В. А. КОВАЛЕНКО

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО АЗИМУТА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ДВУХ ЗВЕЗД, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ОДНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ СИММЕТРИЧНО ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕНИТА

Известно, что определение астрономического азимута направления на земной предмет сводится к определению астрономического азимута светила и измерению горизонтального угла между светилом и земным предметом.

Условимся вести счет азимутов от точки севера. Пусть, далее, $a_{\varphi\lambda}$ (см. рис. 1) — астрономический азимут светила σ, вычисляемый с астрономическими координатами места наблюдения φ и λ; Q — горизонтальный угол между светилом и земным предметом M.

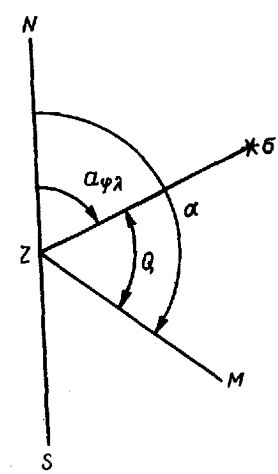

Рис. 1.

Тогда астрономический азимут α направления на земной предмет определится из выражения:

$$\alpha = a_{\varphi\lambda} + Q. \qquad (1)$$

Геодезический азимут $A_г$ направления на земной предмет получают по формуле Лапласа:

$$A_г = \alpha - \eta \operatorname{tg} \varphi + (\eta \cos A - \xi \sin A) \operatorname{ctg} z_m, \qquad (2)$$

где η и ξ — слагающие уклонения отвесной линии,

z_m — зенитное расстояние.

Если a_{BL} — геодезический азимут светила, то согласно уравнению (2)

$$a_{BL} = a_{\varphi\lambda} - \eta \operatorname{tg} \varphi + (\eta \cos a - \xi \sin a) \operatorname{ctg} z_\sigma, \qquad (3)$$

Вычитая (3) из (2), будем иметь:

$$A_г - a_{BL} = (\alpha - a_{\varphi\lambda}) - (\eta \cos a - \xi \sin a) \operatorname{ctg} z_\sigma + \\ + (\eta \cos A - \xi \sin A) \operatorname{ctg} z_m .$$

Так как $\alpha - a_{\varphi\lambda} = Q$, то

$$A_г = a_{BL} - (\eta \cos a - \xi \sin a) \operatorname{ctg} z_з + Q + (\eta \cos A - \xi \sin A) \operatorname{ctg} z_m.$$

Обычно $z_m \approx 90°$.

Пренебрегая ввиду малости последним членом правой части равенства, получим известное уравнение, позволяющее определять геодезический азимут направления на земной предмет непосредственно из астрономических наблюдений:

$$A_г = a_{BL} - (\eta \cos a - \xi \sin a) \operatorname{ctg} z_з + Q. \tag{4}$$

Здесь a_{BL} вычисляется с геодезическими координатами B и L, а поправка за уклонение отвесной линии $\Delta A = (\eta \cos a - \xi \sin a) \operatorname{ctg} z_з$ может быть исключена наблюдениями двух звезд, расположенных в одной вертикальной плоскости симметрично относительно зенита.

При таком выборе звезд $a_2 = 180° + a_1$, $z_2 = z_1$ и $\Delta A_1 = -\Delta A_2$. Следовательно,

$$A_г = (a_{BL})_{ср} + Q_{ср}. \tag{5}$$

Строгое соблюдение указанных условий наблюдения практически трудно выполнимо.

Поэтому будут иметь место равенства:

$$\Delta a = a_2 - (180° + a_1),$$

$$\Delta z = z_2 - z_1,$$

которые вызовут необходимость введения в азимут $A_г$, вычисленный по формуле (5), поправки $\delta A = \frac{1}{2}(\Delta A_1 + \Delta A_2)$, обусловленной остаточным влиянием уклонения отвесной линии.

Вычислим те значения Δa и Δz, при которых поправка δA становится пренебрегаемо малой.

Запишем:

$$\Delta A_1 = (\eta \cos a_1 - \xi \sin a_1) \operatorname{ctg} z_1,$$

$$\Delta A_2 = (\eta \cos a_2 - \xi \sin a_1) \operatorname{ctg} z_2.$$

Так как $a_2 = (180° + a_1) + \Delta a$, $z_2 = z_1 + \Delta z$, то с учетом первых степеней малых величин Δa и Δz получим:

$$\Delta A_2 = -(\eta \cos a_1 - \xi \sin a_1) \operatorname{ctg} z_1 + (\eta \sin a_1 + \xi \cos a_1) \operatorname{ctg} z_1 \frac{\Delta a'}{\rho'} +$$
$$+ (\eta \cos a_1 - \xi \sin a_1) \frac{\Delta z'}{\rho' \sin^2 z_1}.$$

Тогда

$$\delta A = (\eta \sin a_1 + \xi \cos a_1) \operatorname{ctg} z_1 \frac{\Delta a'}{2\rho'} +$$
$$+ (\eta \cos a_1 - \xi \sin a_1) \frac{\Delta z'}{2\rho' \sin^2 z_1}. \tag{6}$$

Принимая $\Delta A = 0'',01$, $\eta = \xi = 10''$, $z_1 = 60°$, вычислим значения Δa и Δz по формулам:

$$\Delta a' = \frac{2\rho' \operatorname{tg} z_1}{\eta \sin a_1 + \xi \cos a_1} \delta A,$$

$$\Delta z' = \frac{2\rho' \sin^2 z_1}{\eta \cos a_1 - \xi \sin a_1} \delta A.$$

Результаты вычислений приведены в таблице.

a_1	Δa	Δz
0°	12′	5′
15	10	7
30	9	14
45	8	∞
60	9	14
75	10	7
90	12	5

Безусловно, полученные значения Δa и Δz только ориентировочно определяют точность, с которой необходимо выдерживать совпадение вертикалов и альмукантаратов звезд пары. Слагающие уклонения отвесной линии η и ξ редко превышают 10″. Кроме того, с поправкой δA, определяемой формулой (6), можно не считаться, если она не превышает 0″,05.

В связи с этим достаточно, чтобы совпадение вертикалов и альмукантаратов звезд пары, необходимое для исключения в азимуте поправки за уклонение отвеса, соблюдалось с точностью 10′—15′.

Указанное требование легко выполняется, если звезды наблюдаются в положениях, определяемых рабочими эфемеридами. Очевидно, что возможна также корректировка положения звезды относительно нитей сетки поля зрения трубы.

С этой точки зрения такой способ определения геодезического азимута получает практическую ценность.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. С. Закатов. Курс высшей геодезии. М., Геодезиздат, 1950
2. А. М. Старостин. Определение геодезического азимута из наблюдений прохождений звезд в меридиане. Труды ЦНИИГАиК, Вып. 147. М., 1962.

Работа поступила
10 апреля 1965 г.