

Л. Н. ПЕРОВИЧ

ПЕРЕДАЧА АСТРОНОМИЧЕСКИХ КООРДИНАТ И АЗИМУТА ПО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ И ВЕРТИКАЛЬНЫМ УГЛАМ, ИЗМЕРЕННЫМ В ПЕРИОДЫ СПОКОЙНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В ряде работ советских и зарубежных авторов [3, 7] выведены формулы для передачи астрономических координат и азимута. Они позволяют передавать астрономические координаты φ , λ и азимут α по наблюдениям наземных визирных целей, например по измеренным горизонтальным и вертикальным углам. По мнению ряда исследователей, основным препятствием для практического применения как пространственной геодезии, так и формул передачи астрономических координат и азимута в частности является недостаточная точность учета влияния вертикальной рефракции на результаты измерений зенитных расстояний. Поэтому многие авторы останавливались на том, что зенитные расстояния получают из измерений пока что грубо ($3-5''$), и не исследовали передачу координат φ , λ и азимута α на основании уже имеющихся возможностей учета вертикальной рефракции и значительного повышения точности измерения зенитных расстояний.

Из основных, уже реализованных, возможностей учета вертикальной рефракции особого внимания заслуживают наблюдения зенитных расстояний в периоды спокойных изображений визирных целей при ветре. Так, по данным работ Б. М. Джумана [1, 2] и П. М. Шевчука [6], точность измерения зенитных расстояний в эти периоды составляет примерно $1,0-1,5''$.

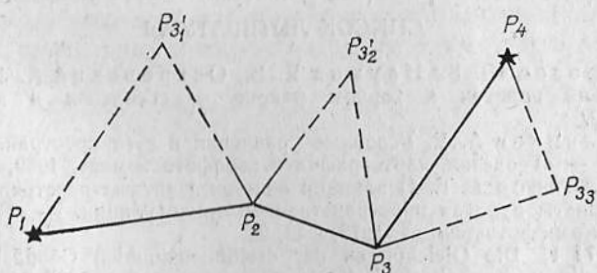


Рис. 1. Схема хода передачи астрономических координат и азимута, уравненного за условия φ , λ и α .

Для практического изучения эффективности влияния измеренных зенитных расстояний в периоды спокойных изображений визирных целей на точность передачи φ , λ и α по рекомендации проф. А. Л. Островского мы произвели передачу астрономических координат и азимута на основании имеющихся полевых

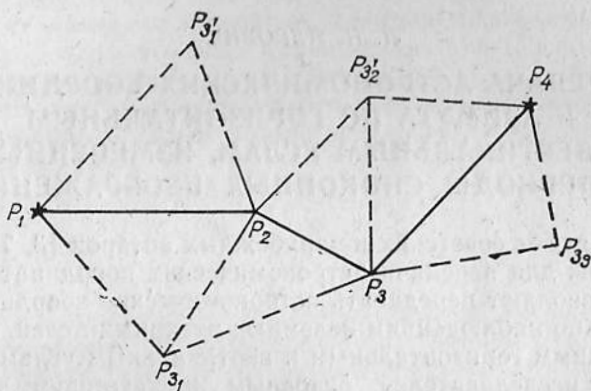


Рис. 2. Схема хода передачи астрономических координат и азимута, уравненного за условия φ , λ , α и угла γ .

наблюдений, выполненных на учебно-геодезическом полигоне Львовского ордена Ленина политехнического института. Район работ относится к Вольно-Подольской возвышенности с абсолютными отметками $200-300$ м над уровнем моря.

Передача φ , λ и α произведена по ходу $P_1P_2P_3P_4$ (рис. 1, 2) общей длиной около 30 км, состоящему из трех передач. В ко-

нечных пунктах P_1 и P_4 имелись точные значения астрономических координат и азимуты направлений P_1-P_3' , P_4-P_3 , полученные из наблюдений. Для того чтобы передать астрономические координаты и азимут с пункта P_1 на пункт P_2 , необходимо иметь в основных пунктах (P_1, P_2, P_3, P_4) хода горизонтальные углы и зенитные расстояния. При передаче φ , λ и α использованы зенитные расстояния, полученные только в периоды спокойных изображений визирных целей [2]. Измерение зенитных расстояний выполнено шестью приемами. Горизонтальные и вертикальные углы определены теодолитом ОТ-02. Визирными целями на всех пунктах служили визирные цилиндры.

Все найденные зенитные расстояния приведены к центрам пунктов, и, кроме того, в них вводились поправки за рефракцию по формуле

$$\delta z = \frac{k S_{ij}}{2R} \rho'', \quad (1)$$

где R — средний радиус кривизны нормального сечения эллипсоида; k — коэффициент рефракции (для всех пунктов принят 0,16); S_{ij} — расстояние между пунктами i и j .

Ход передачи астрономических координат и азимута (рис. 1) уравнивался сначала за условия φ , λ и α , а затем еще и за условия двугранного угла γ (рис. 2), возникающие по каждой стороне передачи. Вычисления по передаче астрономических координат и азимута выполнены по формулам работы [3].

Условные уравнения астрономических координат и азимута, а также весовые функции координат пункта P_2 и азимута направления P_2-P_3 составлены из предположения, что координаты конечных пунктов и азимуты направлений жесткие и уравниванию не подлежат. Коэффициенты условных уравнений и весовых функций вычислены по формулам, приведенным в работах [4, 5]. Поскольку средняя квадратическая ошибка зенитного расстояния, исправленного за рефракцию и приведенного к центру пункта, равна примерно 1,2—1,5'', а горизонтального угла 0,7—1,0'', то отношение их весов принято 1 : 2.

Свободные члены условных уравнений широты, долготы, азимута и двугранных углов γ соответственно составляют:

$$\begin{aligned} \omega_\varphi &= +1,417''; & \omega_\lambda &= +2,140''; & \omega_\alpha &= -3,173''; \\ \omega_{\gamma_{12}} &= -1,741''; & \omega_{\delta_{23}} &= -1,873''; & \omega_{\gamma_{34}} &= +0,468''. \end{aligned}$$

По результатам уравнивания хода передачи вычислены средние квадратические ошибки широты, долготы пункта P_2 и азимута α_{2-3} . Вычисления выполнены по формуле

$$m = \mu \sqrt{\frac{1}{P}}, \quad (2)$$

где μ — средняя квадратическая ошибка единицы веса, полу-

ченная из уравнивания; $\frac{1}{P}$ — обратный вес соответствующей весовой функции.

Средние квадратические ошибки астрономической широты, долготы и азимута после уравнивания хода передачи за условия φ , λ и α следующие: $m_\varphi = 2,28''$; $m_\lambda = 2,75''$; $m_\alpha = 2,67''$.

При уравнивании хода передачи за условия φ , λ , α и γ имеем: $m_\varphi = 1,43''$; $m_\lambda = 2,40''$; $m_\alpha = 2,48''$.

Если вычислить по известным формулам:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \varphi - B; \\ \eta &= (\lambda - L) \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

составляющие отклонения отвеса в плоскости меридиана и первого вертикала и пренебречь ошибками геодезических координат B , L , то средние квадратические ошибки m_ξ и m_η равны соответственно $1,4''$, $1,6''$. Заметим, что m_ξ и m_η подсчитаны для случая, когда ход уравнен за условия φ , λ , α и γ .

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что передача астрономических координат и азимута по зенитным расстояниям, измеренным в периоды спокойных изображений, дает сравнительно хороший результат. Определение астрономо-геодезического уклонения отвеса в пунктах опорной астрономо-геодезической сети на редкой основе астропунктов можно эффективно использовать в настоящее время в горной и высокогорной областях для редуцирования измеренных элементов на отсчетную поверхность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джуман Б. М. Расчет точности измерения зенитных расстояний в периоды спокойных изображений. — «Геодезия, картография и аэрофото-съемка», 1974, вып. 20.
2. Джуман Б. М. Влияние рефракции на точность геодезического нивелирования в периоды спокойных изображений. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Львов, 1970.
3. Рудский В. И. Совместное уравнивание горизонтальных углов и зенитных расстояний. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1966, вып. 5.
4. Филиппов А. Е. Условные уравнения широты, долготы и азимута в сети пространственной триангуляции. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1967, вып. 6.
5. Филиппов А. Е. Условные уравнения в сети пространственной триангуляции. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1968, вып. 7.
6. Шевчук П. М. Из опыта создания высотно-геодезического обоснования крупномасштабных съемок методом тригонометрического нивелирования. — «Геодезия и картография», 1975, № 6.
7. Hirvonen R. A. Praktische Rechenformeln für die dreidimensionale Geodäsie. — «Zeitschrift für Vermessungswesen», 1964, 85, 45.

Работа поступила в редколлегию 6 апреля 1976 года. Рекомендована кафедрой прикладной геодезии Ивано-Франковского института нефти и газа.