

дальнейшем увеличении числа сторон, составляющих замкнутую, наименьшая в рядах из сопряженных центральных систем. Поэтому при создании рядов с числом сторон, составляющих и замыкающую, больше 4, предпочтительнее следует отдавать этим рядам формулы (3), (7) и (10) публикуются впервые. При этом формулы (3) — строгие, а (7) и (10) получены путем упрощения строгих, но громоздких формул. При $N < 11$ точность их 1...3%.

Список литературы: 1. Аркашова У. П. Оценка точности рядов прямоугольников с измеренными сторонами и диагоналями. — Науч. тр. ОмСХИ, 1970, № 2. 2. Бронштейн Г. С. К вопросу об оценке точности ряда трилатерации. — Инж.-строит. высшая школа, 1974, № 1(34). 3. Бронштейн Г. С., Сафонова А. С. Аппроксимация формул для оценки точности ряда трилатерации. — Геодезия и картография, 1974, № 1. 4. Костыцкая Я. М. К вопросу оценки точности плоских сетей трилатерации. — Геодезия, картография и аэрофотогосъемка, 1967, вып. 6. 5. Кутузов И. А. Наклонение погруженностей в рядах трилатерации с измеренными сторонами. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотогосъемка, 1957, вып. 2.

Статья поступила в редакцию 14.02.84

УДК 528.28

М. П. КУЛИНИЧ

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ АЗИМУТА НАПРАВЛЕНИЯ ИЗ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИИ ЗВЕЗД В ВЕРТИКАЛЕ ЗЕМНОГО ПРЕДМЕТА

Общий анализ методов определения азимута показывает, что одним из наиболее точных является метод, основанный на наблюдениях прохождений звезд в плоскости вертикала наблюдаемой цели [8].

Точность азимутальных определений в рассматриваемом методе зависит в основном от точности регистрации моментов прохождений звезд в вертикале наблюдаемого направления. Поэтому при наблюдениях целесообразно применить объективные (безличные) методы регистрации времени.

В сентябре 1983 г. на кафедре высшей геодезии и астрономии Львовского политехнического института выполнены экспериментальные фотографические наблюдения прохождений звезд в вертикале земного предмета. В этих целях использовался астрономический теодолит АУ 2/10, снабженный фотонасадкой на окулярную часть зрительной трубы [4] и трубой-искателем [5].

С помощью кварцевого электронного прибора — универсального полевое хронометризатора (УПХ), который представляет собой усовершенствованную модель разработанного ранее на кафедре программного хронометризатора [6], — получали на астро-негативе (фотопластинке) прерывистый след звезды и вели учет временных параметров процесса наблюдений. Описанные наблюдения выполнены в экспедиционных условиях на геодезическом полигоне в г. Бережаны Тернопольской обл.

Рабочие эфемериды звезд, использованных при наблюдениях, вычислены на ЭВМ серии ЕС. В программу наблюдений включены звезды не слабее 4,5^m, зенитные расстояния которых при прохождении вертикала наблюдаемого предмета находились в пределах 50...80°. При построении алгоритма программы вычисления рабочих эфемерид использованы следующие формулы [7]:

$$s = \alpha + (\pm t_0 \pm \Delta t); \quad \Delta t = \arccos(\operatorname{tg}^2 \operatorname{ctg}^2 \delta_0);$$

$$z = \pm z_0 \pm \Delta z; \quad \Delta z = \arccos(\sin \delta \operatorname{cosec} \delta_0), \quad (1)$$

где величины t_0 , δ_0 и z_0 — постоянные для данного пункта с широтой φ и заданного вертикала A , их значения находят по формулам

$$t_0 = \operatorname{arctg}(\operatorname{ctg} A \operatorname{cosec} \varphi);$$

$$\delta_0 = \arccos(\sin A \cos \varphi);$$

$$z_0 = \arccos(\sin \varphi \operatorname{cosec} \delta_0). \quad (2)$$

Предельные значения склонений звезд вычислены по формуле

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z + \cos \varphi \sin z \cos A, \quad (3)$$

в которой учитывали предельные значения зенитного расстояния и максимальное допустимое склонение для северных звезд δ_0 .

При составлении рабочих эфемерид звезд в память ЭВМ вводят все номера звезд по AE , их яркость и значения координат.

К преимуществам составления описанных рабочих эфемерид следует отнести то, что изменение исходных данных (азимута предмета и широты пункта наблюдений) не выдает за собой необходимость дополнительных предварительных расчетов и построений новых графиков в отличие от работ [1, 2, 8].

Перед началом наблюдений выполняли общепринятые поверки и юстировки астроинверсала. Кроме этого, согласовывали параллельность визирных осей зрительной трубы АУ 2/10 и трубы-искателя, определяли и контролировали значение инерционности хода (запаздывания) экспозиционного затвора фотонасадки [6].

В процессе астроопределений наблюдали звезды только в северной части вертикала земного предмета ($A = 4^{\circ}22'$). Часть описываемых наблюдений выполнена при положении прибора KD , а часть — при KP . При этом наблюдения вели по следующей методике.

1. Наблюдение (экспонирование на фотопластинку) земного предмета.

Наводили крест нитей трубы-искателя на фонарь, фотографирование которого в центральной части поля зрения главной трубы АУ 2/10 производили 6...8 раз с небольшими смещениями зрительной трубы в вертикальной плоскости. Вследствие этого на астро-негативе фиксировали часть вертикала, азимут которого определялся.

2. Наблюдение (экспонирование) звезд.

Не изменяя азимута, устанавливали зрительную трубу на эфемеридное зенитное расстояние ожидаемой звезды. Отсчитывали и перекладывали наклонной уровень. Появление и прохождение звезды в поле зрения главной трубы АУ 2/10 контролировали, наблюдая ее прохождение в поле зрения трубы-искателя. Процесс экспонирования звезды выполнялся согласно программе, задаваемой хронорегистратором [6]. Моменты начала и конца экспонирования звезды отмечали в журнале наблюдений. В конце наблюдения звезды отсчитывали наклонной уровень. Из приема сигналов точного времени определяли значение поправки кварцевых часов хронорегистратора.

В качестве фотографического материала использовали негативные фотопластики ОРWONP 27 чувствительностью 27 DIN (около 360 ед. по ГОСТу 0,2). Схема астронегатива с изображенными фонарями 1—7 и первыстного следа звезды от представлена на рисунке.

Математическая обработка результатов измерений астронегативов, выполненная по методике [5], реализована в виде программы для ЭВМ. В результате этой обработки получаем средний момент времени T_n' , в который звезда пересекает вертикаль фонаря.

В момент T_n' вводили поправку рабочих кварцевых часов ω , а также поправки за наклонность горизонтальной оси ΔT , за точную абберацию δT , за эталонное время dT , за распространение радиосигналов точного времени ϕ и за запаздывание экспозиционного затвора ω .

В (4) поправки за наклон горизонтальной оси ΔT и точную абберацию δT вычисляют по формулам

$$T_n = T_n' + \omega + \Delta T + \delta T + dT + \phi + \omega, \quad (4)$$

$$\Delta T = b^2 \frac{c^2}{4} \cos z \sec \delta \sec q;$$

$$\delta T = -0,021 \cos \varphi \sec \delta \cos l;$$

$$\sin q = \cos \varphi \sin l \cos z.$$

С моментом T_n вычисляли азимут наблюдаемой звезды по формуле

$$\operatorname{tg} A_s = - \frac{\operatorname{ctg} \delta \sec \varphi \sin l}{1 - \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi \cos l}. \quad (6)$$

Азимут фонаря A из наблюдений одной звезды численно равен азимуту звезды A_s , исправленному за коллимационную ошибку $A = A_s \pm c (\cos z - 1)$. (7)



Значение коллимации c определяли из решения по способу наименьших квадратов системы уравнений вида [3]

$$\Delta A_0 \mp c (\cos z - 1) - (A_s - A_0) = 0, \quad (8)$$

в которых неизвестными являются ΔA_0 — поправка к приближенному значению азимута вертикала A_0 и c — значение коллимации. В формулах (7) и (8) знак «+» при KI , знак «-» при KII .

В итоге проведенного эксперимента обработаны результаты наблюдений семи звезд. Вычисления азимута и оценка точности приведены в таблице.

Результаты пробных определений показывают, что фотографический метод определения азимута может обеспечить точность первоначальных наблюдений. Дальнейшее совершенствование методики фотографического определения азимута из наблюдений звезд в вертикале

земного предмета требует реализации вышесказанных условий применения метода — выполнения наблюдений звезд как в северной, так и в южной части вертикала [8].

$$A_{cp} = 42^{\circ}22'23,40'';$$

$$m = \sqrt{\frac{1821}{n-1}} = 1,80''; \quad M = \frac{m}{\sqrt{n}} = 0,68''.$$

Номер звезд по АЕ	A_1	δ
254	422'21,35"	-2,05"
277	24,34	+0,94
295	21,18	-2,22
301	23,24	-0,16
316	23,27	-0,13
325	24,05	+0,65
333	26,40	+3,00

Список литературы: 1. Бочаров Г. В. Графоаналитический способ подбора пар для наблюдения геодезического азимута по прохождению звезд в вертикале направления. — В кн.: Сборник рационализаторских предложений ОНТИ ЦНИИГАиК, 1972, № 16, 2. Герасимов А. П., Соловьев А. И. Составление рабочих эфемерид для наблюдений звезд в вертикале земного предмета. — Геодезия и картография, 1983, № 5, 3. Гожий А. В. Про визначення астрономічного азимута земного предмета із спостережень проходження зірок через вертикал предмета. — ДАН УРСР, Сер. Б, 1971, № 7, 4. Коваленко В. А., Колзунов В. М. Об опытных астрономических наблюдениях фотографическим способом. — Геодезия и картография, 1976, № 3, 5. Коваленко В. А., Колзунов В. М. О некоторых погрешностях фотографического метода полевых астроопределений. — Геодезия, картография и аэрофотоосъемка, 1983, вып. 38, 6. Колзунов В. М., Гончаренко Ю. Я. Полевой программный хронорегистратор для астрономических наблюдений фотографическим способом. — Геодезия и картография, 1977, № 8, 7. Нитхаммер Т. Тонкие методы астрономических определений. — М.: Геоиздат, 1958, 8. Урдалов С. С. Курс геодезической астрономии. — М.: Недра, 1980.

Статья поступила в редакцию 21.04.84