

СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ВРАХУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РЕФРАКЦІЇ ПІД ЧАС ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

© Клим С.А., 2002

Рассмотрены возможности учёта вертикальной рефракции при топографической съёмке электронными тахеометрами.

На основе данных экспериментальной сети показано, что съёмка ведётся в основном при нестабильной стратификации атмосферы, когда рефракция, влияющая на измерения углов наклона, бывает отрицательной.

Поэтому суммарная поправка за кривизну Земли и рефракцию (f) в превышении будет иметь такой вид: $f = K + r$.

This article dedicate to opportunities of including vertical refraction in topographical surveying SET tacheometer.

On the base of facts experimental network we can see that topographical surveying mainly unstable on atmosphere stratification refraction which influence on measuring of vertical angles are negative.

That's why summarily amendment unline of the Earth and refraction (f) in exceed will have such form: $f = K + r$.

Виконання топознімання електронними тахеометрами дає можливість значно, в декілька разів, збільшити розмір ділянки, знімання якої можна виконати з однієї станції. Віддалі від тахеометра до пікетних точок, враховуючи високу точність лінійних вимірів при цьому, можуть досягати 1000 м і більше.

При великомасштабних зніманнях із перерізом рельєфу 0,25 м, 0,5 м і таких значних віддальх до ресчних точок виникає необхідність враховувати кривизну Землі та вертикальну рефракцію не тільки при створенні робочої основи, але й при зніманні пікетів.

Проте, ні в чинних інструкціях з топознімання [2], ні в підручниках з геодезії не розглянуті і не запропоновані сучасні методи врахування рефракції. Так, в [1] взагалі це питання не розглядається. В інших підручниках, наприклад в [3], пропонується

$$h = \text{Sig } v + i - \ell + f \quad (1)$$

$$f = K - r \quad (2)$$

$$K = \frac{1}{2} \cdot S^2 / R_3 \quad (3)$$

$$r = \frac{1}{2} \cdot S^2 / R_c \quad (4)$$

У цих формулах: h – перевищення між станцією та пікетами, S – горизонтальна віддаль; v – кут нахилу; R_3 та R_c – радіуси Землі та кривої розповсюдження світла; i та ℓ – відповідно висоти тахеометра та візирної цілі; f – сумісна поправка за кривизну землі (K) та рефракцію (r). Але радіус R_c – невідомий.

Нагадаємо, що десятки років геодезисти намагались вирішити питання визначення рефракції – K_p , що дорівнює

$$K_p = R_3 / R. \quad (5)$$

При цьому вважалось, що K_p є постійна величина для деякої держави або регіону. Необхідно тільки визначити це значення.

Дійсно з (3). маємо

$$R_3 = 0,5 \cdot S^2 / K. \quad (6)$$

Відповідно з (4) отримуємо

$$R_c = 0,5 S^2 / r. \quad (7)$$

Розділивши (6) на (7), маємо

$$K_p = r / K. \quad (8)$$

Отже,

$$r = K \cdot K_p. \quad (9)$$

Оскільки визначити K за формулою (3) не важко, оскільки, по суті, $R = f(S)$, то при відомому K_p на основі (9) визначається – r .

Проте, тепер відомо, що $K_p = \text{const} = 0,14$ тільки при нормальній стратифікації атмосфери, що спостерігається вранці і ввечері при антициклональній погоді протягом менше 0,5 год. При нестійкій та стійкій стратифікаціях атмосфери коефіцієнт рефракції може змінитись в межах 0,14 – 6,00 [4]. Тому, спроби використання коефіцієнтів рефракції в сучасній рефрактометрії втратили доцільність. Залишається складним питання визначення рефракції r на основі (4), в якій R_c – радіус світлової кривої, невідомий і є перемінною величиною.

Топографічне знімання ведеться звичайно в денний час доби при нестійкій стратифікації. У цей період доби рефракція від'ємна (крива світла вигнута до низу – рис. 1):

$$-\delta_{\text{сер}} = \delta_n - \delta_{\text{ан.сер}}, \quad (10)$$

де δ_n – нормальна рефракція завжди додатна і практично завжди відома

$$\delta_n = 0,198 \cdot P/T^2 \cdot S. \quad (11)$$

Приймаючи тиск $P = 740$ мм рт. ст ($P = 986$ ГПа), а температуру $T = 15$ °C ($T = 288$ K) для різних довжин S , складаємо таблицю нормальної рефракції.

Таблиця 1

Нормальна рефракція для різних довжин S_i

№	S_i (м)	S_n	№	S_i (м)	S_n
1.	50	0,12	7	600	1,41
2.	100	0,24	8	700	1,65
3.	200	0,48	9	800	1,88
4.	300	0,71	10	900	2,12
5.	400	0,94	11	1000	2,35
6.	500	1,18	12	1200	2,82
			13	1500	3,53

Невідома аномальна рефракція – $\delta_{\text{ан.сер}}$:

$$\delta_{\text{ан.сер}} = -8,132 P / T^2 \gamma_{\text{ан.ек.сер}} \cdot S, \quad (12)$$

де $\gamma_{\text{ан.ек.сер}}$ – вертикальний аномальний еквівалентний середній градієнт температури. Саме цей градієнт температури є невідомою величиною.

Оскільки при нестійкій атмосфері $\gamma_{\text{ан.ек.сер}}$ – від'ємна величина, то і аномальна рефракція $\delta_{\text{ан.сер}}$ – від'ємна. За останні декілька років доведено, що найточніше і найпростіше $\delta_{\text{ан.сер}}$ визначається флуктуаційним методом – за максимальними розмахами

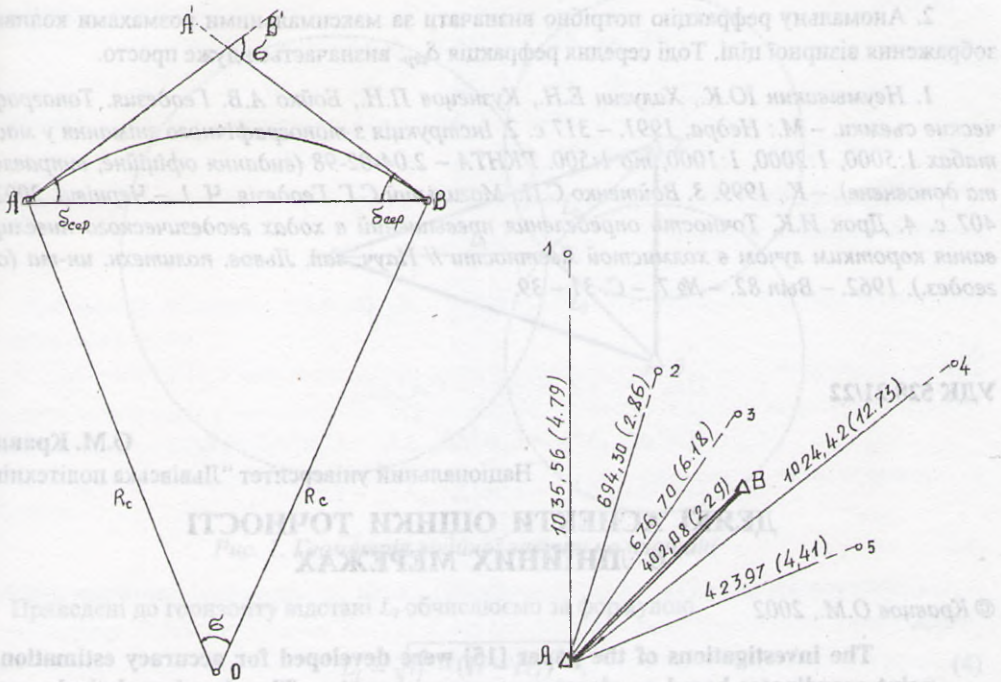


Рис. 2. Залежність між частковими $\delta_{сер}$ і повною σ рефракціями та між світловою кривою S , σ та радіусом R_c .

Експериментальна мережа

Виміри вертикальних кутів проводили упродовж всього дня через кожну годину двома прийомами. Також визначали на кожний напрямок величину σ_{max} .

Наведемо дані, отримані під час експерименту (табл. 2).

Таблиця 2

Результати визначення рефракції $\delta_{сер}$ та поправок за кривизну Землі і рефракції

Лінії	Мах розмахів формувань зображень σ''_{max}	$\delta''_{ан.сер}$	δ''_n	$\delta''_{сер}$	Поправки в перевищення		
					За кр землі K , мм	За рефракцією r , мм	Сумісна поправка $K + r = f$ (мм)
A-1	-15,66	-7,33	2,43	-5,40	84,2	27,1	111,3
A-2	-20,26	-10,13	1,63	-8,50	37,6	28,6	66,2
A-3	-5,78	-2,89	1,59	-1,30	35,7	1,7	37,4
A-B	-15,10	-7,55	0,95	-6,60	12,6	1,9	14,5
A-4	-6,42	-3,21	2,41	-0,80	81,8	4,0	85,8
A _B	-8,00	4,00	1,00	-3,00	14,1	6,2	20,3

Із таблиць можна зробити такі висновки:

1. Оскільки топографічні знімання ведуться переважно при нестійкій стратифікації атмосфери, то середня рефракція $\delta_{сер}$, від'ємна; тому сумарний вплив вертикальної рефракції та кривизни Землі на перевищення слід вираховувати за формулою $f = K + r$.

2. Аномальну рефракцію потрібно визначати за максимальними розмахами коливань зображення візирної цілі. Тоді середня рефракція $\delta_{сер.}$ визначається дуже просто.

1. Неумывакин Ю.К., Халугин Е.Н., Кузнецов П.Н., Бойко А.В. *Геодезия. Топографические съёмки*. – М.: Недра, 1991. – 317 с. 2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, то 1:500. ГКНТА – 2.04-02-98 (видання офіційне, виправлене та доповнене). – К., 1999. 3. Войтенко С.П., Могильний С.Г. *Геодезия. Ч. 1*. – Чернівці, 2002. – 407 с. 4. Дрок И.К. Точность определения превышений в ходах геодезического нивелирования коротким лучом в холмистой местности // *Науч. зап. Львов. политехн. ин-та (сер. геодез.)*. 1962. – Вып 82. – № 7. – С. 31 – 39.