

А. С. СУЮНОВ

УЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ В ДВУСТОРОННЕМ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОМ НИВЕЛИРОВАНИИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Превышение из двустороннего тригонометрического нивелирования определяем по формуле [3]:

$$h = S \cdot \operatorname{tg} \frac{z_{B-A} - z_{A-B}}{2} + \frac{i_A + l_A}{2} - \frac{i_B + l_B}{2}, \quad (1)$$

где z_{A-B} и z_{B-A} — прямое и обратное зенитные расстояния; S — расстояние между пунктами; i_A и i_B — высоты инструментов; l_A и l_B — высоты визирных целей над центрами соответствующих пунктов. При двусторонних одновременных наблюдениях обычно предполагают равенство коэффициентов верти-

кальной рефракции на концах линии. Это предположение выполнимо при условии однообразия подстилающей поверхности, симметричности профиля и строгой синхронности наблюдений. При несоблюдении вышеуказанных требований в измеренных превышениях возникают ошибки рефракционного характера.

В [2] предложена методика разделения коэффициента вертикальной рефракции на концах наблюдаемого направления с учетом эквивалентных высот и метеорологических условий. Зависимость этих коэффициентов описывается формулами

$$K_{B-A} = \frac{2K_{\text{ср}} \cdot h_{\text{э}A-B} + K_{\text{н}}(h_{\text{э}B-A} - h_{\text{э}A-B})}{h_{\text{э}A-B} + h_{\text{э}B-A}}; \quad (2)$$

$$K_{A-B} = 2K_{\text{ср}} - K_{B-A}; \quad (3)$$

$$K_{\text{н}} = 12.3 \frac{P}{T^2}; \quad (4)$$

$$K_{\text{ср}} = 1 - \frac{R}{S \rho''} (z_{A-B} + z_{B-A} - 180) - \frac{R}{S^2} (l_A + l_B) - (i_A + i_B). \quad (5)$$

Здесь $K_{\text{ср}}$ — средний коэффициент рефракции; $K_{\text{н}}$ — коэффициент рефракции при равновесной атмосфере; $h_{\text{э}}$ — эквивалентная высота луча над подстилающей поверхностью; P — давление воздуха; T — абсолютная температура воздуха ($T = 273,16 + t$); R — радиус Земли; ρ'' 206265''.

В случае знания коэффициентов вертикальной рефракции с учетом эквивалентных высот, прямого и обратного наблюдаемых направлений, поправка за рефракцию в измеренное превышение вычисляется по формуле

$$\Delta \delta = \frac{(K_{B-A} - K_{A-B}) \cdot S^2}{4R}, \quad (6)$$

а исправленное превышение

$$h_{\text{исп}} = h_{\text{изм}} + \Delta \delta. \quad (7)$$

Кроме двух вышеупомянутых методик, рассмотрим методику определения превышения из тригонометрического нивелирования [1], где коэффициент рефракции K определяется по турбулентным колебаниям изображения визирной цели и только в течение светлого периода суток, когда турбулентные колебания явно выражены:

$$K_{B-A} = \frac{2K_{\text{ср}} \cdot A_{B-A}^2 - K_{\text{н}}(A_{B-A}^2 - A_{A-B}^2)}{A_{B-A}^2 + A_{A-B}^2}. \quad (8)$$

Здесь A — амплитуда колебаний изображений визирной цели в секундах дуги.

Величины K_{A-B} , K_B , $\Delta\delta$ и $h_{исп}$ находили так же, как и в предыдущей методике по формулам (3), (4), (6) и (7), а $K'_{ср}$ определялся формулой

$$K'_{ср} = \frac{K_{A-B} + K_{B-A}}{2}. \quad (9)$$

Здесь K_{A-B} и K_{B-A} — коэффициенты вертикальной рефракции в прямом и обратном направлении, которые вычисляются по формуле

$$K = \frac{2R \cdot \delta_z}{\rho \cdot S}. \quad (10)$$

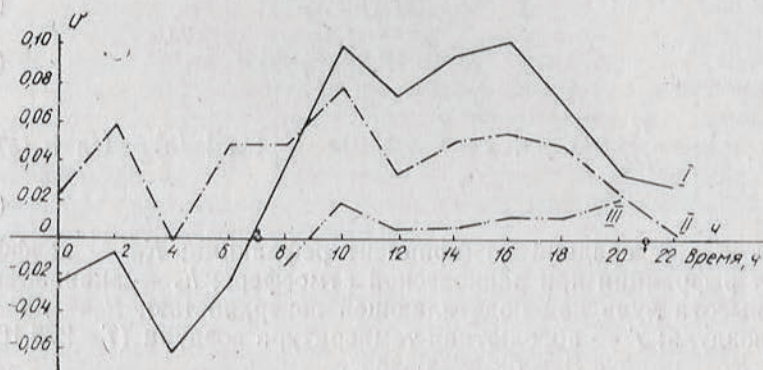


Рис. 1. График суточного хода усредненных разностей превышений по линии 1-2.

Для анализа точности двустороннего тригонометрического нивелирования по трем рассмотренным методикам выполнена обработка экспериментальных материалов, полученных на двух направлениях специальной сети триангуляции I класса, где ве-

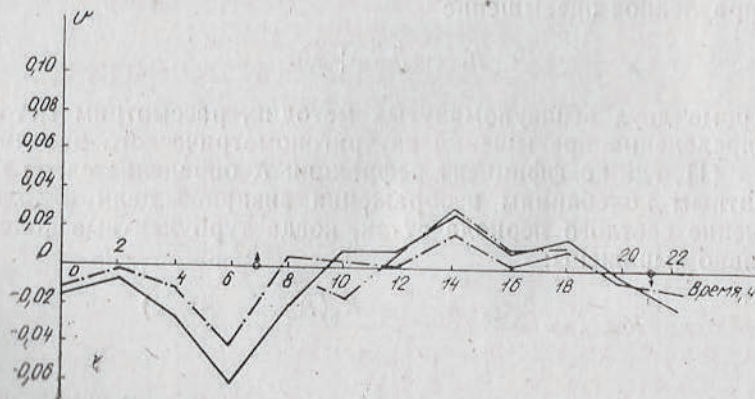


Рис. 2. Суточный ход усредненных разностей превышений по линии 3-4.

лись комплексные измерения, включающие в себя определение всех величин, необходимых для получения коэффициентов рефракции по трем рассматриваемым методикам.

На рис. 1 и 2 показаны графики суточного хода усредненных разностей превышений, полученных из тригонометрического нивелирования по трем методикам на протяжении двух суток на двух линиях $S_{1-2}=3024,2$ и $S_{3-4}=2036,9$ м с эквивалентными высотами направлений $h_{1-2}=6,4$, $h_{2-1}=11,9$ и $h_{3-4}=17,8$, $h_{4-3}=19,8$ м.

Оценку точности двустороннего тригонометрического нивелирования выполняли по формуле

$$m_i = \sqrt{\frac{[V \cdot V]}{n}}, \quad (11)$$

где V — разность между вычисленными превышениями и превышениями, полученными из геометрического нивелирования I класса; n — число измерений.

Средние квадратические ошибки определения превышения из тригонометрического нивелирования, характеризующие точность рассматриваемых методик, приведены ниже:

Линия	Первая методика, мм	Вторая методика, мм	Третья методика, мм
1—2	$\pm 73,1$	$\pm 53,0$	$\pm 49,0$
3—4	$\pm 27,3$	$\pm 20,1$	$\pm 17,0$

Таким образом, методика учета вертикальной рефракции с разделением коэффициента K вертикальной рефракции в зависимости от эквивалентных высот и метеорологических условий повышает точность двустороннего тригонометрического нивелирования примерно в 1,3—1,4 раза, а методика определения K из турбулентных колебаний — в 1,5—1,6 раза.

Следовательно, из трех рассматриваемых методик наиболее точной является последняя. Недостаток этой методики заключается в применимости ее только при наличии турбулентности в светлый период суток. Но поскольку большинство производственных измерений на пунктах триангуляции выполняется именно в светлое время суток, указанный недостаток можно считать несущественным.

Обращают на себя внимание значительные величины V по направлению 1—2 с большой относительной разностью эквивалентных высот при получении V по первой и второй методикам. В то же время третья методика практически не реагирует на относительную разность эквивалентных высот, что видно из сравнения графиков.

1. Дожман Б. М. Зависимость амплитуды колебаний изображений от высоты визирного луча // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1983. Вып. 38. С. 16—21. 2. Островская С. А. Учет вертикальной рефракции на основании взаимных и эквивалентных высот луча // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1984. № 3. С. 51—60. 3. Чеботарев А. С., Селиханович В. Г., Соколов М. Н. Геодезия. М., 1962. Ч. 2.

Статья поступила в редколлегию 18. 12. 87