення труби	С. к. п. самоустановлення лінії візування
South DL 202	32	0,5''
Sprinter 150 M	24	0,8''

Послідовність спостережень:

– установлюємо нівелір, наприклад, над знаком 1. Рейку установлюємо на сусідньому знаку. Відлічуємо штрихкодний бік рейки, обертаємо рейку і відлічуємо шашковий бік. Установлюючи рейку на решті знаків (3–12), виконуємо аналогічні вимірювання. Повторюємо вимірювання, установлюючи рейку на знаки в зворотному напрямі;

– змінюємо горизонт приладу і виконуємо вимірювання так, як описано вище. Спостереження на двох горизонтах приладу є напівприйомом;

– встановлюємо прилад над знаком 12 і виконуємо вимірювання на рейку, що встановлена на решті знаків, наступним напівприйомом, як описано вище.

Методика спостереження обома нівелірами однакова.

Виконано по п'ять прийомів вимірювань для кожного нівеліра.

Застосовуючи запропоновану методику досліджень, нам вдалося відокремити шукану похибку від значної частини перелічених вище похибок.

Розглянемо дію кожної з похибок детальніше. Похибки, що входять до першої групи:

1. С. к. п. погляду через неточне встановлення візирного променя. У запропонованому способі ця похибка вилучається, тому що між відліками штрихкодowego і шашкового боків рейки візирний промінь не змінює положення.

2. С. к. п. відлічування рейки. Різниця відліків шашкового і штрихкодowego боків і буде найвагомішою частиною шуканої похибки.

3. С. к. п. через кут "і". У запропонованому способі ця похибка вилучається, тому що між відліками штрихкодowego і шашкового боку рейки візирний промінь не змінює положення.

4. С. к. п. від неточного встановлення сітки ниток. Ця похибка входить до різниці штрихкодowego і шашкового відліків. Згідно з дослідженнями М. Є. Піскунова ця похибка у межах 0,06 мм. Якщо відлічувати шашковий бік рейки однією частиною нитки, то цю похибку можна вилучити як систематичну.

5. С. к. п. через перефокусування труби. Між штрихкодowymi і шашковими відлічуваннями рейки фокусування не змінюють.

6. С. к. п. недокомпенсації. Ця похибка також вилучається, тому що між відлічуваннями нівелір не змінює положення.

До другої групи похибок належать похибки, пов'язані із рейкою:

1. Похибка за нахил рейки. Рейку під час відлічувань утримували біподом. Для граничних різниць у встановленні рейки під час відлічування штрихкодowego і шашкового боків для ціни поділки рівня 20' ця похибка не перевищуватиме 0,03 мм.

2. Похибка за неоднозначність встановлення рейки на нівелірні знаки. Якщо вісь рейки змінила своє положення, між відлічуваннями штрихкодowego і шашкового боків, на ціну поділки рівня 20', а п'ятка рейки між відлічуваннями змістилася на 5 мм, то різниця шашкового і штрихкодowego відліків може дорівнювати 0,03 мм.

3. Похибка за викривлення рейки. Для обох відліків однакова і з їхньої різниці вилучається.

4. Похибка за неперпендикулярність п'ятки рейки до осі рейки. Ця похибка аналогічна другій похибці із другої групи і не перевищуватиме 0,01 мм.

5. Незбігання нулів шкал з п'яткою рейки. У різницях відліків її можна вилучити як систематичну.

6. Похибка нанесення штрихів шкал рейок. Головки шрубів встановлені на однакову, у межах сантиметра, висоту, тому для кожного горизонту для

всіх відліків різниці однакові. Досліджена нами похибка нанесення відлічуваних шашок (віддаль від п'ятки рейки до досліджуваного штриха) не перевищувала для досліджуваних штрихів 0,05 мм.

7. Похибка через неточне визначення середньої довжини метра рейки. Ця похибка входить до попередню, якщо відома віддаль від п'ятки рейки до відлічуваного штриха.

8. Похибка через непаралельність осей рівня і осі рейки. Впливатиме однаково на обидва відліки. У різницях відліків вилучатиметься.

До третьої групи похибок належать похибки, пов'язані із зовнішнім середовищем:

1. Похибка через вертикальне переміщення штатива і рейок. У різницях відліків вилучатиметься, тому що відлічування шкал виконують практично одночасно.

2. Похибка, обумовлена впливом рефракції. Вплив на штрихкодіві й шашкові відліки практично однаковий. У різницях відліків вилучається.

3. Похибка, обумовлена тепловою дією на нівелір. Дослідження виконували у похмурну та змінну погоду за температури повітря 12–15 °С, зі зміною температури не більше ніж 1 °С на годину, тому ця похибка малозначуща.

4. Похибка за температурне розширення рейки. У різницях відліків вилучається.

5. Похибки, обумовлені дрижанням зображення. Під час досліджень зображення рейок було практично спокійним.

Усі вимірювання, виконані для різних горизонтів приладу та з різних боків спостережної станції, зведено у табл. 2, залежно від віддалі до рейки. У табл. 2 у стовпчиках South DL 202 та Sprinter 150 М – похибка відлічування шашкових рейок, обчислена як різниця між електронним і шашковим відліками рейки для відповідного нівеліра та відповідної віддалі. Похибка у шашковому відліку через вищезгадані невраховані похибки може дорівнювати приблизно 0,1 мм.

У табл. 2 подано також похибки відлічування, обчислені за формулою А. С. Чеботарьова

$$m_{b \text{ мм}} = 0,040 t + \frac{0,156}{v} s, \quad (1)$$

де t – найменша поділка на шашковій рейці, мм;
 v – збільшення труби; s – віддаль до рейки, м.

Таблиця 2

Середньоквадратичні похибки відлічування рейок

№ знаків	Віддаль, м	С. к. п. відлічування, мм			
		South DL 202	За формулою (1)	Sprinter 150 М	За формулою (1)
2	5	0,517	0,424	0,498	0,433
3	10	0,351	0,449	0,403	0,465
4	20	0,404	0,498	0,369	0,530
5	30	0,555	0,546	0,361	0,595
6	40	0,486	0,595	0,523	0,660
7	50	0,489	0,644	0,529	0,725
8	61	0,544	0,697	0,672	0,797
9	70	0,747	0,741	0,717	0,855
10	80	0,692	0,790	0,901	0,920
11	85	0,822	0,814	1,144	0,953
12	88	0,763	0,829	1,018	0,972
С. к. п		0,07		0,10	

Порівнюючи отримані похибки із розрахованими для кожної віддалі, бачимо, що с. к. п. різниць між ними, обчислена за формулою подвійних вимірів, для нівеліра South DL202 дорівнює 0,07, а для Sprinter 150 М. 0,10 мм

Висновки

Аналізуючи результати, подані у табл. 2, можна зробити висновок, що запропонована методика дає змогу істотно, порівняно із класичним методом, спростити дослідження похибок відлічування для цифрових нівелірів. Таку методику дослідження можна застосовувати не тільки для цифрових нівелірів, але також і для оптичного нівеліра, який установлюють біля цифрового, відлічуючи ним ту саму рейку, що і цифровим із шашкового боку.

Література

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М: Недра, 1990. – 167 с.
2. Инструкция з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.– Київ: ГУГК, 1999. – 156 с.
3. Чеботарев А. С. Геодезия Ч. I: учебник / А. Чеботарьев – М: Издательство геодезической литературы, 1955. – 627 с.
4. Чеботарев А. С. Геодезия Ч. II: учебник / А. С. Чеботарьев, В. Г. Селиханович, М. Н. Соколов. – М: Издательство геодезической литературы, 1962. – 614 с.
5. Плотников В. С. Геодезические приборы: учебник / В. С. Плотников.– М.: Недра, 1987. – 396 с.
6. Афанасьев В. А. Оптические измерения: учебник / В. А. Афанасьев.– М.: Недра, 1968. – 255 с.
7. Справочник по инженерной геодезии / под общ. ред. Н. Г. Видуева / П. И. Баран, Н. Г. Видуев, С. П. Войтенко и др. – Киев. Вища школа, 1978. – 376 с.
8. Інженерна геодезія: монографія / П. І. Баран. – К.: ПАТ “ВПОЛ”, 2012. – 618 с.: іл.
9. Методы и приборы высокоточных геодезических измерений в строительстве / под ред. В. Д. Большакова / В. Д. Большаков, И. Ю. Васютинский, Е. Б. Ключин и др. – М.: Недра, 1976, – 335 с.
10. Бурак К. Розрахунок оптимальних значень вимірюваних віддалей для точного визначення довжин невеликих відрізків / К. Бурак, М. Гринішак //

Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2015. – Вип. 80. – С. 27–29.

Методика дослідження точності відлічування шашкових рейок

В. Літинський, А. Віват, І. Рій, І. Жак

Розглянуто методику дослідження точності відлічування шашкових рейок з використанням цифрових нівелірів, залежно від збільшення зорової труби нівеліра та віддалі до рейки, яка дає змогу визначити цю точність незалежно від похибки за перефокусування труби, кута негоризонтальності візирного променя, вертикальної рефракції, кривини Землі тощо.

Таку методику дослідження можна застосовувати не тільки для цифрових нівелірів, а й для оптичних.

Методика исследования точности отсчитывания шашечных реек

В. Литынский, А. Виват, И. Рий, И. Жак

Рассмотрена методика исследования точности отсчитывания шашечных реек с использованием цифровых нивелиров, в зависимости от увеличения зрительной трубы нивелира и расстояния до рейки, позволяющая определять точность независимо от погрешности за перефокусирование трубы, угла негоризонтальности визирного луча, вертикальной рефракции, кривизны Земли и т. д.

Такою методику исследования можно применять не только для цифровых нивелиров, но и для оптических.

Methods to research of reading the accuracy of levelling rods

V. Litynsky, A. Vivat, I. Rii, I. Zhak

In this article the method of researching of the accuracy of reading of leveling rods using digital levels, depending on the increase of the telescope zoom and leveling distance to the rod is described. This method allows determining the accuracy regardless of the error introduced by refocusing of the tube, non horizontal sight beam angle, vertical refraction, Earth curvature and so on.

This method can be used not only for digital leveling devices, but also for optical.

GISTAM 2015

1st International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management

Barcelona, Spain
28 - 30 April, 2015

