

При $\nu=45^\circ$ точки O' и A совпадают, а точка B ИПК не фиксируется, поэтому расстояние d не измеряется и, следовательно, h не вычисляется. В этом случае для поиска ПК применяется шурфование.

При $\nu>45^\circ$ точка A находится выше точки O' , точка B не фиксируется, поэтому определяем только расстояние d_1 , а величины h , r_x и r_h вычисляются по формулам, которые приведем без вывода:

$$h = \frac{d_1 \operatorname{tg}(135^\circ - \nu)}{\cos \nu}; \quad (10)$$

$$r_x = d_1 \operatorname{tg}(135^\circ - \nu) \operatorname{ctg} \nu \cos \nu; \quad (11)$$

$$r_h = d_1 \operatorname{tg}(135^\circ - \nu) \cos \nu. \quad (12)$$

Согласно требованиям инструкции [1], плановое положение ПК при инвентаризационной СПК необходимо знать с точностью $\pm 0,5$ мм в масштабе плана [$\pm 0,25$ м в принятом для СПК масштабе 1 : 500], а высотное — с точностью $\pm 0,10$ м для кабельных ПК и $\pm 0,20$ м для трубопроводов при глубине заложения до 2,5 м.

Рассчитаем ν , при котором следует учитывать r_x и r_h . Из формулы (4) для $h=2,5$ м и $r_x=\pm 0,25$ м получим $\nu=5^\circ 46'$, а из формулы (6) для $h=0,7$ м и $r_h=\pm 0,10$ м найдем $\nu=6^\circ 52'$. Следовательно, уже при $\nu \geq 6^\circ$ необходимо вычислять h , r_x и r_h . Однако на местности трудно на глаз определить угол наклона, поэтому вычислим допустимое d . Из формулы (1) для $h=0,7$ м и $\nu=6^\circ$ имеем $d \approx 1,50$ м.

В заключение отметим, что для определения h , r_x и r_h по данным полевых измерений можно составить два варианта таблиц или номограмм с входами ΔH и d или ν и d .

Список литературы: 1. Инструкция по съемке и составлению планов подземных коммуникаций. — М.: Недра, 1978. 2. Левчук Г. П., Новак В. Е., Кокусов В. Г. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. — М.: Недра, 1981. 3. Хохлов И. В. Геодезические приборы для съемки инженерных сооружений. — М.: Недра, 1981.

Статья поступила в редколлегию 06.01.82

УДК 528.3.551.5

Б. М. ДЖУМАН

ЗАВИСИМОСТЬ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОТ ВЫСОТЫ ВИЗИРНОГО ЛУЧА

Для определения средней квадратической амплитуды колебаний изображений получена формула [1]

$$\sigma_a = 1,7 C_n L^{1/2} D^{-1/6}, \quad (1)$$

где C_n — структурная постоянная флуктуаций показателя преломления; L — длина визирного луча; D — диаметр объектива.

В случае неоднородной турбулентности эта формула принимает вид:

$$\sigma_a = 1,7 D^{-1/6} L^{-1/2} \int_0^L C_n dl. \quad (2)$$

Структурная постоянная зависит от высоты h над подстилающей поверхностью и при хорошо развитой конвекции выражается формулой

$$C_n = C_{n_0} \left(\frac{h_0}{h} \right)^{2/3}. \quad (3)$$

Подставляя формулу (3) в (2) и принимая $h_0=1$ м, получаем:

$$\sigma_a = 1,7 D^{-1/6} C_{n_0} L^{-1/2} \int_0^L h^{-2/3} dl. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что величина амплитуды колебаний зависит от среднего интегрального значения величины $h^{-2/3}$. Поэтому можно сделать заключение, что при измерении σ_a в один и тот же физический момент времени в прямом и обратном направлении величины амплитуд будут равны.

Для изучения этого вопроса были выполнены экспериментальные исследования. Полевые наблюдения производили в жаркие безоблачные дни 1981 г. на геодезическом полигоне ЛоЛПИ в районе г. Бережаны Тернопольской области по трем трассам.

Визирные лучи проходили над однородной поверхностью. Длины трасс равны 214, 380 и 384 м, а средние высоты соответственно 3,8, 7,0, 7,2 м. Профили исследуемых трасс были подобраны так, что лучи визирования в прямом и обратном направлении проходили на различных эквивалентных высотах h_s .

Для составления профилей трасс и определения длин линий использовались высотные ходы. Измерения максимальных амплитуд вертикальных колебаний изображений выполняли горизонтальным биссектором теодолита ОТ-02м с увеличением окуляра $\times 40$. Высоты инструментов, установленных на концах трассы, были равны 1,50 м.

Визирными целями служили полигонометрические марки, установленные рядом с теодолитами так, чтобы верхние срезы марок совпадали с высотами визирных лучей. Таким образом, визирные лучи в прямом и обратном направлении проходили на одинаковой высоте над подстилающей поверхностью. Измерения выполняли одновременно на концах трассы два наблюдателя.

Колебания верхнего среза марки отсчитывали в десятых долях ширины горизонтального биссектора в течение 30 с. При этом по возможности брали максимальные отклонения, например: 1, 8, 2, 5, 1, 9...

В данном случае максимальная амплитуда равна $9-1=8$, т. е. 0,8 ширины биссектора, равного $33''$.

Это составляет одну серию наблюдений.

После наблюдения 20 серий наблюдатели менялись местами. Такие наблюдения выполнялись на каждом пункте в течение трех дней.

В табл. 1 приведены средние значения измеренных величин максимальных амплитуд $\sigma_{\alpha_{\max}}$ для трех трасс Б—Д, Б₁—Д и

Таблица 1

Направления	Значения измеренных « σ_{α} »				L
	$\sigma_{\alpha_{\max}}$		h_3		
	прямо	обратно	прямо	обратно	
Б—Д	21,3"	12,1"	1,50	4,70	384
Б ₁ —Д	17,2"	10,3"	1,58	4,61	380
Б ₂ —Д ₁	12,2"	9,2"	1,30	2,42	214

Б₂—Д₁ в прямом и обратном направлениях. Здесь также приведены длины линий «L» и эквивалентные высоты « h_3 ».

Из таблицы видно, что измеренные величины колебаний изображений не равны в прямом и обратном направлениях и зависят от эквивалентных высот.

При этом с увеличением эквивалентных высот для всех трасс колебания изображения уменьшаются. Отсюда можно сделать вывод, что формула (4) применима в том случае, когда луч проходит параллельно ровной однородной поверхности.

Поэтому формулу для определения флуктуаций угла прихода на приземных трассах записывают так:

$$\sigma_{\alpha}^2 = 2,9 D^{-1/3} C_{n_0}^2 \left(\frac{2}{L^2} \int_0^L \frac{1}{h} |dl| \right)^b. \quad (5)$$

Из этой формулы следует, что неоднородности, находящиеся на различном расстоянии от пункта наблюдения, входят в σ_{α} с весом l .

Теперь, принимая b равным $\frac{1}{2}$; $\frac{2}{3}$; $\frac{1}{3}$ и 1, вычислим $\sigma_{\alpha_{\max}}$ для прямых значений колебаний по их взаимнообратным по формуле

$$\sigma_{\text{пр}} = \sigma_{\text{обр}} \left(\frac{h_{\text{обр}}}{h_{\text{пр}}} \right)^b. \quad (6)$$

Здесь

$$h_3 = \frac{L^2}{2 \int_0^L \frac{1}{h} |dl|}$$

В табл. 2 приведены для трех трасс измеренные и вычисленные по обратным прямым значения величин $\sigma_{\alpha_{\max}}$.

Из таблицы видно, что наибольшая сходимость получилась при $b = \frac{1}{2}$.

Поэтому формулу (5) запишем в упрощенном виде:

$$\sigma_{\alpha} = 1,7 D^{-1/6} C_{n_0} \left(\frac{L}{h_3} \right)^{1/2}. \quad (7)$$

Для проверки этой формулы использовали результаты наблюдений, осуществленных в 1973 г. [2]. Измерения максимальных

Таблица 2

Направления	Значения вычисленных « σ_{α} »				
	измеренные $\sigma_{\alpha_{\text{пр}}}$	значения $\sigma_{\alpha_{\text{мах}}}$ для прямых направлений			
		вычисленные по обратным направлениям			
		при $b = \frac{1}{2}$	при $b = \frac{2}{3}$	при $b = \frac{1}{3}$	при $b = 1$
Б—Д	21,3	21,5	25,6	17,8	38,0
Б ₁ —Д	17,2	17,6	21,6	14,7	30,1
Б ₂ —Д ₁	12,2	12,6	13,8	11,3	17,1

амплитуд колебаний изображений выполнены на одном пункте по восьми направлениям.

Длины линий колебались в интервале 0,6—5,6 км, а эквивалентные высоты — от 2,5 до 34,0 м.

Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения максимальных амплитуд колебаний изображений, приведенных к 1 км/1 м

Формулы	Направления							
	1	2	3	4	Я	5	А	С
L (км)	1,9	0,6	1,1	2,0	5,6	2,5	4,0	2,7
h_3 (м)	5,0	2,5	9,0	13,0	29,0	9,1	34,0	18,0
$\sigma_{\alpha} \left(\frac{h_3}{L} \right)^{1/2}$	22,2	19,4	21,3	18,6	18,9	19,0	17,8	19,6
$\sigma_{\alpha} \frac{h_3^{2/3}}{L^{1/2}}$	28,1	22,6	30,3	27,6	32,8	27,6	30,2	32,6
$\sigma_{\alpha} \frac{h_3}{L}$	35,7	41,8	60,4	44,6	43,7	36,5	49,0	56,2

Здесь даны значения колебаний изображений, приведенные к длине линии $L=1$ км и эквивалентной высоте $h_3=1$ м, вычисленные по формуле

$$\sigma_{\alpha_n} = \sigma_{\alpha} \frac{h_3^b}{L^a}, \quad (8)$$

где σ_{α} — измеренные значения максимальных амплитуд.

Как видно из таблицы, наибольшая сходимость значений σ_{α_n} получилась при $b=a=\frac{1}{2}$, что подтверждает правильность формулы (7).

Учитывая зависимость максимальной амплитуды от эквивалентной высоты, выведем формулу для частного угла рефракции по колебаниям изображений.

Формулу для угла рефракции записываем в виде:

$$r'' = 8,12 \frac{P}{T^2} L (\gamma_{\Lambda} + \gamma_{\Pi}) + 8,12 \frac{P}{T^2} \frac{L}{h_3} \gamma. \quad (9)$$

где P — давление в миллибарах; γ_{Π} — градиент температуры при нейтральной стратификации; γ — аномальный градиент температуры на высоте 1 м.

Следуя работам [1], [3] и учитывая формулу (7), для неустойчивой стратификации имеем

$$\sigma_{\alpha}^* = 39 \frac{P}{T^2} \left(\frac{L}{h_3} \right)^{1/2} D^{-1/6} \gamma, \quad (10)$$

где σ_{α}^* — среднее квадратическое отклонение колебаний.

Формулу (10) для максимальной амплитуды перепишем в виде

$$\sigma_{\alpha_{\max}}^* = 234 \frac{P}{T^2} \left(\frac{L}{h_3} \right)^{1/2} D^{-1/6} \gamma. \quad (11)$$

В работе [3] показано, что степень высоты h изменяется от $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$.

Теперь, обозначив первый член формулы (9) через « r''_{Π} », с учетом формулы (11) имеем:

$$r'' = r''_{\Pi} + 0,035 \sigma_{\alpha_{\max}}^* \left(\frac{L}{h_3} \right)^{1/2} D^{1/6}. \quad (12)$$

Формулу (12) можно также выразить в следующем виде:

$$r'' = r''_{\Pi} + \frac{3}{10^4} \frac{\sigma_{\alpha_{\max}}^* T^2}{\gamma P} D^{1/3}. \quad (13)$$

Следует заметить, что формулы (12), (13) дают удовлетворительные результаты.

На основании формулы (13) получаем зависимость угла рефракции по колебаниям изображений при наличии эталонного базиса:

$$r'_i = r''_{\Pi} + (r'_0 - r''_{\Pi}) \frac{\sigma_i^2}{\sigma_0^2}, \quad (14)$$

где « r'_0 » — частный угол рефракции эталонного базиса.

Аналогично запишем формулу для определения коэффициента рефракции по методу эталонного базиса:

$$k_i = k_{\Pi} + (k_0 - k_{\Pi}) \frac{\sigma_i^2 L_0}{\sigma_0^2 L_i}, \quad (15)$$

где k_{Π} — коэффициент рефракции для нейтральной стратификации $=0,15$.

В случае одновременных двухсторонних наблюдений зенитных расстояний коэффициенты рефракции вычисляются по следующим формулам:

$$k_{1,2} = \frac{2\bar{k}\sigma_{12}^2 + k_{\Pi}(\sigma_{21}^2 - \sigma_{12}^2)}{\sigma_{21}^2 + \sigma_{12}^2}; \quad k_{21} = \frac{2\bar{k}\sigma_{21}^2 - k_{\Pi}(\sigma_{21}^2 - \sigma_{12}^2)}{\sigma_{21}^2 + \sigma_{12}^2}, \quad (16)$$

где \bar{k} — средний коэффициент рефракции, полученный из двустороннего нивелирования.

Список литературы: 1. Татарский В. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. — М.: Наука, 1967. 2. Джуман Б. М. Редуцирование зенитных расстояний на периоды спокойных изображений. — Геодезия, картография и аэрофотоъемка, 1978, вып. 27. 3. Гурвич А. С. Лазерные излучения в турбулентной атмосфере. — М.: Наука, 1978.

Статья поступила в редколлегию 16.04.82

УДК 528.2

С. В. ЕВСЕЕВ

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ФИГУРЫ ЗЕМЛИ ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Определение элементов земного эллипсоида по гравиметрическим данным относится к разряду наиболее важных и интересных вопросов высшей геодезии и теории фигуры Земли. В этом отношении наиболее известны исследования Джеффриса [9] за рубежом, И. Д. Жонголовича — у нас [6].

Немаловажное значение при этом имеет сама методика, а именно техника осреднения величин аномалий в пределах тех или