

А. Н. ДЕНИСОВ, В. А. КОВАЛЕНКО

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКОГО АЗИМУТА ИЗ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА

Астрономический азимут местного предмета по часовому углу небесного светила определяют измерением горизонтального угла Q между светилом и местным предметом в определенный момент времени s . Основным уравнением, связывающим измеряемое значение азимута светила A_N с определенными значениями широты φ и времени s , является *

$$\operatorname{ctg} A_N = \sin \varphi \operatorname{ctg} t - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta \operatorname{cosec} t, \quad (1)$$

где $t = s - \alpha = T + u - \alpha$.

Вычислив по (1) значение A_N , находим азимут местного предмета

$$a = A_N + Q. \quad (2)$$

Для установления выгоднейших условий определения азимута местного предмета применим дифференциальную формулу изменения азимута небесного светила *

$$\Delta A_N = \frac{15 \cos \delta \cos \varphi}{\sin z} (\Delta T + \Delta u - \Delta \alpha) + \frac{\sin A}{\operatorname{tg} z} \Delta \varphi + \frac{\sin \varphi}{\sin z} \Delta \delta. \quad (3)$$

Согласно (3) погрешность определения ΔA_N будет тем меньше, чем больше склонение и зенитное расстояние светила и чем ближе оно к меридиану. Применительно к наблюдениям Солнца выгодейшими условиями определения азимута по часовому углу Солнца являются утренние и вечерние часы, когда зенитное расстояние Солнца достаточно велико (от 50° до 80°). Из расчетов по (3) следует, что погрешность в часовом угле светила в $1''$ может дать погрешность в азимуте до $15''$.*

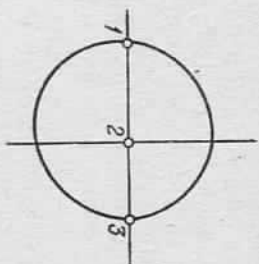
При визуальных методах наблюдений Солнца ошибка фиксации момента прохождения центра его диска через вертикальную нить инструмента достигает $0,3''$ и более, что в конечном счете приводит к погрешности азимута до $10''$. В данном случае основная погрешность определения азимута местного предмета возникает из-за погрешности определения угла Q между Солнцем и местным предметом, так как в визуальных методах в фиксированный момент времени центр диска Солнца отстоит от вертикальной нити на некоторую величину ΔM . Погрешность определения A_N зависит в основном от точности знания длины пунта наблюдений.

Для определения отстояния центра диска Солнца от вертикальной нити ΔM предлагается фотографический способ, сущность

которого заключается в получении фотонегативов с изображением диска Солнца и сетки нитей. Промерив полученные негативы, найдем искомого величину ΔM . Следовательно, погрешность определения ΔM будет зависеть от точности промеров негативов.

Остановимся на методе измерения промеров негативов. Измерения следует производить на координатно-измерительных машинах (стереокометр, стереокомпаратор, КИМ-3) или на измерительных приборах типа шкалового микрометра. На измерительном приборе нега-

Астрономический негатив.



тив ориентируем таким образом, чтобы изображение сетки нитей совпало с направлением осей координат измерительной машины. Далее определяем координату X_1 точек 1, 2, 3 (см. рисунок). Точки 1 и 3 — максимально удаленные края диска Солнца от вертикальной нити, точка 2 — пересечение вертикальной нити с линией, соединяющей точки 1 и 3. Разность $X_3 - X_1$ — диаметр фотозображения диска Солнца D_c . Так как момент фотографирования Солнца известен, пользуясь астрономическим ежегодником, можно вычислить радиус, а затем и диаметр Солнца D_s . Отношение D_s и D_c дает числовое значение масштаба данного снимка (при произвольстве экспериментальных наблюдений масштаб был $\sim 80''/\text{мм}$).

По среднему значению X_1 и X_3 получаем координату X_{cp} центра фотозображения диска Солнца. Разность $X_2 - X_{cp}$ позволяет определить отстояние центра диска Солнца от вертикальной нити на снимке, а умножив эту разность на значение масштаба, получим поправку ΔM , которую необходимо вводить в отсчет по горизонтальному кругу при наблюдениях Солнца.

Из обработки экспериментальных наблюдений установлено, что величина поправки ΔM на снимке не превышает 1 мм , следовательно, значение масштаба негатива достаточно знать с точностью до трех значащих цифр, т. е. до $0,1''/\text{мм}$. Это обстоятельство позволяет определять числовые значения масштаба снимков в начале, середине и конце однодневной программы наблюдений. За окончательное значение масштаба принимаем среднее из этих трех значений. Применяя при измерениях на снимках указанные выше приборы, координату X_1 получаем с точностью до 10 мкм , следовательно, погрешность определения величины ΔM на одном снимке будет не более $1''$.

При фотографических наблюдениях Солнца рекомендуют при изменять методику определения астрономического азимута по часовому углу светила, описанную в указанной монографии. Общий

* Урадов С. С. Курс геодезической астрономии. — М.: Недра, 1980.

порядок наблюдений состоит из приема радиосигналов времени, измерений горизонтальных углов между Солнцем и местным предметом, вторичного приема радиосигналов времени. Порядок измерения горизонтального угла Q между Солнцем и местным предметом в каждом приеме следующий:

1. Наблюдение местного предмета при $K.I$ ($K.II$), отсчеты горизонтального круга.

2. Наблюдение Солнца при $K.I$ ($K.II$): наведение трубы инструмента на Солнце таким образом, чтобы диск Солнца оказался левее вертикальной нити в поле зрения; отсчеты накладки уровня и перекадка его на 180° ; фотографирование Солнца с фиксацией момента экспозиции с помощью хронографа; повторный отсчет уровня; отсчет горизонтального круга.

3. Наблюдение Солнца при $K.I$ ($K.II$) аналогично пункту 2.

4. Наблюдение местного предмета при $K.I$ ($K.II$) аналогично пункту 1.

Для наблюдений используется астрономический теодолит $\Delta Y-2''/10''$, на окулярной части которого крепится зеркальный фотоаппарат, а на противоположной части горизонтальной оси инструмента установлен противовес. Гнездо синхронизатора фотоаппарата соединено с хронографом, второй конец провода заземлен. В качестве чувствительного материала используются фотопленку типа «Микрал-200» низкой чувствительности (~ 6 ед. ГОСТа) и высокой разрешающей способности (400 лин/мм).

Порядок обработки результатов наблюдений следующий: вычисление поправки хронометра из расшифровки хронографических лент приема радиосигналов времени, промеры снимков на координатно-измерительных машинах, вычисление ΔM (отстояние центра диска Солнца от вертикальной нити), вычисления числовых значений направлений на местный предмет и Солнце, вычисление азимута Солнца A_π на моменты наблюдений по (1), вычисление азимута местного предмета.

По изложенной выше методике произведены две серии наблюдений по девять приемов в каждой. Вычисленный азимут местного предмета характеризовался средней квадратической ошибкой одного наблюдения $m=3.30''$ ($M=0.78''$). Для сравнения определен азимут того же направления по часовому углу Полярной ($M=0.28''$). Значение азимута, вычисленного по наблюдениям Солнца, составляет $245^\circ 29' 49.78''$, а по Полярной — $245^\circ 29' 49.33''$. Различие в азимутах получилось $0.45''$, что говорит о надежно полученном результате.

Таким образом, азимут местного предмета по фотографическим наблюдениям Солнца можно получить с точностью до $1''$.

Статья поступила в редколлегию 04. 01. 84

УДК 520.25:528.2

А. Т. ДУЛЬЦЕВ, Г. Г. КРАЙНЮК, А. А. ДОГВИНЕНКО

ФЕРРОГРАФИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ВРЕМЕНИ АСТРОНАБЛЮДЕНИИ С КОНТАКТНЫМ ХРОНОМЕТРОМ

Для феррографической регистрации моментов полевых наблюдений [1] разработан феррохронограф [2], одновременно записывающий с высокой точностью на магнитной ленте электрические импульсы, соответствующие определяемым и эталонным сигналам. Более подходящими оказались эталонные сигналы с частотой не менее 10 Гц. Поэтому конструкция прибора была приспособлена к работе в комплекте с полевыми кварцевыми часами, имеющими на выходе такую частоту.

В практике полевых астронаблюдений еще нередко находят применение пружинные хронометры, дающие механические замыкания контактов с периодом 1 с. При использовании их в качестве генератора эталонных сигналов для феррографической регистрации приходится измерять линейные расстояния на магнитной ленте. Для достижения точности 0,01 с достаточно применить миллиметровую линейку, однако это влечет за собой увеличение затрат времени и труда. Последнее обстоятельство можно устранить, если феррохронограф снабдить умножителем частоты меток времени контактного хронометра.

Опишем конструкцию такого варианта прибора. Феррохронограф имеет лентопрогибный тракт, одновременно записывающий электрические сигналы на магнитную ленту по двум дорожкам, зазор между которыми менее 0,1 мм; электронную часть, подающую на магнитную головку электрические сигналы определенного вида и напряжения, соответствующие радиосигналам и механическим замыканиям контактов окулярного микрометра и хронометра; генератор импульсов частотой 10 Гц, синхронизируемый контактами хронометра.

Функциональная схема умножителя частоты меток времени представлена на рис. 1. Замыкания контактов хронометра запускают задержанный мультивибратор 1, который генерирует прямоугольные импульсы длительностью 50 мс. Помимо получения импульсов, удобной для записи на феррохронографе длительности, применение мультивибратора позволяет избежать вредного влияния дребеза контактов, который может составлять 10...20 мс и ухудшать точность регистрации моментов.

Свободный мультивибратор 2, генерирующий метки времени 0,1 с длительностью 1 мс, синхронизируется передними фронтами секундных импульсов. Импульсы 0,1 с поступают на деkadный делитель частоты 3, на выход которого проходит каждый десятый после начала секунды импульсы мультивибратора 2. Электронный ключ 4 пропускает этот импульс на вход схемы формирования сигнала автоматической подстройки частоты (АПЧ) 5 в случае, если на выходе мультивибратора 1 имеется положительное напряжение