

В. А. КОВАЛЕНКО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИБЛИЖЕННОГО АЗИМУТА ПО ДВУМ НАБЛЮДЕНИЯМ ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ ЗВЕЗДЫ

1. Идея способа

Если одна и та же звезда наблюдается дважды, можно записать:

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z_1 + \cos \varphi \sin z_1 \cos A_{N_1},$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z_2 + \cos \varphi \sin z_2 \cos A_{N_2}.$$

Отсюда

$$\sin \varphi \cos z_1 + \cos \varphi \sin z_1 \cos A_{N_1} = \sin \varphi \cos z_2 + \cos \varphi \sin z_2 \cos A_{N_2}.$$

Или

$$\operatorname{tg} \varphi (\cos z_1 - \cos z_2) = \sin z_2 \cos A_{N_2} - \sin z_1 \cos A_{N_1}. \quad (1)$$

Пусть a — азимут земного предмета;

Q — горизонтальный угол между звездой и земным предметом.

Тогда

$$A_{N_1} = a - Q_1, \quad A_{N_2} = a - Q_2,$$

а уравнение (1) примет вид:

$$\operatorname{tg} \varphi (\cos z_1 - \cos z_2) = \sin z_2 \cos (a - Q_2) - \sin z_1 \cos (a - Q_1). \quad (2)$$

Итак, если широта места известна, то азимут земного предмета определяется по двум высотно-азимутальным наблюдениям одной звезды, разделенным некоторым промежуток времени. При этом не требуется опознавать звезду и определять ее координаты. Наблюдения могут быть произведены простым теодолитом, а для их обработки достаточно средств, обычно применяемых при несложных геодезических вычислениях.

Исследование способа (см. [1]) приводит к выводу, что точность азимута зависит, главным образом, от промежутка между моментами наблюдения звезды в первом и втором ее положениях.

Для определения азимута с точностью $\pm 1'$ достаточно промежуток времени между наблюдениями звезды допускать в 1 час — 1 час 30 минут и знать широту с точностью $\pm 5'$.

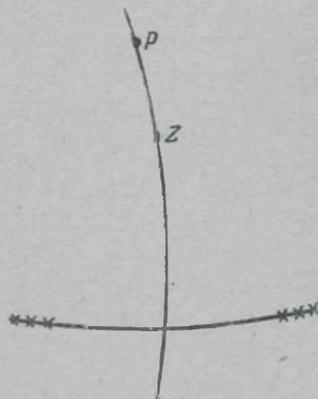


Рис. 1.

Определение азимута по двум наблюдениям одной и той же звезды

Журнал наблюдений

Дата: 11--12 июня 1964 г.

Инструмент: ТТ-5 № 34467.

Земной предмет: фонарь заводской трубы.

Наблюдатель: В. А. Коваленко.

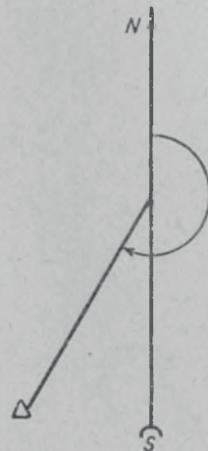


Рис. 2.

Положение инструмен- та	Вертикальный круг			Горизонтальный круг				Q	$Z = \frac{L - R}{2}$
	I	II	$\frac{I + II}{2}$	I	II	$\frac{I + II}{2}$	$\frac{L + R}{2}$		
	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "

Первые наблюдения

Земной предмет

<i>L</i>				60 53 00	53 00	53 00	54 04	
<i>R</i>				240 55 00	54 30	54 45	60 53 52	

Звезда

<i>R</i>	13 48 00	48 00	48 00	168 48 30	48 30	48 30	349 16 30	-71 37 34	76 24 08
<i>L</i>	166 36 30	36 00	36 15	349 44 30	44 30	44 30			
<i>L</i>	166 30 30	30 00	30 15	350 38 00	38 00	38 00	351 11 52	-69 42 12	76 11 30
<i>R</i>	14 07 00	07 30	07 15	171 45 30	46 00	45 45			
<i>R</i>	14 10 30	10 30	10 30	172 23 00	23 00	23 00	352 50 38	-68 03 26	76 02 45
<i>L</i>	166 16 00	16 00	16 00	353 18 30	18 00	18 15			

Земной предмет

<i>L</i>				60 53 30	53 30	53 30	60 54 15		
<i>R</i>				240 55 00	55 00	55 00			

Повторные наблюдения

Земной предмет

<i>R</i>				330 57 00	56 30	56 45	<u>150 56 00</u>		
<i>L</i>				150 55 00	55 30	55 15			

Звезда

<i>L</i>	166 16 30	16 00	16 15	95 18 00	18 30	18 15	95 53 30	-55 02 30	76 03 30
<i>R</i>	14 09 00	09 30	09 15	276 29 00	28 30	28 45			
<i>R</i>	14 05 00	05 30	05 15	277 15 00	14 30	14 45	97 45 15	-53 10 45	76 13 52
<i>L</i>	166 33 00	33 00	33 00	98 15 30	16 00	15 45			
<i>L</i>	166 37 30	37 00	37 15	98 58 30	58 30	58 30	99 23 15	-51 32 45	76 24 30
<i>R</i>	13 48 00	48 30	48 15	279 48 00	48 00	48 00			

Земной предмет

				330 57 00	56 30	56 45	150 56 00		
				150 55 00	55 30	55 15			

Наблюдения звезды необходимо располагать симметрично относительно меридиана.

Для получения трех значений азимута с незначительной затратой времени на дополнительные измерения следует определять положение звезды трижды как при первых так и при повторных наблюдениях ее. Удобнее наблюдать южные звезды.

2. Порядок наблюдений

С наступлением темноты инструмент приближенно ориентируется в меридиане с помощью буссоли или по Полярной.

Наблюдения выполняются в такой последовательности.

1. Визируют на земной предмет при двух положениях инструмента и берут отсчеты по горизонтальному кругу.

2. Выбрав яркую звезду на удалении около 10° к востоку от меридиана, наблюдают ее трижды при двух положениях вертикального круга инструмента и записывают отсчеты вертикального и горизонтального кругов.

3. Наблюдают земной предмет так же, как в пункте 1. Затем делают перерыв, и пока звезда переместится к западу от меридиана меняют установку лимба примерно на 90° и выполняют действия, изложенные в пунктах 1, 2, 3.

Повторные наблюдения звезды надо начинать на том удалении от меридиана, на котором были закончены первые. Для этого необходимо установить на вертикальном круге отсчет, взятый при последнем наблюдении звезды к востоку от меридиана, поворотом инструмента по азимуту ввести звезду в поле зрения трубы и начинать измерения после того, как звезда переместится на горизонтальную нить.

В каждом из двух положений звезды наблюдения должны следовать одно за другим без перерыва.

При отсутствии пересечения средних нитей можно воспользоваться пересечением дальномерной и вертикальной нитей сетки.

Наведение визирной линии на звезду удобнее делать так: когда звезда появится в поле зрения трубы, установить ее на горизонтальную нить и удерживать на нити микрометренным винтом трубы до тех пор, пока она не пересечет вертикальную нить сетки.

3. Формулы для вычислений

Введем обозначения

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2}(z_2 + z_1) = R, \quad \frac{1}{2}(Q_2 + Q_1) = Q, \\ \frac{1}{2}(z_2 - z_1) = r, \quad \frac{1}{2}(Q_2 - Q_1) = q. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Тогда

$$\begin{aligned} z_2 &= R + r, & Q_2 &= Q + q, \\ z_1 &= R - r, & Q_1 &= Q - q. \end{aligned}$$

С учетом принятых обозначений формула (2) примет вид:

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{ctg} R \cos q \cos (a + Q) - \operatorname{ctg} r \sin q \sin (a + Q).$$

Здесь $a + Q \approx 180^\circ$, r — малая величина.

Поэтому можем записать:

$$[(a + Q) - 180^\circ]'' = (\operatorname{tg} \varphi \operatorname{cosec} q + \operatorname{ctg} R \operatorname{ctg} q) r''. \quad (4)$$

Вычисление азимута

Формулы	I	II	III
z_2	76°24'30"	76°13'52"	76°03'30"
z_1	76 24 08	76 11 30	76 02 45
R	76 24 19	76 12 41	76 03 08
r	+0 11	+1 11	+0 22
r''	11	71	22
Q_2	-51 32 45	-53 10 45	-55 0 30
Q_1	-71 37 34	-69 42 12	-68 03 26
Q	-61 35 10	-61 26 28	-61 32 58
q	10 12 24	8 15 44	6 30 28
$\operatorname{tg} \varphi$	1,185		
$\operatorname{cosec} q$	5,735	6,959	8,833
$\operatorname{ctg} q$	5,648	6,886	8,766
$\operatorname{ctg} R$	0,242	0,245	0,248
$\operatorname{tg} \varphi \operatorname{cosec} q$	6,796	8,246	10,455
$\operatorname{ctg} q \operatorname{ctg} R$	1,367	1,687	2,174
Σ	8,163	9,933	12,629
$\Sigma r''$	90	705	278
$a + Q - 180^\circ$	0 01 30	0 11 45	0 04 38
$180^\circ - Q$	241 35 10	241 26 28	241 32 58
a	241 36 40	241 38 13	241 37 36
$a_{\text{ср}}$	241 37 30		

Формула (4) является рабочей.

Порядок обработки журнала наблюдений и вычисления азимута достаточно ясно показаны в приводимом ниже примере.

Способ может найти применение, когда азимутальные определения носят единичный характер, а исполнитель работ вследствие каких-либо причин не может воспользоваться известными способами приближенных определений.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Коваленко. Приближенное определение азимута по двум высотно-азимутальным наблюдениям одних и тех же звезд. Научные записки ЛПИ, серия геодезическая № 4, Львов, 1958.

Работа поступила
26 июня 1964 г.