

А. В. ГОЖИИ

## СРАВНЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНЫ ОБОРОТА ВИНТА ПОЗИЦИОННОГО КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА АСТРОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСАЛА

При использовании позиционного контакта микрометра астрономического универсала [2] для определения азимута земного предмета по наблюдениям звезд в вертикале предмета необходимо достаточно точно знать цену оборота винта микрометра  $R$ . Точность определения  $R$  должна быть тем выше, чем больше интервал, измеряемый с помощью микрометра.

Цену оборота винта позиционного микрометра можно найти различными методами.

Во-первых, теми же, которыми определяется цена оборота винта обычного окулярного микрометра, — по наблюдениям шкальных пар в меридиане, наблюдениям моментов прохождений звезд в элонгации или в меридиане, наблюдениям моментов прохождений зенитных звезд в меридиане.

Во-вторых, особыми методами, применимыми только в случае наблюдений с позиционным микрометром, — по наблюдениям шкальных пар в произвольных часовых углах и наблюдениям в произвольных часовых углах моментов прохождения звезды через определенные участки поля зрения трубы.

По своей идее последние два из указанных методов аналогичны обычному методу шкальных пар и методу элонгаций соответственно. Здесь используется свойство позиционного микрометра вращаться вокруг оси, примерно совпадающей с оптической осью микрометра [1, 3, 7].

Предположим, что требуется определить  $R$  по наблюдениям шкальной пары звезд в произвольном часовом угле  $t$ . Для этого прежде всего необходимо вычислить азимут  $A$ , зенитное расстояние  $z$  и параллактический угол  $q$  середины пары в момент звездного времени  $T$ , соответствующий часовому углу  $t$ . Вычисления можно производить по известным формулам сферической астрономии с использованием приближенных значений широты места наблюдения, прямого восхождения и склонения середины пары.

Если инструмент установить в азимуте  $A$ , трубу — на зенитное расстояние  $z$ , а микрометр повернуть от первоначального положения (подвижная нить микрометра горизонтальна) на угол  $q$ , то в момент звездного времени  $T$  изображение звезды будет перемещаться в поле зрения трубы в направлении, перпендикулярном к направлению перемещения подвижной нити микрометра. В этом случае мы можем определить цену оборота винта позиционного микрометра, измеряя с его помощью известное расстояние между звездами пары точно так же, как при наблюдении шкальной пары в меридиане.

Если инструмент установлен в азимуте  $A$ , труба — на зенитное расстояние  $z$ , а микрометр повернут от первоначального положения на угол  $p=90^\circ-q$ , то в момент звездного времени  $T$  направление перемещения изображения звезды в поле зрения трубы будет совпадать с направлением перемещения подвижной нити микрометра. Стало быть, в данном случае мы можем найти цену оборота винта микрометра  $R$  точно так же, как при определении  $R$  из наблюдений звезд в элонгации — регистрируя моменты прохождения звезды через подвижную нить, переставляемую через определенное число оборотов.

Ошибки в  $A$ ,  $z$  и  $q(p)$  не окажут ощутимого влияния на определение  $R$  в тех случаях, когда они не превышают  $2'$ ,  $2'$  и  $5'$  соответственно. Понятно, что установка астрономического универсала, оснащенного позиционным микрометром с ценой деления шкалы позиционных углов  $1-2'$ , в определенное положение с указанной точностью не может вызвать особых затруднений.

Чтобы выявить, сравнимы ли по точности результатов методы определения цены оборота винта позиционного микрометра, основанные на наблюдении шкальных пар или моментов прохождений звезд в произвольных часовых углах, с общепринятыми методами определений этой величины, мы определили цену оборота винта позиционного контактного микрометра четырьмя методами:

1) по наблюдениям шкальных пар в меридиане; 2) по наблюдениям моментов прохождений звезд в элонгации; 3) по наблюдениям шкальной пары № 1961—1975 в произвольных часовых углах; 4) по наблюдениям моментов прохождений звезды  $AE\ 367$  в произвольных часовых углах.

Каждым из названных методов получено по 22 значения цены оборота винта позиционного контактного микрометра, подобного описанному в [1]. Наблюдения выполнялись на инструменте УВ  $2''/2''$  № 003.

Программа наблюдений шкальных пар в меридиане была составлена из звезд каталога  $GC$ . В программу входили шкальные пары с разностью склонений от  $11'$  до  $33'$ . Обработка наблюдений выполнена по известной схеме [6, 9] в системе каталога  $FK4$ . Склонения звезд, отсутствующих в каталоге  $FK4$ , приводились к системе  $FK4$  учетом систематических разностей  $GC-FK4$  [8].

Программа наблюдений звезд в элонгации была составлена по «Эфемеридам звезд в элонгации...» [5], а также из звезд  $AE$ . В процессе наблюдений методом глаз—клавиша фиксировались моменты прохождения звезды через подвижную нить на участке от 2-го до 18-го оборота винта с перестановкой нити через один оборот. Регистрация моментов производилась с помощью хронографа. Обработка наблюдений выполнена по схеме, приведенной в [4].

В произвольных часовых углах мы наблюдали шкальную пару, составленную из звезд № 1961 и 1975 «Каталога 2957 ярких звезд...» Циммермана. В процессе наблюдений с помощью микрометра измерялась разность склонений звезд данной пары (около  $21'$ ) точно так же, как при наблюдении шкальных пар в меридиане. Интервал наблюдений составлял  $12^m$ , так что на протяжении одного часа эту пару можно было наблюдать пять раз. Обработка наблюдений выполнена по схеме, описанной в работе [2].

Звезду  $AE\ 367$  мы наблюдали в произвольных часовых углах с интервалом в  $10^m$ . Как и в случае наблюдений звезд в элонгации, при наблюдении звезды  $AE\ 367$  методом глаз—клавиша с помощью хронографа фиксировались моменты прохождения изображения звезды через подвижную нить и показания талькоттовского уровня в эти моменты. Подвижная нить переставлялась через один оборот на участке от 2-го до 18-го оборота винта. Таким образом, за время одного прохождения

звезды AE 367 через поле зрения трубы можно было отметить 17 моментов времени —  $T_h, T_{h+1}, T_{h+2}, \dots, T_{l-1}, T_l$  (в нашем случае  $k=2, l=18$ ).

По любой паре указанных моментов  $T$  можно вычислить значение цены оборота винта позиционного микрометра  $R$ , пользуясь известным соотношением

$$R_i = 15'' \frac{(T_{i+m} - T_i) - C}{m} \cos \delta, \quad (1)$$

где  $T_{i+m}$  и  $T_i$  — два из зафиксированных моментов времени, соответствующие двум положениям подвижной нити на удалении в  $m$  оборотов винта;  $C$  — второй член разложения в ряд  $\sin(T_{i+m} - T_i)$ , который выбирается из табл. 2 [5];  $\delta$  — склонение звезды. Перед использованием в формуле (1) отмеченные моменты времени  $T$  должны быть выражены в звездном времени и исправлены за влияние хода хронометра или хронографа и изменение наклонности инструмента.

Поправку  $\delta T_i$  за изменение наклонности следует вычислять по формуле

$$\delta T_i = i \frac{\tau}{30 \cos \delta} \cdot \sin q \quad (2)$$

и прибавлять к  $T$ . В формуле (2)  $i$  — наклонность инструмента в полуделениях уровня,  $\tau$  — цена деления уровня,  $\delta$  — склонение, а  $q$  — параллактический угол звезды.

Вполне понятно, что при  $m < l - k$  по одному наблюдению звезды можно составить  $n$  разностей  $(T_{i+m} - T_i)$  и получить столько же значений  $R_i$  ( $n = l - k - m + 1$ ). Осреднив  $n$  значений  $R_i$ , мы найдем  $R'$  — предварительное значение цены оборота винта по данному одному наблюдению звезды. Поскольку в нахождении отдельных значений  $R_i$  нет никакой необходимости, то для сокращения вычислений целесообразно непосредственно определять  $R'$ , пользуясь формулой

$$R' = 15'' \frac{\sum_{i=k}^{n+1} T_{i+m} - \sum_{i=k}^{n+1} T_i - nC}{mn} \cos \delta. \quad (3)$$

Эта формула получена путем осреднения  $n$  формул (1). Чтобы найти окончательное значение цены оборота винта  $R$ , значение  $R'$ , вычисленное по формуле (3), необходимо уменьшить на величину поправки за влияние рефракции  $\Delta R_r$ , которая определяется по формуле

$$\Delta R_r = R'_0 \cdot dr \cdot \sin^2 q. \quad (4)$$

В последней формуле  $R'_0$  — предварительное значение  $R'$ , выраженный в мичутах дуги,  $dr$  — изменение рефракции при изменении зенитного расстояния на одну минуту дуги,  $q$  — параллактический угол звезды;  $dr$  выбирается из табл. 3 [5].

Значения  $R$ , определенные из наблюдений моментов прохождений звезды AE 367 в произвольных часовых углах, вычислены именно так, как указано выше. При этом  $m$  было принято равным девяти оборотам винта.

Результаты определений приведены ниже. Значения  $R$ , полученные из наблюдений шкальных пар в меридиане, представлены в графе 1, шкальной пары № 1961—1975 в произвольных часовых углах — графе 2; моментов прохождений звезд в элонгации — 3; моментов прохождений звезды AE 367 в произвольных часовых углах — 4. Здесь же

даны среднеквадратические ошибки  $m_R$  определения одного значения  $R$  и среднеквадратические ошибки  $M_R$  определения среднеарифметического значения  $R$  каждым методом. В последней строке указано время  $t$ , которое потребовалось на выполнение наблюдений каждым методом.

	1	2	3	4
	114,187"	114,221"	114,336"	114,242"
	114,278	114,331	114,163	114,227
	114,257	114,250	114,340	114,303
	114,238	114,303	114,417	114,211
	114,244	114,300	114,299	114,271
	114,202	114,314	114,233	114,198
	114,259	114,320	114,282	114,208
	114,293	114,262	114,361	114,196
	114,280	114,198	114,270	114,373
	114,311	114,220	114,276	114,286
	114,334	114,265	114,221	114,362
	114,234	114,240	114,243	114,284
	114,284	114,328	114,274	114,323
	114,245	114,299	114,307	114,332
	114,229	114,285	114,215	114,228
	114,321	114,263	114,373	114,233
	114,314	114,279	114,296	114,221
	114,290	114,341	114,351	114,232
	114,337	114,293	114,276	114,246
	114,279	114,323	114,171	114,268
	114,335	114,340	114,225	114,259
	114,250	114,296	114,411	114,207
$R_{cp}$	114,273"	114,285"	114,288"	114,260"
$m_R$	$\pm 0,042$	$\pm 0,042$	$\pm 0,070$	$\pm 0,052$
$M_R$	$\pm 0,009$	$\pm 0,009$	$\pm 0,015$	$\pm 0,011$
$t$	12 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>

Сравнивая значения  $R$ , полученные разными способами, легко заметить, что в пределах ошибок наблюдений они вполне удовлетворительно согласуются между собой. Кроме того, значения  $R$ , определенные из наблюдений шкальной пары № 1961—1975 в произвольных часовых углах и из наблюдений моментов прохождений звезды AE 367, в произвольных часовых углах, по точности определений не уступают таковым, найденным соответственно из наблюдений шкальных пар в меридиане и из наблюдений моментов прохождений звезд в элонгации. Принимая это во внимание, а также то, что, во-первых, определения цены оборота винта из наблюдений звезд или шкальных пар в произвольных часовых углах могут производиться в любой удобный для наблюдателя момент времени и в любом темпе; во-вторых, на выполнение данного объема таких определений требуется значительно меньше времени, чем на выполнение такого же объема определений любым другим методом, и в-третьих, для выполнения любого объема определений вполне достаточно подобрать всего несколько звезд или шкальных пар, можно прийти к заключению — наиболее рациональными способами определения цены оборота винта позиционного микрометра следует признать способы, основанные на наблюдениях шкальных пар или моментов прохождений отдельных звезд в произвольных часовых углах. Ими и следует пользоваться в практике астрономических определений с позиционным микрометром.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гожий А. В. Определение цены оборота винта окулярного микрометра по наблюдениям шкальной пары в произвольных часовых углах. В сб.: «Вращение и приливные деформации Земли», вып. 1. «Наукова думка», Киев, 1969.

2. Гожий А. В., Овчинников В. А. Позиционный контактный микрометр астрономического универсала. В сб.: «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», вып. 9, Изд-во Львов. ун-та, Львов, 1969.
3. Дик Ю. Практическая астрономия с визуальными инструментами. «Недра», М., 1966.
4. Колупаев А. П., Мауерер В. Г., Старостин А. М. Практическое руководство по геодезической астрономии. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 148, М., 1962.
5. Таблицы по геодезической астрономии. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 163, М., 1963.
6. Федоров Е. П., Попов Н. А., Евтушенко Е. И. Шкальная пара для определения цены оборота винта окулярного микрометра переносных инструментов. Изд-во АН УССР, Киев, 1949.
7. Хандриков М. Система астрономии (Типография и литография М. Фрица), Киев, 1875.
8. Brosche P., Nowacki H., Strobel W. Systematic differences FK4-GC and FK4-N30 for 1950.0 «Veröffentlichungen des Astronomischen Rechen-Instituts Heidelberg», Nr. 15, 1964.
9. Yumi S. Micrometer Value of the International Zenith Telescope at Mizusawa. «Publ. of the Intern. Latitude Observ. of Mizusawa», 2, № 1, 1955; № 3, 1957.

Работа поступила  
5 ноября 1969 года.