

УДК 521.936

## О личных ошибках наблюдателя при визуальных определениях широт способом Талькотта

Г. Телеки, Р. Груич

Используя широтные данные, полученные с помощью зенит-телескопа Белградской астрономической обсерватории в период 1960.0—1986.0, мы исследовали разности широт, определенные двумя опытными наблюдателями. Установлено, что эти разности (следствие личных ошибок наблюдателей) значительны и что они коррелируют с наклоном подвижной нити микрометра. Даны некоторые рекомендации для организации наблюдений.

*ON THE OBSERVER'S PERSONAL ERRORS IN VISUAL LATITUDE DETERMINATIONS BY THE TALCOTT'S METHOD, by [Teleki G.], Grujić R.* — Using the latitude data collected with the Belgrade zenith-telescope during the period of 1960.0—1986.0 the differences in latitudes obtained by two experienced observers are investigated. It is established that these differences, which are a consequence of the personal errors, are significant and are in correlation with the tilt of the micrometer moving wire. Some recommendations are given.

**Введение.** Так как способ Талькотта для определения широты — дифференциальный, то можно было ожидать, что личные ошибки наблюдателя не будут влиять на результаты наблюдений с помощью визуальных зенит-телескопов. Однако это не подтвердилось, о чем свидетельствуют и результаты наших наблюдений в Белграде. Возникает вопрос, как личные ошибки наблюдателя влияют на результаты измерений широты. Известно, что эти ошибки зависят от психофизических свойств наблюдателя, которые определяют и систематические, и случайные влияния. Возможно, что систематические влияния у наблюдателей с большим опытом выражены отчетливее.

Мы решили исследовать эту проблему на основе широтных данных, полученных с помощью зенит-телескопа «Аскания» ( $D=11$  см,  $F=128.7$  см) в Белградской обсерватории в период 1960.0—1986.0. Используются данные двух наблюдателей, которые в течение 26 лет непрерывно работали на этом инструменте.

**Широтные данные.** В 1960—1986 гг. наблюдения велись по программе [3], состоящей из шести групп, каждая из которых в свою очередь состоит из двух подгрупп. Каждая подгруппа содержит пять пар Талькотта. Для нашего анализа взяты данные наблюдений всех пяти пар звезд двумя наблюдателями: Р. Груичем (RG) и М. Джокичем (MD). Других исследователей, которые бы наблюдали с начала 1960 до конца 1985 г., к сожалению, нет.

Обозначим через  $\varphi_i$  значение широты, полученное по наблюдениям одной подгруппы ( $i=1, \dots, 12$ ), а через  $\varphi_{i, RG}$  и  $\varphi_{i, MD}$  — данные отдельных наблюдателей. Находим разности

$$\Delta\varphi_i = \varphi_{i, RG} - \varphi_{i, MD} \quad (1)$$

для тех случаев, когда между наблюдениями одной и той же подгруппы прошло не более пяти дней. Таким образом, можно ожидать, что данные  $\Delta\varphi_i$  не зависят от ошибок склонений звезд, а также практически и от изменений широт. Для всех значений  $\Delta\varphi_i$  ( $i=1, \dots, 12$ ) мы вычислили среднее значение  $\Delta\varphi_m$ , относящееся к каждому году.

Разности широт  $\Delta\varphi_m$  и  $\Delta\varphi_s$ , ошибки их определений  $\sigma_m$ ,  $\sigma_s$ , число использованных данных  $n$ ,  $n_{RG}$ ,  $n_{MD}$ , тангенс угла наклона  $i$  подвижной нити

Год	$n$	$\Delta\varphi_m$	$\sigma_m$	$n_{RG}$	$n_{MD}$	$\Delta\varphi_s$	$\sigma_s$	$\operatorname{tg} i$
1960	10	-0.110"	$\pm 0.161''$	47	22	-0.096"	$\pm 0.044''$	-0.003 23
1961	50	-0.095	0.134	73	82	-0.048	0.026	-0.002 96
1962	23	-0.059	0.177	90	54	-0.119	0.045	-0.002 90
1963	25	-0.049	0.190	86	77	-0.044	0.116	-0.003 97
1964	35	-0.144	0.189	86	75	-0.047	0.073	-0.003 14
1965	47	+0.117	0.192	63	72	+0.084	0.065	+0.001 04
1966	35	-0.006	0.124	63	56	+0.035	0.064	+0.000 31
1967	41	+0.037	0.173	79	88	+0.026	0.049	+0.001 23
1968	42	+0.024	0.207	93	75	+0.007	0.054	+0.001 58
1969	22	+0.015	0.112	100	80	+0.002	0.040	+0.001 31
1970	17	-0.053	0.115	86	79	-0.050	0.016	-0.001 35
1971	1	-0.137	—	25	98	-0.094	0.028	+0.000 79
1972	10	+0.011	0.123	95	65	+0.022	0.076	-0.001 35
1973	27	+0.027	0.119	91	51	+0.021	0.033	-0.001 03
1974	10	+0.036	0.076	117	70	+0.012	0.020	-0.001 16
1975	17	+0.013	0.082	115	65	+0.028	0.026	-0.001 21
1976	15	+0.057	0.124	97	31	+0.084	0.048	-0.001 09
1977	30	+0.029	0.077	85	42	+0.011	0.032	-0.001 52
1978	13	+0.080	0.126	59	26	+0.064	0.047	-0.001 54
1979	12	+0.079	0.111	47	19	+0.053	0.059	-0.001 18
1980	5	+0.040	0.067	43	12	+0.058	0.047	-0.001 43
1981	13	+0.007	0.119	56	16	+0.060	0.055	-0.001 16
1982	15	+0.045	0.132	59	18	+0.016	0.055	-0.001 43
1983	18	+0.014	0.089	60	23	+0.031	0.036	-0.001 16
1984	14	+0.006	0.090	68	23	+0.052	0.052	-0.001 02
1985	16	+0.029	0.136	51	18	+0.080	0.063	-0.001 60

Данные  $\Delta\varphi_m$  для каждого года приведены в таблице и на рис. 1. В таблице представлены число  $n$  данных  $\Delta\varphi_i$ , ошибка  $\sigma_m$  определения  $\Delta\varphi_m$ , величины  $\Delta\varphi_s$  — средние разности между значениями широты, полученными отдельно каждым наблюдателем из наблюдений всех подгрупп в течение года (выравнивание значений  $\Delta\varphi_s$  сделано способом Вондрака); число использованных  $\varphi_i$  для каждого наблюдателя  $n_{RG}$ ,  $n_{MD}$  и ошибка  $\sigma_s$  определения  $\Delta\varphi_s$ .

Как видно,  $\Delta\varphi_m$  и  $\Delta\varphi_s$  изменяются со временем, но они хорошо согласуются между собой в период 1960—1973 гг., затем это согласие нарушается. Что касается знака (кроме 1966 г.), то они полностью идентичны.

Необходимо отметить, что в 1969—1970 гг. произошли изменения в павильоне, на инструменте и в процессе наблюдений [2]. Все это повысило точность определения широты. На рис. 1 хорошо видно, что эти изменения повлияли на  $\Delta\varphi_m$  и  $\Delta\varphi_s$ .

**Об одном возможном источнике разностей  $\Delta\varphi_m$ .** Допустим, что наблюдатель постоянно опаздывает с регистрацией момента прохождения звезд через неподвижную нить. Это значит, что он всегда измеряет положения звезд после их прохождения. Из рис. 2 следует, что из-за опаздывания наблюдателя микрометрический винт будет регистрировать положение  $P_1'P_2'$  подвижной нити, а не момент соответствующий прохождению через неподвижную нить  $K_1K_2$ . Если бы движение звезд в поле зрения происходило вдоль одной дуги, то каждая такая личная ошибка изменяла бы в принципе отсчет микрометра на величину  $\Delta R$ . Возникает вопрос о величине  $\Delta R$ .

Согласно нашему расчету, если подвижная нить не имеет наклона, то опаздывание (в разумных пределах) дает только пренебрежимо малое значение  $\Delta R$ . Но если эта нить наклонена, то значение  $\Delta R$  может быть существенным. Допустим, что опаздывание по дуге всегда

составляет  $20''$  (это приблизительно соответствует расстоянию между двумя соседними нитями в группе из трех горизонтальных неподвижных нитей) и что  $i$  — наклон подвижной нити. На рис. 3 звезды пересекают нити в точках  $Z_1$  и  $Z_2$ . Если опаздывание по дуге равно  $\widehat{Z_1Z_2}$ , то  $\Delta R =$

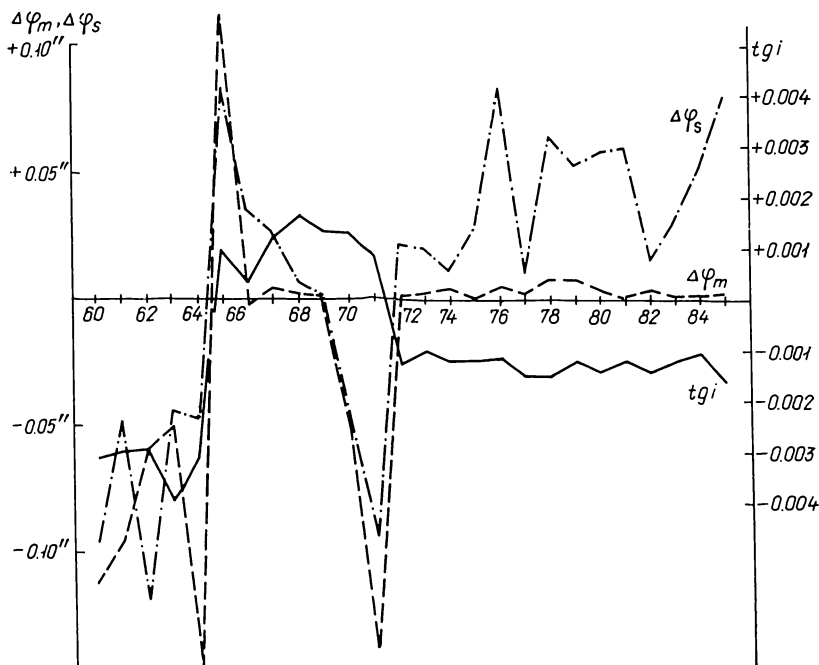


Рис. 1. Годовые значения  $\Delta\varphi_m$ ,  $\Delta\varphi_s$  и  $\operatorname{tg} i$

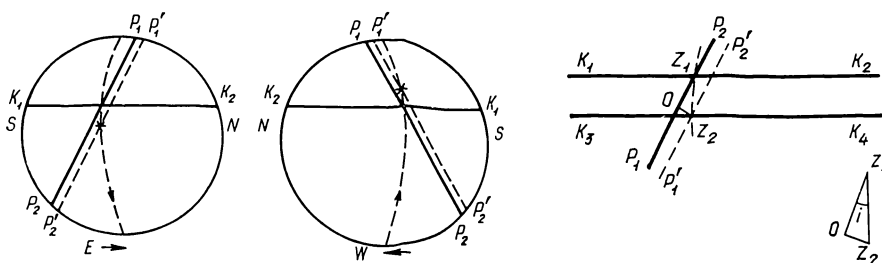


Рис. 2. Положения и пути звезд вместе с положениями неподвижной ( $K_1K_2$ ) и подвижной ( $P_1P_2$ ) нитей в поле зрения окулярного микрометра для положений зенит-телескопа E и W

Рис. 3. Прохождение звезд через нити  $K_1K_2$  и  $K_3K_4$  в момент, когда подвижная нить наклонена на угол  $i$

$= \widehat{OZ_2}$ . Из треугольника  $OZ_1Z_2$  получаем

$$\Delta R = OZ_2 = \widehat{Z_1Z_2} \sin i. \quad (2)$$

Если  $\sin i = 0.001$  ( $i \approx 4'$ ), то при  $\widehat{Z_1Z_2} = 20''$  получаем  $\Delta R = 0.02''$ . Последнюю нельзя считать величиной пренебрежимо малой.

Посмотрим, как опаздывание регистрации и наклон нити могут влиять на значения зенитного расстояния и, следовательно, широты. Вернемся к рис. 2. Предположим, что при каждой регистрации влияние составит  $\Delta R_k$ . Если число регистраций  $k=4$  (как у белградского зенит-телескопа), то влияние на зенитное расстояние можно выразить формулой  $\Delta R_m = \Sigma \Delta R_k / 4$ . В состоянии, показанном на рис. 2, в положении

Е имеем  $\Delta R_{mE}$ , в положении W получаем  $-\Delta R_{mW}$ . Их влияние на широту можно представить выражением  $\Delta R_{mE} - (-\Delta R_{mW}) = \Delta R_{mE} + \Delta R_{mW}$  или приблизительно  $2\Delta R_m$ .

Таким образом, вычисленное значение широты будет ошибочным приблизительно на величину  $2\Delta R_m$  в том случае, если поправка за кривизну параллели вычислена для положений, не соответствующих реальным (если бы поправку за кривизну параллели вычисляли для положений звезд, соответствующих реальным измерениям, то  $\Delta R_m = 0$ ).

До сих пор мы рассматривали только опаздывания в регистрации. Естественно, будут влияния и в случае, если наблюдатель измеряет положения звезд систематически раньше, чем надо.

Необходимо отметить, что после окончания настоящего анализа рецензент обратил наше внимание на то, что В. В. Лапаева [1] уже пришла к идее, изложенной здесь нами. Ее изложение несколько отличается от нашего.

**Анализ.** Сопоставим данные  $\Delta\varphi_m$  (или  $\Delta\varphi_s$ ) с  $\operatorname{tg} i$  (тангенсом угла наклона подвижной нити).

В таблице и на рис. 1 представлены значения  $\operatorname{tg} i$ , полученные по наблюдательным данным. Вследствие малости угла  $i$  далее будем использовать  $\operatorname{tg} i$  вместо  $\sin i$  (см. формулу (2)). Угол  $i$  изменялся; его самое большое значение достигало  $14'$ . Причиной изменения знака  $\operatorname{tg} i$  в 1964—1965 и 1971—1972 гг. была чистка микрометра.

Вследствие изменений в 1969—1970 гг., что уже отмечалось, 26-летний период нами разделен на две части: 1960.0—1970.0 и 1970.—1986.0. Для первой части коэффициент корреляции между  $\operatorname{tg} i$  и  $\Delta\varphi_m$  равен 0.54 и 0.71, для второй — 0.77 и 0.79 соответственно.

Следовательно, между широтами, определенными двумя опытными наблюдателями, существует систематическая разность. Эта разность коррелирует с наклоном подвижной нити. Однако, как эти наблюдатели ведут измерения, а также, что реально случилось после изменений 1969—1970 гг., пока не ясно. Для такого ответа нужно иметь еще одного постоянного и опытного наблюдателя.

**Выводы.** 1. Личные ошибки наблюдателя могут влиять на значение широты, полученное по визуальным измерениям способом Талькотта. Если это явление имеет систематический характер, то необходимо перевести все данные в систему одного наблюдателя. Для этого на каждой широтной станции, где проводятся наблюдения визуальным способом, нужно исследовать личные ошибки наблюдателя; 2. Наклон подвижной нити может быть источником личных ошибок, влияющих на широтные данные. Поэтому его надо постоянно проверять и держать в пределах не более  $3'$ ; 3. Выводы 1 и 2 могут быть применены не только к будущим, но и к прошлым сериям наблюдений. Было бы полезно исправить старые широтные данные и за эти эффекты.

1. Лапаева В. В. О возможной причине личных ошибок в наблюдениях широты // Астрон. циркуляр.— 1980.— № 1099.— С. 6—8.
2. Milovanović V., Teleki G., Grujić R. On the influence of the external factors on the accuracy of determination of latitude variations // Publ. Astron. Observ. Sarajevo.— 1981.— 1, N 1.— P. 131—141.
3. Ševarlić B., Teleki G. Le projet d'un nouveau programme pour le service de latitude de l'observatoire // Bull. Observ. Astron. Belgrade.— 1960.— 24, N 3/4.— P. 19—27.