

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ АЗИМУТА ПОЛЯРНОЙ

Автоматизация процессов астрономических определений является важным вопросом современного астрономо-геодезического производства. В последние годы многие геодезические предприятия были оснащены малыми и большими ЭЦВМ и ЭВМ типа «Электроника», «Наири», ЕС-1020 и др., что позволило автоматизировать камеральные вычислительные процессы. В связи с этим возникает вопрос рационального использования подобных вычислительных средств в полевых условиях.

Определение астрономического азимута земного предмета в средних широтах в СССР производится по измерению часового угла Полярной [4]. Так, полная программа этого способа для сетей 1—2 класса состоит из 18 приемов. При этом приходится вычислять 72 азимута Полярной, а для контроля повторить их, что занимает примерно 70% всего времени, затрачиваемого на вычисление азимута земного предмета.

Попытки облегчить процесс вычислений уже делались. Так, были составлены таблицы для вычислений азимута С. А. Ангелова [1], А. В. Буткевича [2], М. И. Кузьмина и И. И. Тишкина [5]. В таблицах С. А. Ангелова азимут получаем путем интерполирования по трем аргументам — часовому углу, широте и склонению, что неудобно. Таблицы А. В. Буткевича служат для полевых вычислений азимута Полярной до $0,1''$ — $0,2''$ с контролем путем вычислений со средним моментом в приеме. Если точная широта φ пункта не соответствует принятой при вычислениях азимута широте, то в каждом приеме нужно вводить дифференциальную поправку

$$\delta a_{\varphi}^* = \operatorname{tg} a \operatorname{tg} \varphi d\varphi'' \quad (1)$$

Таблицы М. И. Кузьмина и И. И. Тишкина, по нашему мнению, также имеют некоторые недостатки. Во-первых, составлять их можно только на ЭВМ, в блок памяти которых должна быть введена обширная программа вычисления видимых координат Полярной. Во-вторых, ошибка азимута достигает $0,5''$, тогда как в полевых условиях азимут требуется вычислять до $0,1''$ [4]. В-третьих, таблицы вычисляются и печатаются на каждый день, что излишне.

В предлагаемых нами таблицах эти недостатки удалось уменьшить. С этой целью была составлена программа для ЭВМ на языке Фортран расчета и печати таблиц для полевых вычислений азимутов Полярной. В основу программы положена строгая формула вычисления азимута

$$\operatorname{tg} a = \frac{\cos \delta \sin t}{\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t} \quad (2)$$

Табличные значения азимута получаются с точностью до $0,1''$. Аргументами составляемых таблиц являются местное звездное время и узловые даты. Весьма важным оказывается вопрос установления шага таблиц как внутри даты, так и между датами. Расчет шага таблиц для линейного интерполирования внутри даты производим по формуле А. В. Буткевича [3]

$$\Delta t^s = \frac{\rho''}{15} \sqrt{\frac{0,4''}{\left(\frac{d^2 a}{dt^2}\right)_{\max}}}, \quad (3)$$

где при

$$a'' \approx \Delta'' \sec \varphi \sin t; \quad \frac{d^2 a}{dt^2} \approx -\Delta'' \sec \varphi \sin t.$$

Расчет по формуле (3) показывает, что минимальное значение Δt достигает 2^m . Чтобы определить допустимость шага таблиц по датам, мы исследовали максимальные вторые разности прямых восхождений и склонений Полярной при интервале в 5 сут. При этом было установлено, что $\Delta_{\alpha_N}'' \leq 1,8^s$, а

$\Delta_{\delta_N}'' \leq 0,4''$. Максимальные ошибки линейного интерполирования

координат при этом составили $0,22^s$ по α_N и $0,045''$ по δ_N , а их влияние на азимут оказалось равным $0,12''$ по α_N и $0,09''$ по δ_N .

Таким образом, при точности вычислений $0,1''$ возможно линейное интерполирование в пределах 5 сут, т. е. узловые табличные даты можно выбирать через 5 сут. Таблицы для данного пункта рассчитываются заранее, причем исходными данными, вводимыми в ЭВМ, являются:

- широта и долгота пункта наблюдений;
- узловые даты, для которых будут вычисляться азимуты;
- координаты Полярной α_N и δ_N и их суточные изменения на эти даты;
- местное звездное время начала и конца наблюдений.

Ниже приведен фрагмент таблиц для пункта с широтой $\varphi = 49^\circ 27' 28,5''$.

Таблица 1. Выборка из полевых таблиц.

Дата	9.07.80	14.07.80	19.07.80
s	a	a	a
$h \quad m$			
16 20	$-0^\circ 40' 04,1''$	$-0^\circ 40' 01,8''$	$-0^\circ 39' 59,8''$
16 23	$-0 40 54,6$	$-0 40 52,4$	$-0 40 50,2$
16 26	$-0 41 44,7$	$-0 41 42,5$	$-0 41 40,2$
20 29	$-1 16 38,9$	$-1 16 39,3$	$-1 16 39,9$
20 32	$-1 16 35,0$	$-1 16 35,3$	$-1 16 36,0$
20 35	$-1 16 30,5$	$-1 16 30,9$	$-1 16 31,5$

Аналогичные таблицы можно использовать и при камеральной обработке азимутальных определений с точностью до $0,01''$. В этом случае в программе нужно в формуле (3) вместо 0,4 взять 0,04, а в формате печати предусмотреть вывод значений азимутов с точностью до $0,01''$ и вычисления производить на каждые сутки. Шаг таблиц Δt при этом уменьшится примерно в 3 раза. Для уменьшения объема таблиц вычисления следует производить только в узловые даты наблюдений.

Таблица 2. Пример вычисления азимута

Время наблюдений s	h m s 16 20 34,3	h m s 16 24 24,3	h m s 20 29 28,6	h m s 20 31 48,6
Вычисления по форму- лам	$-0^{\circ}40'13,69''$	$-0^{\circ}41'18,05''$	$-1^{\circ}16'38,35''$	$-1^{\circ}16'35,37''$
Вычисления по табли- цам	-0 40 13,7	-0 41 18,1	-1 16 38,3	-1 16 35,3

Расчет таблиц на месяц (7 узловых дат) на ЭВМ ЕС-1020 с выводом на печать требует около 15 мин машинного времени. Для контроля было вычислено несколько значений азимута с помощью формул и таблиц. Расхождения не превышали $0,1''$ (табл. 2).

Список литературы: 1. Ангелов С. А. Вычисление астрономического азимута. — Сб. научно-технических и производственных статей, 1950, вып. 29. 2. Буткевич А. В. О некоторых упрощениях обработки азимутальных определений. — Тр. НИИГАиК, 1950, т. 3, вып. 1. 3. Буткевич А. В. Исследования по решению вычислительных задач сферической геодезии. — М.: Недра, 1964. 4. Колупаев А. П. и др. Практическое руководство по геодезической астрономии. — Тр. ЦНИИГАиК, 1962, вып. 148. 5. Кузьмин М. И., Тишкин И. И. Вычисление азимута Полярной с применением специальных таблиц. — Геодезия и картография, 1978, № 1.

Статья поступила в редколлегию 17. 04. 81