



динамічно впливають на координати  $x, y, z$ .

3. Розроблення моделі динамічної залежності координат однієї зі станцій мережі ZAKPOS від координат сусідніх станцій показує, що просторові й часові характеристики такої залежності пов'язані з відстанями 70-150 км і часовими проміжками в 5-9 діб.

4. Дослідження динаміки змін координат GNSS-станцій відкривають шлях для складання прогнозів, що розширює сферу практичного застосування даних GNSS-спостережень.

### Література

1. Гринишина-Полога, О.Я. Порівняльна характеристика визначення координат активних референціальних станцій мережі UA-EUPOS/ZAKPOS за даними спостережень 2009-2010 рр. [Текст] / О.Я. Гринишина-Полога // Геодез., картогр. і аерофотознім. – 2010. – № 73. – С. 7-14.

2. Курганевич, А. Регуляризація задачі ідентифікації макромоделей нелінійних динамічних систем методом редукції апроксимаційного базису [Текст] / А. Курганевич, Я. Матвійчук // Теоретична електротехніка. – 2000. – Вип. 55. – С. 31-36.

3. Матвійчук, Я.М. Математичне макромоделювання динамічних систем: теорія і практика [Текст] / Я.М. Матвійчук. – Л.: Вид-во ЛНУ, 2000. – 214 с.

4. Матвійчук, Я.М. Регуляризована ідентифікація динамічних прогностичних макромоделей [Текст] / Я.М. Матвійчук, В.К. Паучок // Теоретична електротехніка. – 2003. – Вип. 57. – С. 13-18.

5. Матвійчук, Я.М. Постановка задачі макромоделювання гео-геліогенних величин [Текст] / Я.М. Матвійчук, В.К. Паучок // Вісн. НУ "Львівська політехніка" "Телекомунікації і радіоелектроніка". – 2006. – № 557. – С. 171-173.

6. Матвійчук, Я.М. Макромоделі гео-геліогенних ве-

личин, ідентифіковані за експериментальними даними [Текст] / Я.М. Матвійчук, В.К. Паучок // Моделирование 2008: сб. тр. науч. конф. – 14-16 мая 2008 г. – Т. 1. – С. 114-118.

7. Матвійчук, Я.М. Апроксимація математичних макромоделей електронних пристроїв [Текст] / Я. Матвійчук, П. Малахівський // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2011. – Вип. 14. – С. 78-86.

8. Савчук, С.Г. Встановлення вихідних координат референціальних станцій мережі ZAKPOS [Текст] / С.Г. Савчук, О.Я. Гринишина-Полога // Геодез., картогр. і аерофотознім. – 2009. – № 72. – С. 3-13.

9. Янків-Вітковська, Л.М. До питання аналізу систематичних похибок координат перманентної GPS-станції SULP [Текст] / Л.М. Янків-Вітковська, С.Г. Савчук, В.К. Паучок // Вісн. геодез. та картогр. – 2007. – № 5. – С. 9-13.

10. Янків-Вітковська, Л.М. Дослідження динаміки змін координат перманентних GPS-станцій [Текст] / Л.М. Янків-Вітковська, С.Г. Савчук, В.К. Паучок // Вісн. геодез. та картогр. – 2008. – № 1. – С. 7-12.

11. Янків-Вітковська, Л.М. Дослідження динаміки змін координат GPS-станцій для прогнозування їх точності [Текст] // Геодез., картогр. і аерофотознім. – 2011. – Вип. 74. – С. 77-82.

12. Янків-Вітковська, Л.М. Про кореляційний зв'язок геодезичних і геосейсмічних процесів [Текст] // Геодез., картогр. і аерофотознім. – 2011. – Вип. 75. – С. 36-52.

### Інтернет-джерела

13. *Elevation and Azimuth of the Moon.* – <http://www.jgiesen.de/elevazmoon/>

14. *EPN – Європейська перманентна мережа.* – <http://www.epncb.oma.be/>

15. *ZAKPOS – мережа референціальних GNSS-станцій.* – <http://zakpos.zakgeo.com.ua/>

Надійшла 28.03.12

\* \* \*

УДК 556.5:528.02

С. Д. Крячок, Л. С. Мамонтова

## ВРАХУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РЕФРАКЦІЇ ПІД ЧАС ГІДРОМЕТРИЧНИХ РОБІТ

*Доказана принципиальна можливість измерения и учета влияния атмосферного оптического клина при нивелировании. Действие атмосферного оптического клина смоделировано в лаборатории инженерно-строительного факультета Черниговского государственного института экономики и управления.*

*It is proved the principal possibility of measuring and taking into account the influence of atmospheric optical wedge during leveling. The influence of atmospheric optical wedge is modelled in the laboratory of Civil Engineering Faculty of Chernihiv State Institute of Economics and Management.*

**Постановка проблеми.** Виконання гідрометричних робіт часто пов'язане з необхідністю прокладання нівелірних ходів через водні акваторії для передачі висот на водомірні пристрої. В таких випадках на

результати нівелювання сильно впливають зміни температури, густини та вологості повітря на шляху проходження візирного променя. Виникає ефект викривлення світлових променів, що йдуть від рейки до нівеліра. Тому в ході вимірювань особливу увагу слід звертати на вертикальну рефракцію, що впливає на

© С. Д. Крячок, Л. С. Мамонтова, 2012



точність проведення нівелювання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, дотичних до вирішення проблеми.** З великого списку праць на тему дослідження впливу рефракції на точність геодезичних вимірювань та розробки методів і засобів його врахування виділимо три головні напрями:

1. Аналітичні розрахунки для визначення аномальної вертикальної рефракції під впливом турбулентності атмосфери [9, 12, 13]. Недоліком цього методу є відсутність даних необхідної точності і, як наслідок, – спотворення результатів.

2. Визначення поправок за рефракцію на основі врахування амплітуди коливань візирних цілей [3,4,9,11]. Дослідники доводять, що вертикальної рефракції не буде, коли густина та показник заломлення повітря не змінюватимуться з висотою, а також те, що термічна турбулентність й аномальна рефракція діють одночасно. Причиною вертикальних коливань зображень візирних цілей у зорових трубах є, здебільшого, флуктуації вертикального аномального градієнта температури на всьому шляху руху візирного променя.

Пропонуються різні методи визначення цього виду рефракції за коливаннями візирних цілей [1-4]. Серед них варіант автоматичного вимірювання амплітуди коливань за допомогою цифрової оптико-електронної камери [11], а також методи й засоби визначення та врахування дії вертикальної рефракції із застосуванням пристроїв керування лазерним променем [9]. Багаторічні спостереження авторів праць [3-5,9,12,13] довели системність та закономірність процесу коливань візирних цілей у термічно турбулентній атмосфері. Проте широкого застосування методи визначення аномальної вертикальної рефракції за коливаннями візирних цілей у практиці точного і високоточного нівелювання не знайшли через складність таких вимірювань.

3. Використання методів визначення вертикальної рефракції з одночасним вимірюванням зенітних відстаней, що дозволяють виключити вплив фактора часу і визначати кути рефракції при нестійкій стратифікації атмосфери [9,13]. Але при цьому вимірювання потрібно виконувати одночасно двома приладами.

**Невирішені частини загальної проблеми.** У районах з розвинутою гідрографічною мережею підстильна поверхня характеризується тим, що вона має багато локальних ділянок з різними показниками відбивання та поглинання сонячних променів. Це ускладнює визначення вертикальної рефракції відомими способами для введення поправки за рефракцію під час нівелювання.

Температура повітря над такими поверхнями поступово вирівнюється з висотою і стає однаковою на висоті близько 1 км [7]. Вночі температура повітря над водною поверхнею вища, ніж над сушею, а вдень – навпаки. Це спричинює появу над поверхнею води атмосферного оптичного клина. Межа між повітряним середовищем у середині клина і поза ним має різний вигляд. У перерізі створу нівелювання це звивиста лінія, положення і форма якої змінюється з часом. Уранці температура повітря над поверхнею водойми і над її

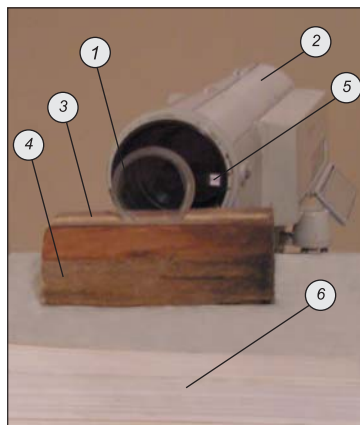
берегами вирівнюється приблизно через 0,5 години після сходу сонця, а ввечері таке вирівнювання спостерігається між 19 та 24-ю годинами [7].

Впливу атмосферного оптичного клина на результати нівелювання можна уникнути подвійним нівелюванням (за аналогією з методом взаємних одночасних вимірювань зенітних відстаней) [13]. Для виконання нівелювання за такою технологією необхідно мати два прилади і два кваліфікованих спостерігача, а це ускладнює вимірювання.

**Постановка завдання.** Щоб підвищити точність передачі висотної координати через акваторію, можна скористатися пристроєм, який запропонували його винахідники і який містить, крім нівеліра і рейки, механізм вимірювання і врахування впливу атмосферного оптичного клина [10]. Механізм складається з призми типу БР-180°, встановленої на штативі поряд з рейкою. Ребро призми орієнтують вертикально за допомогою автоколімаційної трубки і посудини з рідиною.

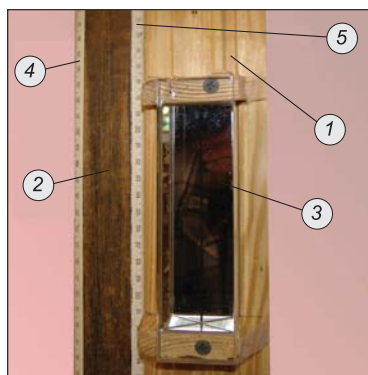
Для підтвердження принципової можливості вимірювання і врахування впливу атмосферного оптичного клина на результати нівелювання ми провели експериментальні дослідження в лабораторних умовах.

**Виклад основного матеріалу.** У роботі використовувався високоточний нівелір Н-05 № 01140 з плоскопаралельною пластиною. Нівелір встановили в аудиторії № 116 корпусу інженерно-будівельного факультету Чернігівського державного інституту економіки і управління. Підставкою для нівеліра слугував циліндричний металевий стовпчик заввишки 1,2 м, діаметром 0,2 м, до верхньої частини якого було приварено металеву пластинку з отвором для станового гвинта нівеліра. Нижню частину стовпчика закріпили анкерними болтами до цементного фундаменту, тож нівелір мав стабільне положення в ході експерименту. Для проведення вимірювань з моделюванням атмосферного оптичного клина використано скляний оптичний клин 1 з кутом заломлення візирного променя  $\alpha=60''$  (мал. 1). Його встановили перед об'єктивом нівеліра 2 та закріпили нерухомо в пазу 3 дерев'яного бруска 4. Сигнальний індекс 5 для авто-рефлекторного наведення мав вигляд бісектора –



Мал. 1. Взаємне розташування нівеліра та оптичного клина під час експерименту

двох чітких паралельних горизонтальних ліній, нанесених на білій смужці паперу, приклеєної до захисного скла нівеліра. Оптичний клин 1 своїм головним перетином встановлювався у створі "нівелір – рейка". Брусок 4 розташовувався на підвищенні 6. Відстань від захисного скла нівеліра до оптичного клина дорівнювала 4 см.

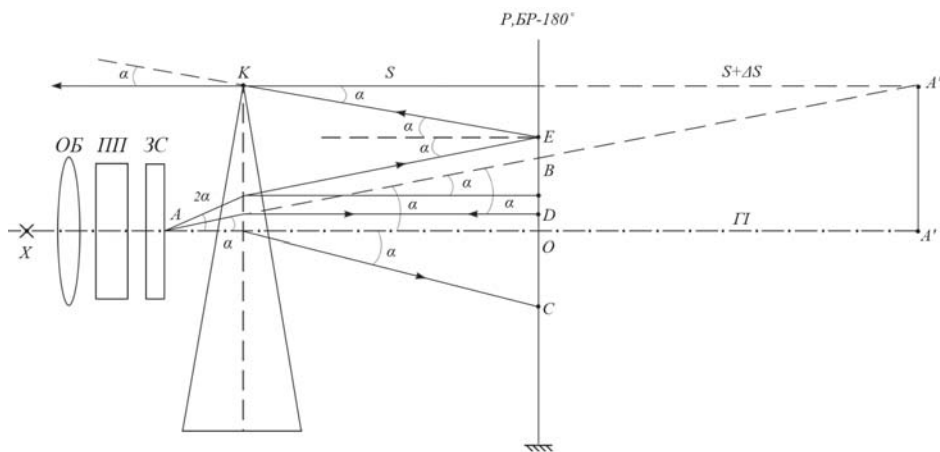


Мал. 2. Імітатор рейки з призмою БР-180°

Імітатор рейки (мал. 2) у вигляді дерев'яної дошки 1 з прикріпленими до неї лінійкою 2 та призмою БР-180° 3 закріпили на дерев'яній основі, яка в свою чергу була закріплена нерухомо на стіні аудиторії. Кріплення дошки 1 мало вигляд верхнього і нижнього па-зів, у які встановили дошку з натягом на

рівні проходження візирного променя від нівеліра, встановленого на металевому стовпчику. Лінійка на правому та лівому торцях мала міліметрові шкали 4 та 5, нанесені на пластикову основу довжиною 50 см. Відстань від нівеліра до рейки – 5,05 м.

**Теоретичне обґрунтування методики вимірювань.** На мал. 3 зображено узагальнену оптичну систему зорової труби нівеліра Н-05, де  $X$  – хрест сітки ниток;  $OB$  – об'єктив;  $ПП$  – плоскопаралельна пластина оптичного мікрометра;  $ЗС$  – захисне скло із сигнальним індексом авторефлексії  $A$ ;  $K$  – оптичний клин перед зоровою трубою нівеліра;  $P$ ,  $БР-180^\circ$  – рейка та ребро призми БР-180°, які встановлені вертикально.



Мал. 3. Проходження променів через оптичний клин

Вважається, що сигнальний індекс авторефлексії збігається з візирним променем зорової труби. Для горизонтального променя зображення сигнального індексу авторефлексії  $A$  буде знаходитись на продовженні візирного променя в точці  $A''$  поза ребром дзеркальної призми БР-180°, причому  $AO=A'O$ .

Після встановлення оптичного клина між нівеліром та рейкою зображення сигнального індексу авторефлексії переміщується в точку  $A''$ , як видно з побудови зворотного ходу променів, що вийшли з точки  $A$  під кутом  $\alpha$  та  $2\alpha$  до горизонту інструмента ( $\Gamma$ ). Для спрощення вважали, що

заломлення променів оптичним клином  $K$  відбувається точно посередині бісектриси головного перетину клина, позначеного на мал. 3 пунктирною лінією. Оптичний клин заломлює промінь на величину  $\alpha$  до своєї основи. З малюнка видно, що промінь, який вийшов від індексу авторефлексії  $A$  під кутом  $2\alpha$  до  $\Gamma$ , після відбиття від ребра призми БР-180° і заломлення оптичним клином повернеться горизонтальним (промінь  $A''K$ ).

На початку дослідження (без використання оптичного клина), нівелір горизонтувався та виконувалось наведення хреста сітки ниток на зображення авторефлексії  $A'$  і брався відлік  $A_1$  за шкалою барабана мікрометра. Після перефокусування зорової труби на рейку брався відлік  $a_0$  за рейкою, що відповідає точці  $O$  (мал. 3).

Потім встановлювали оптичний клин і брали відлік за рейкою, що відповідає положенню точки  $C$ . Відрізок  $OC$  дорівнює:

$$OC = S \cdot \operatorname{tg} \alpha \approx S \frac{\alpha}{\rho},$$

де  $S$  – відстань від  $K$  до  $P$ .

Після перефокусування зорової труби у полі зору з'являлось зображення сигнального індексу авторефлексії  $A''$  у фокальній площині об'єктива в точці її перетину з осьовим променем, що з'єднує точку  $A''$  з вузловою точкою об'єктива (на мал. 3 її не показано). Рухом барабана оптичного мікрометра плоскопаралельної пластини перехоплювався промінь  $A''K$ , паралельний візирному променю  $XA$ , до потрапляння зображення індексу авторефлексії  $A''$  на середину хреста сітки ниток  $X$ . Відлік, взятий за шкалою оптичного мікрометра плоскопаралельної пластини згідно з порядком взяття відліків, наведеним нижче, дорівнює  $A_4$ . Тоді різниця між відліками  $A_4$  та  $A_1$ , взята в лінійній мірі, дорівнює:

$$A_4 - A_1 = A''A'. \quad (1)$$

Оскільки трикутники  $AOB$  та  $AA''A'$  подібні й прямокутні та  $AO=OA'$ , то

$$A'A'' = 2OB.$$

Якщо позначити відстань від точки  $A$  до осі клина  $K$  вздовж візирного променя  $XA$  за  $\Delta S$ , тоді

$$OB = (S + \Delta S) \cdot \operatorname{tg} \alpha \approx (S + \Delta S) \frac{\alpha}{\rho};$$

$$A'A'' = 2OB = 2(S + \Delta S) \frac{\alpha}{\rho}. \quad (2)$$

З мал. 3 видно, що  $BD=OC$ .

Тоді відрізок  $OB$  дорівнює:

$$OB = BD + DO = OC + DO = S \cdot \operatorname{tg} \alpha + DO \approx S \frac{\alpha}{\rho} + DO. \quad (3)$$



Якщо підставити вираз (3) у формулу (2), то

$$A'A'' = 2S \frac{\alpha}{\rho} + 2\Delta S \frac{\alpha}{\rho} = 2S \frac{\alpha}{\rho} + 2DO,$$

звідки  $DO = \Delta S \alpha / \rho$ .

З урахуванням  $OC$  маємо:  $A'A'' = 2(OC + DO)$ .

У нашому експерименті  $\Delta S = 4$  см. Тоді для  $\alpha = 60''$ :

$$DO = \Delta S \cdot \alpha / \rho = 40 \text{ мм} \cdot 60'' / 206265'' = 0,012 \text{ мм}. \quad (4)$$

Щоб визначити відлік, вільний від впливу оптичного клина, який відповідає положенню візирного променя у точці  $O$ , здійснили таке обчислення:

$$\frac{A'A''}{2} = OC + OD.$$

Звідси визначили відхилення візирного променя оптичним клином з урахуванням рівнянь (1) та (4):

$$OC = \frac{A'A''}{2} - OD = \frac{A_4 - A_1}{2} - 0,012 \text{ мм}. \quad (5)$$

Значення відліку  $a_0$ , вільне від впливу оптичного клина, з урахуванням (5) дорівнює:

$$a_0' = a_1 + OC = a_1 + \frac{A_4 - A_1}{2} - 0,012 \text{ мм}, \quad (6)$$

де  $A_1$  – відлік за шкалою оптичного мікрометра плоскопаралельної пластини на сигнальний індекс авторефлексії без оптичного клина,  $A_4$  – відлік за шкалою оптичного мікрометра плоскопаралельної пластинки на сигнальний індекс авторефлексії з використанням оптичного клина;  $a_1$  – відлік за рейкою через оптичний клин, коли на шкалі оптичного мікрометра встановлено відлік  $A_1$ .

#### Опрацювання результатів експерименту.

Виконано наведення середньої нитки хреста ниток нівеліра за допомогою оптичного мікрометра та обчислено середні значення  $A_i$  з відліків за шкалою оптичного мікрометра у лінійній мірі на:

- бісектор сигнального індексу авторефлексії без оптичного клина (30 наведень); обчислено  $A_1$ ;
- 268-й штрих міліметрової шкали імітатора рейки без оптичного клина (30 наведень); обчислено  $A_2$ ;
- 267-й штрих міліметрової шкали імітатора рейки через оптичний клин (30 наведень); обчислено  $A_3$ ;
- бісектор сигнального індексу авторефлексії через оптичний клин (34 наведення); обчислено  $A_4$ .

Оскільки за еталон лінійної міри було взято шкалу оптичного мікрометра, як точнішу априорі в порівнянні з міліметровими поділками імітатора рейки, тому довжину інтервалу між 267-м та 268-м штрихами імітатора рейки визначено у масштабі шкали. Для цього виконано по 30 наведень, взято по 30 відліків за шкалою на 267-й та 268-й штрихи імітатора рейки, обчислено середні значення відліків  $A_5$  та  $A_6$  у лінійній мірі відповідно. У таблицю зведено значення середніх  $A_i$  та виконано точкове й інтервальне оцінювання точності експериментальних даних для довірчої імовірності  $P=0,95$  за стандартною методикою [8]. За критерієм Пірсона, ряди, складені з відліків, знятих оптичним мікрометром нівеліра та з яких визначались  $A_i$ , перевірено на відповідність їх нормальному законові розподілу, що й було підтверджено (див. таблицю).

У підсумку довжина інтервалу  $\Delta$  між 267-м та 268-м штрихами шкали імітатора рейки у масштабі шкали оптичного мікрометра склала:

$$\Delta = A_6 - A_5 = 2,599 \text{ і } -1,572 \text{ мм} = 1,027 \text{ мм}. \quad (7)$$

СКП довжини інтервалу  $\Delta$  обчислено з виразу

$$m_{\Delta} = \sqrt{m_{A_6}^2 + m_{A_5}^2} = \sqrt{(0,0011 \text{ мм})^2 + (0,0025 \text{ мм})^2} = 0,0027 \text{ мм}. \quad (8)$$

Таким чином, інтервал між 267-м та 268-м штрихами довший за номінальний на 0,027 мм у масштабі шкали оптичного мікрометра. Оскільки відліки за шкалою оптичного мікрометра і за шкалою імітатора рейки змінюються за прямо пропорційним законом (267 мм відповідає  $A_5=1,572$  мм, а 268 мм відповідає  $A_6=2,599$  мм), то для номінальної довжини інтервалу  $\Delta=1,000$  мм 267-й штрих знаходився б ближче на 0,027 мм до 268-го штриха, ніж це є насправді. Тоді відлік  $A_3$  за шкалою оптичного мікрометра, взятий у лінійній мірі, буде на 0,027 мм більшим, ніж у нашому випадку. Уточнений відлік  $A_3'$  дорівнює:

$$A_3' = 0,630 \text{ мм} + 0,027 \text{ мм} = 0,657 \text{ мм}.$$

На мал. 4 схематично зображено нівелір Н-05 і шкалу імітатора рейки  $P$  з 267-м та 268-м міліметровими штрихами; візирним променям відповідають відліки за рейкою  $a_0$  та  $a_1$ ; вказано відповідні

#### Результати опрацювання експериментальних даних

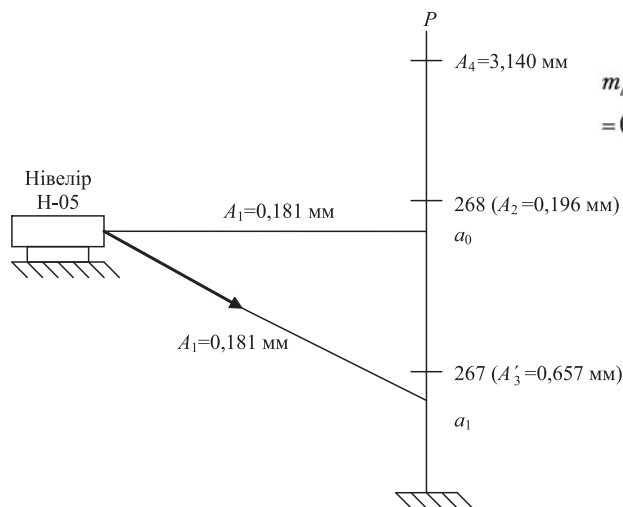
Номер середнього	Значення середнього $A_i$ , мм	СКП одного наведення $m$ , мм	СКП середнього $m_A$ , мм	Інтервальна оцінка		
				математичного сподівання, мм (верхня/нижня межі)	СКВ одного наведення, мм (верхня/нижня межі)	СКВ середнього, мм (верхня/нижня межі)
$A_1$	0,181	0,0225	0,0041	0,173 / 0,189	0,0173 / 0,0288	0,0032 / 0,0052
$A_2$	0,196	0,0123	0,0022	0,192 / 0,200	0,0097 / 0,0157	0,0017 / 0,0028
$A_3$	0,630	0,0192	0,0035	0,623 / 0,637	0,0151 / 0,0246	0,0027 / 0,0045
$A_4$	3,140	0,0383	0,0066	3,127 / 3,153	0,0305 / 0,0483	0,0052 / 0,0083
$A_5$	1,572	0,0135	0,0025	1,567 / 1,577	0,0106 / 0,0173	0,0020 / 0,0032
$A_6$	2,599	0,0061	0,0011	2,597 / 2,601	0,0048 / 0,0078	0,0009 / 0,0014

Примітка: СКП – середня квадратична похибка; СКВ – середнє квадратичне відхилення.



середні значення  $A_i$  з відліків за шкалою оптичного мікрометра у лінійній мірі. На ньому видно, що відлік за шкалою імітатора рейки  $a_0$ , який відповідає горизонтальному візирному променеві, без використання оптичного клина, становитиме величину

$$a_0 = 268 \text{ мм} - (A_2 - A_1). \quad (9)$$



Мал. 4. Схема взяття відліків за шкалою імітатора рейки

Відлік за шкалою імітатора рейки  $a_1$ , який відповідає візирному променеві, заломленому оптичним клином, дорівнює:

$$a_1 = 267 \text{ мм} - (A_3' - A_1). \quad (10)$$

Згідно з даними, наведеними у таблиці, та з урахуванням виразу (6)

$$\begin{aligned} a_0 &= 268 \text{ мм} - (0,196 \text{ мм} - 0,181 \text{ мм}) = 267,985 \text{ мм}; \\ a_1 &= 267 \text{ мм} - (0,657 \text{ мм} - 0,181 \text{ мм}) = 266,524 \text{ мм}; \\ a_0' &= 266,524 \text{ мм} + (3,140 \text{ мм} - 0,181 \text{ мм})/2 - 0,012 \text{ мм} = \\ &= 267,991 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Також обчислено різницю відліку за шкалою імітатора рейки з використанням оптичного клина, але вільного від впливу  $a_0'$ , та  $a_0$ , що відповідає горизонтальному візирному променеві без застосування оптичного клина:

$$\Delta a = a_0' - a_0 = 267,991 \text{ мм} - 267,985 \text{ мм} = 0,006 \text{ мм}.$$

Визначаємо суттєвість чи несуттєвість значення величини  $\Delta a = 0,006 \text{ мм}$ . Для цього  $A_3'$  подаємо у такому вигляді:

$$A_3' = A_3 + (\Delta - 1 \text{ мм}). \quad (11)$$

Величину  $\Delta a = a_0' - a_0$  з урахуванням виразів (9-11) приводимо до вигляду:

$$\Delta a = -0,5A_1 + A_2 - A_3 + 0,5A_4 - \Delta - 0,012 \text{ мм}. \quad (12)$$

Після підстановки відповідних значень  $A_i$  з таблиці та значення  $\Delta$  з формули (7) отримуємо:

$$\begin{aligned} \Delta a &= -0,5 \cdot 0,181 \text{ мм} + 0,196 \text{ мм} - 0,630 \text{ мм} + \\ &+ 0,5 \cdot 3,140 \text{ мм} - 1,027 \text{ мм} - 0,012 \text{ мм} = 0,006 \text{ мм}, \end{aligned}$$

що збігається зі значенням величини  $\Delta a = 0,006 \text{ мм}$ ,

отриманим вище. За формулою (12) визначаємо СКП величини  $\Delta a$ :

$$m_{\Delta a} = \sqrt{0,25m_{A_1}^2 + m_{A_2}^2 + m_{A_3}^2 + 0,25m_{A_4}^2 + m_{\Delta}^2}.$$

З урахуванням значень  $m_{A_i}$  з таблиці та значення  $m_{\Delta}$  за формулою (8) обчислюємо значення  $m_{\Delta a}$ :

$$\begin{aligned} m_{\Delta a} &= \sqrt{0,25 \cdot (0,0041)^2 + 0,0022^2 + 0,0035^2 + 0,25 \cdot (0,0066)^2 + 0,0027^2} = \\ &= 0,0063 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

Таким чином, різниця  $\Delta a$  межує з СКП її визначення  $m_{\Delta a}$ , а отже, різниця  $\Delta a = 0,006 \text{ мм}$  є несуттєвою.

Відхилення візирного променя оптичним клином від горизонтального положення (див. мал. 3) згідно з рівнянням (5) і табличними значеннями  $A_i$  становитиме:

$$OC = \frac{3,140 \text{ мм} - 0,181 \text{ мм}}{2} - 0,012 \text{ мм} = 1,468 \text{ мм},$$

що для відстані від оптичного клина до рейки  $S = 5,01 \text{ м}$  відповідає кутовій величині

$$\alpha = \frac{OC}{S} \rho'' = \frac{1,468 \text{ мм}}{5010 \text{ мм}} \cdot 206265'' = 60,4''.$$

**Висновок і перспективи подальших досліджень.** Проведений експеримент показав принципову можливість зняття відліку за рейкою на станції нівелювання в лабораторних умовах імітації атмосферного оптичного клина, а також можливість обчислення величини відхилення візирного променя оптичним клином. Такі дослідження потребують виготовлення спеціального пристрою для приведення ребра призми у вертикальне положення, як це пропонується авторами-експериментаторами документа [10], та проведення експерименту в польових умовах.

### Література

1. Алексеев, А.В. Оптическая рефракция в земной атмосфере (горизонтальные трассы) [Текст] / А.В. Алексеев, М.В. Кабанов, И.Ф. Куштин. – Новосибирск: Наука, 1982. – 160 с.
2. Апенко, М.И. Прикладная оптика [Текст] / М.И. Апенко, А.С. Дубовик. – М.: Наука, 1982. – 352 с.
3. Джуман, Б.М. Флуктуационный метод визначення вертикальної рефракції [Текст] / Б.М. Джуман // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2001. – С. 43-47.
4. Джуман, Б.М. Методы учета нивелирной рефракции по колебаниям изображений и оценка их точности [Текст] / Б.М. Джуман, Н.И. Кравцов, А.И. Терещук // Геодез., картогр. и аэрофотосъемка. – 1992. – № 53. – С. 23-28.
5. Джуман, Б.М. Метод определения нивелирной рефракции [Текст] / Б.М. Джуман, П.В. Павлив, И.И. Стащишин // Геодез., картогр. и аэрофотосъемка. – 1979. – № 30. – С. 66-69.
6. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР [Текст]. – М.: Недра, 1966. – 148 с.



7. Куштин, И.Ф. Рефракция световых лучей в атмосфере [Текст] / И.Ф. Куштин. – М.: Недра, 1971. – 128 с.

8. Методичні вказівки з теорії математичної обробки геодезичних вимірювань для студентів спеціальності 1301 "Прикладна геодезія". Ч. 1. Теорія ймовірностей, математична статистика, теорія помилок вимірювань / Уклад. С.П. Войтенко, О.М. Самойленко. – К.: КІБІ, 1992. – 84 с.

9. Мороз, О.І. Визначення та врахування вертикальної рефракції під час геодезичних вимірювань [Текст] / О.І. Мороз. – Л.: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2003. – 199 с.

10. Патент 78095. Україна, МПК (2007) G02B13/00. Пристрій передачі висотної координати / В. О. Боровий, В. Г. Бурачек, Л. С. Мамонтова, Т. М. Малік; заяв-

ник та патентовласник Черніг. держ. ін-т економіки і управління. – № а20/5 02354; заявл. 15.03.2005; опубл. 15.02.2007; бюл. № 2.

11. Островська, О.І. Дослідження можливостей визначення аномальної вертикальної рефракції цифровими камерами ПЗЗ [Текст] / О.І. Островська // Інж. геодез. – 2002. – Вип. 48. – С. 181-190.

12. Островський, А.Л. Виведення формули визначення аномальної вертикальної рефракції на основі теорії турбулентності атмосфери [Текст] / А.Л. Островський // Геодез., картогр. і аерофотознім. – 2003. – № 64. – С. 59-72.

13. Островский, А.Л. Учет атмосферных влияний на астрономо-геодезические измерения [Текст] / А.Л. Островский, Б.М. Джуман, Ф.Д. Заблоцкий, Н.И. Кравцов. – М.: Недра, 1990. – 183 с.

Надійшла 27.03.12

\* \* \*

## КАЛЕНДАР ПОДІЙ

Назва заходу	Дата і місце проведення	Веб-сайт / контактна адреса
4-та Міжнародна конференція з картографії та ГІС	18-22 червня 2012 р. м. Албена (Болгарія)	<a href="http://cartography-gis.com/4thConference/Index.html">http://cartography-gis.com/4thConference/Index.html</a>
4-й Міжнародний симпозіум Комісії з історії картографії Міжнародної картографічної асоціації	28-29 червня 2012 р. м. Будапешт (Угорщина)	<a href="http://lazarus.elte.hu/~zoltorok/2012_Budapest/">http://lazarus.elte.hu/~zoltorok/2012_Budapest/</a>
Міжнародна наукова конференція "ІнтерКарто-ІнтерГІС-18"	26-28 червня 2012 р. м. Смоленськ (Росія)	<a href="http://www.intercarto18.ru/index.php/ru/">http://www.intercarto18.ru/index.php/ru/</a>
	2-4 липня 2012 р. м. Сен-Дьє-де-Вож (Франція)	<a href="http://intercarto18.net/index.shtml">http://intercarto18.net/index.shtml</a>
6-та Міжнародна конференція з наземного лазерного сканування	26-27 липня 2012 р. м. Ніцца (Франція)	<a href="http://www.optech.ca/i3dugm/">http://www.optech.ca/i3dugm/</a>
27-ма сесія Групи експертів ООН з географічних назв	30 липня – 10 серпня 2012 р. м. Нью-Йорк (США)	<a href="http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/default.html">http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/default.html</a>
10-та конференція зі стандартизації географічних назв	31 липня – 9 серпня 2012 р. м. Нью-Йорк (США)	<a href="http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/default.html">http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/default.html</a>
32-й Міжнародний географічний конгрес (IGC Cologne 2012)	26-30 серпня 2012 р. м. Кельн (Німеччина)	<a href="http://www.igc2012.org/">http://www.igc2012.org/</a>
XXII Конгрес Міжнародного товариства фотограмметрії та дистанційного зондування (ISPRS)	25 серпня – 1 вересня 2012 р. м. Мельбурн (Австралія)	<a href="http://www.isprs2012-melbourne.com/">http://www.isprs2012-melbourne.com/</a>
Генеральна асамблея Eurogeographics	3-5 вересня 2012 р. м. Гельсінкі (Фінляндія)	<a href="http://www.eurogeographics.org/event/eurogeographics-general-assembly-2012">http://www.eurogeographics.org/event/eurogeographics-general-assembly-2012</a>
XXI Міжнародна наукова конференція на тему: "Інновації у географічній освіті й картографії"	10-13 вересня 2012 р. м. Харків (Україна)	Кафедра фізичної географії та картографії, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, площа Свободи, 4, м. Харків, 61022
V Всеукраїнська науково-практична конференція "Національне картографування"	13-14 вересня 2012 р. м. Київ (Україна)	<a href="http://www.ignau.org.ua/conference.htm">http://www.ignau.org.ua/conference.htm</a>
XI з'їзд Українського географічного товариства	25-28 вересня 2012 р. м. Дніпропетровськ (Україна)	<a href="http://www.ggf-dnu.org.ua/publ/xi_z_39_jizd_ukrajinskogo_geografichnogo_tovaristva_ukrajina_geografija_cilej_i_mozhливостей/2-1-0-817">http://www.ggf-dnu.org.ua/publ/xi_z_39_jizd_ukrajinskogo_geografichnogo_tovaristva_ukrajina_geografija_cilej_i_mozhливостей/2-1-0-817</a>
INTERGEO 2012	9-11 жовтня 2012 р. м. Ганновер (Німеччина)	<a href="http://www.intergeo.de/de/index.html">http://www.intergeo.de/de/index.html</a>
Франкфуртський книжковий ярмарок	9-15 жовтня 2012 р. м. Франкфурт (Німеччина)	<a href="http://www.buchmesse.de">http://www.buchmesse.de</a>
XXXV Всепольська картографічна конференція	25-26 жовтня 2012 р. м. Познань (Польща)	<a href="http://www.kartografia.amu.edu.pl/konferencje/XXXV_OKK/XXXV_OKK_zaproszenie.pdf">http://www.kartografia.amu.edu.pl/konferencje/XXXV_OKK/XXXV_OKK_zaproszenie.pdf</a>