

В. В. КИРИЧУК, А. С. ЛАВНИКЕВИЧ

ОБ ОДНОМ ПРИБЛИЖЕННОМ СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРОТЫ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

В статье предлагается приближенный способ определения широты по наблюдениям Солнца, основанный на использовании известной дифференциальной формулы сферической астрономии [1],

$$\frac{\Delta z}{\Delta t} = \cos \varphi \sin A. \quad (1)$$

Ранее эту формулу применяли авторы [3] в приближенном способе определения азимута из наблюдений Солнца.

Суть предлагаемого способа определения широты заключается в следующем. Если азимут светила известен, то из формулы (1) следует, что

$$\cos \varphi = \frac{\Delta z}{\Delta t \sin A} \quad (2)$$

или, полагая $\Delta z = 2R_{\odot}$,

$$\cos \varphi = \frac{2R_{\odot}}{15 \Delta t \sin A_{\odot}}, \quad (3)$$

где $2R_{\odot}$ — диаметр Солнца, взятый из «Астрономического ежегодника» на дату наблюдений; $A_{\odot}$ — азимут Солнца в средний момент наблюдения прохождения диска Солнца через среднюю нить; $\Delta t = \Delta T = T_2 - T_1$ — интервал времени, в течение которого диск Солнца проходит среднюю горизонтальную нить инструмента, равный разности моментов касания верхнего и нижнего краев диска Солнца со средней нитью зрительной трубы, неподвижной по высоте во времени наблюдений.

Рассматриваем выгоднейшие условия определения широты; прологарифмировав и продифференцировав формулу (3); считая диаметр Солнца безошибочным, получаем

$$d\varphi = \operatorname{ctg} \varphi \operatorname{ctg} A_{\odot} dA_{\odot} + \operatorname{ctg} \varphi \frac{d(\Delta t)}{\Delta t}.$$

Отсюда, переходя к средним квадратическим ошибкам, окончательно имеем

$$m_{\varphi} = \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \varphi \operatorname{ctg}^2 A_{\odot} m_{A_{\odot}}^2 + \operatorname{ctg}^2 \varphi \frac{m_{\Delta t}^2}{\Delta t^2} \rho^2} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}, \quad (4)$$

где

$$m_{\Delta t} = \sqrt{m_{T_1}^2 + m_{T_2}^2} = m_T \sqrt{2}. \quad (5)$$

Из формулы (4) очевидно, что ошибка определения широты уменьшается с увеличением широты места наблюдений и ошибка определения

широты будет тем меньше, чем ближе к первому вертикалу выполняются наблюдения Солнца. В таблице приведены продолжительность наблюдений Δt , значения ошибок m_1 и m_2 и суммарной ошибки m_ϕ при $m_{A_\odot} = \pm 5', 10', 20', 30'$ и $m_T = \pm 0^s, 5$ и $m_T = \pm 1^s$.

Определение широты с ошибкой $\pm 2'$ (см. таблицу) возможно при наблюдениях прохождения диска Солнца через горизонтальную нить инструмента в удалении не более 10° от первого вертикала при условии: а) в зоне $70^\circ \leq \varphi \leq 85^\circ$ фиксировать моменты касания краев диска Солнца с нитью с точностью $\pm 0,5$ и азимут Солнца определять с ошибкой от $\pm 5'$ до $\pm 20'$; б) в зоне $72^\circ \leq \varphi \leq 85^\circ$ фиксировать моменты касания краев диска Солнца с нитью с точностью $\pm 0,5$ и азимут Солнца определять с ошибкой порядка $\pm 30'$; в) в зоне $75^\circ \leq \varphi \leq 85^\circ$ фиксировать моменты краев диска Солнца с нитью с точностью $\pm 1^s$ и азимут Солнца определять с ошибкой $\pm 30'$.

Ориентировать инструмент в меридиане в высоких широтах в зависимости от требуемой точности можно из приближенных астрономических определений и с помощью гирокомпаса, а также по буссоли с учетом склонения магнитной стрелки.

Определение широты предлагаемым способом можно производить на любом угломерном инструменте, снабженном светофильтром и сеткой нитей с горизонтальной нитью.

Примерный порядок наблюдений может быть следующим:

1. Нивелирование и ориентирование инструмента.
 2. Наблюдение касания нижнего (верхнего) края диска Солнца с горизонтальной нитью, отсчеты хронометра и горизонтального круга.
 3. Наблюдение касания верхнего (нижнего) края диска Солнца с горизонтальной нитью, отсчеты хронометра и горизонтального круга*.
- Наблюдения можно выполнять при одном положении круга (КЛ или КП).

Вопрос о влиянии коллимации и рефракции на азимут Солнца был исследован ранее в работе [3], где было показано, что поправки эти малы и их можно не учитывать.

Обработка наблюдений состоит из вычисления по отсчетам хронометра величины Δt по формуле, приведенной в [3],

$$\Delta t = \Delta T = (T_2 - T_1) + \omega_{10}^m \left(\frac{T_2 - T_1}{10} \right)^m, \quad (6)$$

и по отсчетам горизонтального круга среднего азимута Солнца

$$A_\odot = \frac{L_1(R_1 \pm 180^\circ) + L_2(R_2 \pm 180^\circ)}{2}. \quad (7)$$

От известного способа определения широты по зенитным расстояниям Солнца [2] предлагаемый способ отличается: а) простотой наблюдений и вычислений; б) невысокими требованиями к фиксации моментов времени и ориентирования инструмента в меридиане, что особенно ценно при астрономических наблюдениях в условиях антарктического лета, ибо отсутствие ярких близполюсных звезд в южном полушарии затрудняет ориентирование инструмента; в) отсутствием знания координат Солнца и поправки хронометра.

В то время, как при определении широты по измеренным зенитным расстояниям Солнца вблизи меридиана, необходимо: а) измерять зенитные расстояния Солнца; б) вычислять поправки за рефракцию и редукцию на меридиан; в) знать координаты Солнца на момент наблюдений; г) знать поправку хронометра.

* От момента 1-го касания диска Солнца с нитью до 2-го зрительная труба должна быть неподвижна по высоте.

Продолжительность наблюдений Δt , значения ошибок m_1 , m_2
и суммарной ошибки m_φ

φ	60°		70°		80°		82°		85°		
$m_T = \pm 0^s,5$						$m_{A\odot} = \pm 5'$					
$A_{\odot}$	90°	90°±10°	90°	90°±10°	90°	90°±10°	90°	90°±10°	90°	90°±10°	
Δt	$\overset{m}{4,3}$	$\overset{m}{4,3}$	$\overset{m}{6,2}$	$\overset{m}{6,3}$	$\overset{m}{12,3}$	$\overset{m}{12,5}$	$\overset{m}{15,3}$	$\overset{m}{15,5}$	$\overset{m}{24,4}$	$\overset{m}{24,8}$	
m_1	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,5}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,3}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,2}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,1}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,1}$	
m_2	5,4	5,4	2,4	2,3	0,6	0,6	0,4	0,4	0,1	0,1	
m_φ	5,4	5,5	2,4	2,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,1	0,1	
$m_T = \pm 0^s,5$						$m_{A\odot} = \pm 10'$					
m_1	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{1}{1,0}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,6}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,3}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,2}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,2}$	
m_2	5,4	5,4	2,4	2,3	0,6	0,6	0,4	0,4	0,1	0,1	
m_φ	5,4	5,5	2,4	2,4	0,6	0,7	0,4	0,4	0,1	0,2	
$m_T = \pm 0^s,5$						$m_{A\odot} = \pm 20'$					
m_1	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{2}{2,0}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{1}{1,3}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,6}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,5}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,3}$	
m_2	5,4	5,4	2,4	2,3	0,6	0,6	0,4	0,4	0,1	0,1	
m_φ	5,4	5,8	2,4	2,7	0,6	0,8	0,4	0,6	0,1	0,4	
$m_T = \pm 0^s,5$						$m_{A\odot} = \pm 30'$					
m_1	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{3}{3,1}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{1}{1,9}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,9}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,7}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,4}$	
m_2	5,4	5,4	2,4	2,3	0,6	0,6	0,4	0,4	0,1	0,1	
m_φ	5,4	6,2	2,4	3,0	0,6	1,1	0,4	0,8	0,1	0,5	
$m_T = \pm 1^s,0$						$m_{A\odot} = \pm 5'$					
m_1	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,5}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,3}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,2}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,1}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,1}$	
m_2	10,8	10,8	4,7	4,7	1,2	1,1	0,7	0,7	0,3	0,3	
m_φ	10,8	10,9	4,7	4,7	1,2	1,2	0,7	0,7	0,3	0,3	
$m_T = \pm 1^s,0$						$m_{A\odot} = \pm 10'$					
m_1			$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,6}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,3}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,2}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,2}$	
m_2			4,7	4,7	1,2	1,1	0,7	0,7	0,3	0,3	
m_φ			4,7	4,7	1,2	1,2	0,7	0,8	0,3	0,4	
$m_T = \pm 1^s,0$						$m_{A\odot} = \pm 20'$					
m_1			$\overset{0}{0,0}$	$\overset{1}{1,3}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,6}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,5}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,3}$	
m_2			4,7	4,7	1,2	1,1	0,7	0,7	0,3	0,3	
m_φ			4,7	4,9	1,2	1,3	0,7	0,9	0,3	0,4	
$m_T = \pm 1^s,0$						$m_{A\odot} = \pm 30'$					
m_1			$\overset{0}{0,0}$	$\overset{1}{1,9}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,9}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,7}$	$\overset{0}{0,0}$	$\overset{0}{0,5}$	
m_2			4,7	4,7	1,2	1,1	0,7	0,7	0,3	0,3	
m_φ			4,7	5,0	1,2	1,4	0,7	1,0	0,3	0,6	

Недостатки способа: значительные затраты времени на наблюдения в зоне $82^\circ \leq \varphi \leq 85^\circ$ от 15^m до 25^m , узкий сектор удаления Солнца от первого вертикала. Несмотря на это, данный способ можно использовать во время экспедиционных работ в Антарктиде в условиях антарктического лета, например, для определения широт временных метеорологических и гляциологических станций, развертываемых при движении так называемых «санно-гусеничных поездов» в глубь шестого континента, для определения широт характерных геологических формаций и в других случаях, когда достаточно знать широту места с ошибкой порядка $\pm 2'$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куницкий Р. В. Приближенный способ определения азимута звезды по наблюдениям ее прохождения через две горизонтальные нити. — «Астрономический журнал», 1938, т. 10, вып. 1.
2. Цветков К. А. Практическая астрономия, изд. 2. М., Геодезиздат, 1952.
3. Киричук В. В., Лавинкевич А. С. Об одном из способов приближенного определения азимута по наблюдениям прохождения диска Солнца через горизонтальную нить зрительной трубы инструмента. — «Геодезия и картография», 1972, № 7.

Работа поступила в редколлегию 27 апреля 1973 г. Рекомендована кафедрой теории математической обработки геодезических измерений Львовского политехнического института.