

можливість зменшити кутові спотворення, спрощує виготовлення дефлектора, а також, що дуже важливо, застосовувати ефективні відбивальні покриття.

Зрештою спотворення форми лазерної плями не впливає на зміну положення енергетичної осі випромінювання, якщо виключити деформації відбивача.

1. Апенко М.И., Дубовик А.С. *Прикладная оптика*. – М.: Наука, 1982. – 512 с.
2. Глозман И.А. *Пьезокерамики*. – М.: Энергия, 1972. – 288 с.
3. Глозман И.А., Власов П.В. *Применение пьезокерамики*. – М.: Знание, 1970. – 48 с.
4. Зацаринный А.В. *Автоматизация высокоточных инженерно-геодезических измерений*. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
5. Кузьо И.В., Шевченко Т.Г. *Расчет и контроль установки агрегатов непрерывного производства*. – Львов: Вища школа, 1987. – 176 с.
6. Мороз О.И. *Визначення та врахування дії аномальної складової вертикальної рефракції застосуванням магнітоелектричних пристроїв* // *Вісн. Рівненського держ. техн. ун-ту*. – Рівне, 2002. – С. 332 – 338.
7. Мороз О.И. *До питання врахування впливу вертикальної рефракції у термічно турбулентній атмосфері* // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 2001. – № 61. – С. 85 – 88.
8. Мороз О.И., Шевченко Т.Г. *Визначення вертикальної рефракції та врахування її впливу* // *Інженерна геодезія*. – К.: КНУБА, 2002. – № 45. – С. 186 – 193.
9. Мороз О.И., Шевченко Т.Г. *Врахування аномальної вертикальної рефракції лазерного променя з використанням фотоелектричного датчика* // *Вісник геодезії та картографії*. – 2002. – № 2. – С. 20 – 22.
10. Островский А.Л., Мороз А.И. *Теория и практика флуктуационного метода определения вертикальной рефракции* // *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2000. – № 3. – С. 11 – 29.
11. Сапожков М.А. *Электроакустика*. – М.: Связь, 1978. – 272 с.
12. Светолучевые осциллографы / Хертель В., Деленхарт И., Кюбнер А.М. и др. – Л.: Энергия, 1965. – 347 с.
13. *Спосіб визначення вертикальної рефракції: Деклараційний патент 46968 А. Україна, МПК 7G01C5/00* / Мороз О.И. (Україна) – № 2000127217. Заявл. 15.12.2000; опубл. 17.06.2002. Бюл. № 6. – 4 с.
14. Ямбаев Х.К. *Специальные приборы для инженерно-геодезических работ*. – М.: Недра, 1996. – 267 с.
15. Witte В., Deuben D. *Возможности применения цифровой камеры для определения вертикальной рефракции* // *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2001. – № 2. – С. 130 – 139.

УДК 528.21/22

О.И. Мороз, О.А. Островська

Національний університет "Львівська політехніка"

СПРОБА ВИЗНАЧЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РЕФРАКЦІЇ ЗА МИТТЄВИМИ ЗМІНАМИ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

© Мороз О.И., Островська О.А., 2002

Показана возможность определения вертикальной рефракции по мгновенным колебаниям температуры, которые качественно и количественно эквивалентны колебаниям температурных градиентов.

Possibility of the vertical refraction determination by instantaneous temperature fluctuations, which qualitatively and quantitatively equivalent to fluctuations of the temperature gradients was showed.

I. Вертикальну рефракцію – $\delta_{сер}$ в термічно турбулентній атмосфері визначають за формулою

$$\delta_{сер} = 0,198 \frac{P}{T} L - 8,132 \frac{P}{T^2} L \gamma_{ан.ек.сер}, \quad (1)$$

де $\delta_{сер}$ – середня рефракція протягом відрізка часу 1 – 2 с, необхідного для наведення зорової труби спостерігачем на візирну ціль, P – тиск в ГПас, T – абсолютна температура повітря, L – довжина лінії візування. При цьому перший член формули (1) описує нормальну частину рефракції, визначення якої не викликає труднощів, оскільки відношення $\frac{P}{T^2}$ мало змінюється з часом в реальних умовах і достатньо знати P та T за даними найближчої метеостанції, або виміряти їх в одній точці. Труднощі полягають у визначенні аномальної частини рефракції, яку описує другий член формули (1). У цьому члені $\gamma_{ан.ек.сер}$ – аномальний середній еквівалентний (ваговий) градієнт температури, визначення якого вважається неможливим без градієнтних вимірів температури в багатьох точках траси на висоті розповсюдження променя світла.

У статті описана спроба визначити рефракцію без градієнтних вимірів, на основі миттєвих вимірів температури безінерційними термометрами на висоті проходження візирного променя.

II. Подамо теоретичне обґрунтування такої спроби

Другий член формули (1) можна записати так:

$$\delta_{ан.сер}'' = -C \gamma_{ан.ек.сер}, \quad (2)$$

де

$$C = 0,198 \frac{P}{T} L = Const. \quad (3)$$

Відомо (див. наприклад [1]), що

$$\delta_{ан.сер}'' = \frac{\sigma_{max}''}{2}, \quad (4)$$

де σ_{max}'' – максимальний розмах коливань зображень візирної цілі (в секундах дуги) за час $t \geq 1$ с, що знаходиться на віддалі L від теодоліта.

На основі (4) та (2) можна записати

$$\sigma_{max}'' = 2C \gamma_{ан.ек.сер}. \quad (5)$$

Очевидно, що σ_{max}'' у формулі (5) пропорційні еквівалентним градієнтам. З іншого погляду, відомо [2], що при нестійкій стратифікації аномальні градієнти температури змінюються у границях від $\gamma_{ан.мин} = 0$ до $\gamma_{ан.мах}$. Це доведено на основі законів статички атмосфери та пливучості частинок атмосфери, а також теорії турбулентності атмосфери Моніна-Обухова. Тому можна записати

$$\gamma_{ан.ек.сер} = \frac{\gamma_{ан.мин} + \gamma_{ан.мах}}{2} = \frac{\gamma_{ан.мах}}{2}. \quad (6)$$

Нехай маємо рівну ділянку землі з однорідною трав'яною підстилюючою поверхнею, а промінь проходить на висоті 1,5 м, тоді $\gamma_{ан.ек.сер} = \gamma_{ан.сер}$. Градієнт $\gamma_{ан.сер}$, який визначається за формулою (6), слід зарахувати до висоти $h = 1,5$ м і знайти σ_{max}'' за формулою (5). Але, якщо на цій висоті аномальний градієнт змінюється від нуля до $\gamma_{ан.мах}$, то і температура повітря миттєво буде змінюватися на цій висоті в таких самих границях.

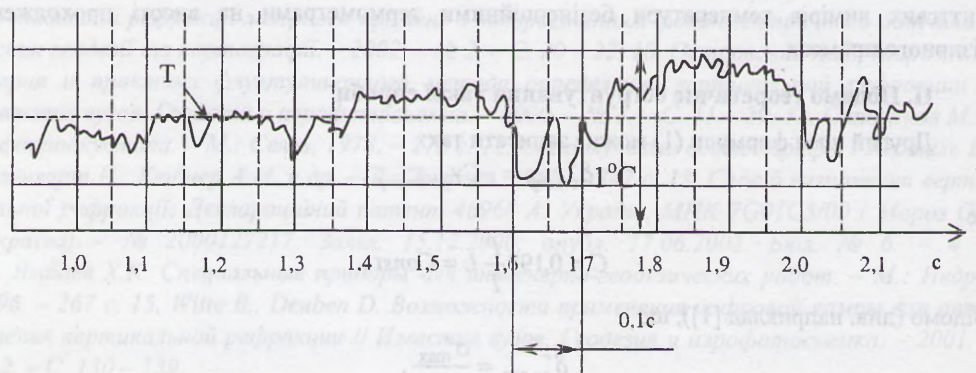
Причиною флуктуацій температури, як і градієнтів температури, є турбулентні переміщення частинок повітря, які переносять тепло. Тому флуктуації температури є якісно і кількісно аналогічними з флуктуаціями градієнтів температури.

Отже, ми доходимо висновку, що в разі однорідного рефракційного поля для визначення аномальної рефракції достатньо знати миттєві зміни температури в одній точці (на висоті теодоліта) протягом 1 – 2 с часу.

III. Приклад визначення рефракції за миттєвими температурами

На рисунку показано запис миттєвих змін температури, яку вимірювали протягом дещо більше 1 с безінерційним термометром в термічно турбулентній атмосфері. На перший погляд зміни температури мають тільки випадковий характер. Проте, на рисунку однозначно виділяються піки максимальних відхилень температури від середнього значення, мають частоту приблизно 0,5 – 1,0 Гц.

Знайдемо максимальний верхній пік коливань на рисунку. Йому відповідатиме градієнт $\gamma_{ан.мин} = 0$.



Запис миттєвих змін температури у приземному шарі атмосфери протягом ≥ 1 с

Проведемо через цю точку горизонтальну пряму, паралельну нижній лінії графіка – лінії часу. Ця пряма є лінією нульових градієнтів. Вертикальні відрізки від цієї прямої до точок кривої графіка, що зображає коливання температури (коливання миттєвих градієнтів), виражених в міліметрах графіка. Вертикальний масштаб графіка: 1°C (1 град/м) відповідає 29,5 мм. Знайдемо також максимальний нижній пік. Йому відповідає вертикальний відрізок, який дорівнює 20 мм. Тобто: максимальний вертикальний градієнт (за модулем) $\frac{dT}{dh} = \gamma_{ан.мах} = 0,714 \text{ град/м}$. Знайдемо середній градієнт. Відповідно з (6), маємо: $\gamma_{ан.сер} = 0,357 \text{ град/м}$. Зауважимо, такі середні градієнти $\gamma_{ан.сер} = 0,3 - 0,4 \text{ град/м}$ звичайно існують на висоті $h = 1,5$ м, над трав'яною поверхнею при ясній, антициклонній погоді.

Знаючи аномальний градієнт, визначимо аномальну рефракцію за формулами (2) та (3). При $L = 125$ м, $P = 986$ ГПас, $T = 288$ К, отримаємо $\delta_{ан.сер} = -4,32''$.

IV. Перевіримо, чи дійсно два вибрані нами піки коливань (верхній та нижній) є не випадковими і можуть характеризувати середнє значення градієнта, тобто впевнімося, що ці дві точки не займають під впливом турбулентності випадкового положення, як багато інших точок, а є дійсно закономірними. Знаючи, на основі тільки двох точок, середнє

значення градієнта проведемо вісь симетрії графіка. Далі перевіримо за багатьма миттєвими значеннями температури (градієнтів) чи ця вісь симетрії є насправді віссю симетрії. Для цього було виміряно за графіком усі відрізки (градієнти) через кожних 0,05 с на відрізку часу від 1,00 до 2,00 с. Це склало 21 вимір. Були також виміряні градієнти в точках, що мали положення в часі 1,62; 1,675; 1,870 с, тобто займали проміжне положення між відрізками часу 0,05 с. Результати вимірів наведені у таблиці (стовпець 3).

Результати графічних вимірів миттєвих температур (градієнтів температури) та обчислених рефракцій, для траси $L = 125$ м. Флуктуації градієнтів – $\Delta\gamma$ та рефракцій – $\Delta\delta''$

№ з/п	Час, с	Миттєві градієнти $\gamma_{ан,і}$	Флуктуації градієнтів $\Delta\gamma_{ан,і}$	Миттєві рефракції $\delta''_{ан,і}$	Флуктуації рефракції $\Delta\delta''_{ан,і}$
1	1,00	-0,446	-0,115	-5,39''	-1,39''
2	1,05	-0,531	-0,200	-6,42	-2,42
3	1,10	-0,493	-0,162	-5,96	-1,96
4	1,15	-0,340	-0,009	-4,11	-0,11
5	1,20	-0,357	-0,026	-4,31	-0,31
6	1,25	-0,374	-0,043	-4,52	-0,52
7	1,30	-0,578	-0,247	-6,98	-2,98
8	1,35	-0,408	-0,077	-4,93	-0,93
9	1,40	-0,238	+0,098	-2,88	+1,12
10	1,45	-0,269	+0,062	-3,25	+0,75
11	1,50	-0,238	+0,093	-2,86	+1,14
12	1,55	-0,204	+0,127	-2,46	+1,54
13	1,60	-0,391	-0,060	-4,72	-0,72
14	1,62	-0,707	-0,376	-8,54	-4,53
15	1,65	-0,408	-0,077	-4,93	-0,93
16	1,675	-0,714	-0,383	-8,63	-4,63
17	1,70	-0,405	0,074	-4,89	-0,89
18	1,75	-0,204	+0,127	-2,46	+1,54
19	1,80	-0,129	+0,202	-1,56	+2,44
20	1,85	-0,068	+0,263	-0,82	+3,18
21	1,87	0,000	+0,331	0,00	+4,00
22	1,90	-0,085	+0,246	-1,03	+2,97
23	1,95	-0,075	+0,256	-0,91	+3,09
24	2,00	-0,255	-0,255	-3,08	+0,92
		$\gamma_{ан,сер} = -0,3312$	$\delta''_{ан,сер} = -4,00''$	$\sum_+ = 22,44''$ $\sum_- = 22,69''$	

Уточнене середнє значення $\gamma_{ан,сер,ут}$ (кількість вимірів $n = 24$) виявилось таким, що дорівнює $\gamma_{ан,сер,ут} = 0,3317$ град/м. Різниця з попереднім значенням становить тільки 0,026 град/м, що, враховуючи помилки графічних вимірів, можна вважати незначним. Значить теоретичні докази можливих змін атмосферних градієнтів температури і відповідних їм змін абсолютної температури підтверджені експериментально.

Надалі, за графіком були визначені миттєві амплітуди температури – $\Delta\gamma_{ан,і}$ (колонка 4), миттєві рефракції – $\delta''_{ан,і}$ (колонка 5), а також амплітуди рефракцій – $\Delta\delta''_{ан,і}$ (колонка 6).

ка б). Розбіжності між попереднім і точним середнім значенням аномальної рефракції становить всього 0,32". Отримані результати, на нашу думку, вказують на можливість визначення аномальних рефракцій за флуктуаціями температури, вимірними безінерційними термометрами.

Звернемо ще увагу на те, що миттєві рефракції, як і миттєві градієнти температури не змінюють знак. Змінюють знаки тільки амплітуди – відхилення від середнього значення рефракцій та градієнтів температури. Такий характер змін підтверджує правильність теоретичних положень.

Проведений дослід дозволяє стверджувати, що:

1. За миттєвими значеннями температури повітря, які флуктують аналогічно, як і вертикальні градієнти температури, можна визначати аномальну рефракцію.

2. Запропонований метод визначення рефракції, коли флуктуації температури вимірюються в одній точці, можна реалізувати тільки в рівнинній місцевості. Якщо ж висоти променя над поверхнею землі – перемінна величина, тоді флуктуації температури слід вимірювати на еквівалентній висоті променя.

3. Подальше вивчення такого методу визначення рефракції безперечно становить неабиякий інтерес, враховуючи, що безінерційні термометри дешеві, прості і доступніші прилади, ніж камери ПЗС, які записують коливання зображень.

Потрібно, однак, визнати, що записані камерою коливання зображень характеризують їх інтегральні значення на трасі, а записані коливання температури – є точковими.

1. Мороз О., Островська О. Основні положення теорії флуктуаційного методу визначення аномальної вертикальної рефракції / Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2002. – С. 110 – 120. 2. Островський А.Л., Мороз А.И. Теория и практика флуктуаційного метода определения вертикальной рефракции / Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – М., 2000. – № 3. – С. 11 – 29.

УДК 512.23

М.Т. Процик, П.М. Зазуляк, В.І. Гавриш
Національний університет "Львівська політехніка"

СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ЕРОДОВАНІСТЮ РІЛЬНИЧИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ТА КУТАМИ НАХИЛУ

© Процик М.Т., Зазуляк П.М., Гавриш В.І., 2002

С помощью методов математической статистики исследовано корреляционную связь между эродированностью пахотных сельскохозяйственных угодий и крутизной склонов в районах Львовской области. В случае полной линейной корреляционной связи построены прямые регрессии.

The correlative connection between erosion processes of arable agricultural lands and slopes steepness in the districts of Lviv region is researched with use of mathematical statistics methods. For the case of full linear correlative connection the direct regressions are created.

У роботах [1, 2] досліджені залежності між еродованістю всіх сільськогосподарських (с/г) угідь та кутами нахилу в районах Львівської області, в яких не враховано значення