

УДК 528.711.1

В. Н. ГЛОТОВ

## ПОЛЕВАЯ КАЛИБРОВКА ФОТОТЕОДОЛИТНЫХ КАМЕР

Составление планов и карт по материалам наземной фототеодолитной съемки в настоящее время невозможно без учета элементов внутреннего ориентирования (ЭВнО) и дисторсии объектива. Высокие требования к точности получения ЭВнО объясняются существенным влиянием ЭВнО на точность получаемых координат точек объекта.

Таким образом, калибровка камер — необходимый первичный процесс в технологической схеме калибровки снимков, так как она позволяет, во-первых, определить ЭВнО без искажений, вносимых корреляционными связями, возникающими между элементами внешнего и внутреннего ориентирования; во-вторых, учесть влияние окружающей среды на съемочную камеру путем моделирования условий в лаборатории, либо применив полевой метод калибровки; в-третьих, получить дисторсионную картину объектива [1, 3].

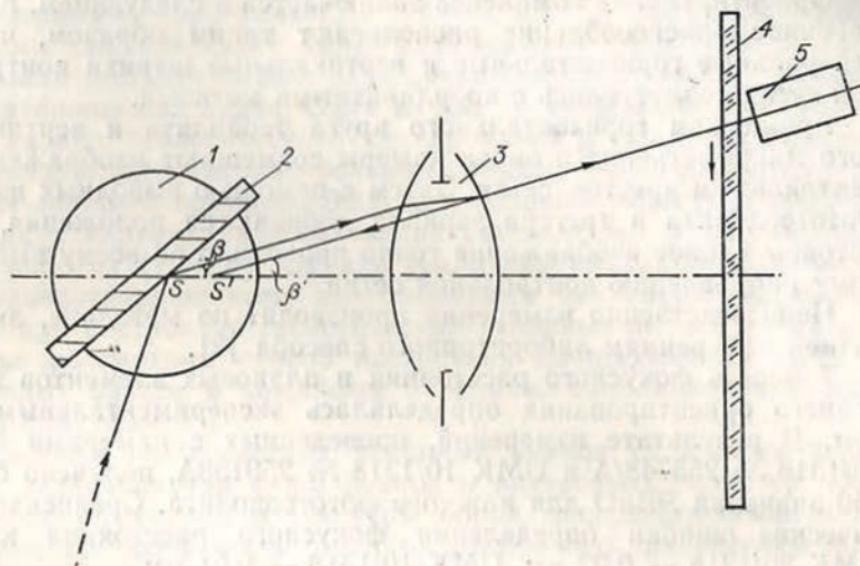
Предрасчитаем точность определения ЭВнО для камеры УМК 30 при условии, что  $x=80$  мм,  $z=60$  мм,  $p=30$  мм,  $tp=mx=mz=4$  мкм. Расчеты показывают, что  $tf=0,04$  мм,  $tx_0=0,03$  мм,  $mz_0=0,02$  мм [4].

Фотограмметрическая и оптическая практики располагают большим числом способов определения ЭВнО. Естественно, что для всеобъемлющей калибровки камер необходимо применять полевые способы, как наиболее приближенные к условиям съемки. Однако существующие методы (фотограмметрические) не отвечают требованиям, предъявляемым к точности получения ЭВнО на современном этапе развития фотограмметрического производства [4, 5].

В связи с вышеизложенным разработана и исследована новая методика полевой калибровки фототеодолитных камер.

Оптико-кинематическая схема предлагаемого метода представлена на рисунке. Пучок параллельных лучей, идущих от удаленного предмета (для объектива камеры — находящийся в бесконечности), отражается от плоского зеркала 2, закрепленного на оптическом теодолите 1, и проходит через объектив камеры 3. Изображение строится на контрольной сетке 4, размещенной в фокальной плоскости камеры, и рассматривается при помощи лупы юстировочного приспособления 5. Смещая изображение предмета вращением горизонтального круга теодолита

на соответствующий штрих контрольной сетки, измеряют угол  $\beta$ . При условии продолжения выходящего из линзы луча он попадает в переднюю узловую точку объектива  $S'$ , поскольку входящий луч идет из бесконечности (удаленного предмета), а при помощи зеркала происходит лишь его преломление. Таким образом, углы  $\beta$  и  $\beta'/2$  равны между собой при любом отклонении луча в точке  $S$ . Из этого положения следует, что при смещении изображения вдоль выбранного направления конт-



Оптико-кинематическая схема метода:

1 — оптический теодолит; 2 — плоское зеркало; 3 — объектив камеры; 4 — контрольная сетка; 5 — лупа юстировочного приспособления.

рольной сетки измеряется угол теодолитом, вершина которого находится в узловой точке объектива. Применив математический аппарат гониометрического метода, получим все элементы ЭВнО и дисторсию объектива [2].

Для реализации способа возможно использование высокоточных теодолитов типа Т-2, Theo—010B и их модификаций. Из вспомогательных устройств необходимо плоское металлическое зеркало размером, примерно,  $50 \times 100$  мм, а также контрольно-измерительная сетка размером  $160 \times 120$  мм. Все остальные приспособления употребляются из комплекта камеры УМК.

При подготовке к работе щиток визирной марки демонтируют, а на его место устанавливают зеркало при помощи крепежных винтов. Юстировочное стекло заменяют контрольно-измерительной сеткой. Далее трегер с втулкой, на котором устанавливается зеркало, укрепляют на переносной ручке теодолита. Таким образом, при вращении теодолита зеркало также вращается вокруг вертикальной оси прибора, смешая изображение удаленного предмета в плоскости контрольной сетки.

Теодолит располагают относительно камеры на расстоянии, равном полудлине зеркала, которое должно свободно вращаться

перед объективом камеры. Для оптимального расположения приборов комплекса следует плоскость зеркала совместить с лучом, идущим от выбранного предмета, и падающим на фокальную плоскость, где расположена сетка, а камеру установить таким образом, чтобы оптическая ось ее была приблизительно перпендикулярна плоскости зеркала. Это позволяет максимально использовать всю плоскость зеркала при его вращении, т. е. смещать изображение к штрихам сетки, расположенным вблизи координатных меток.

Ориентирование комплекса заключается в следующем. Юстировочное приспособление располагают таким образом, чтобы центральные горизонтальные и вертикальные штрихи контрольной сетки совместились с координатными метками.

Вращением горизонтального круга теодолита и вертикального микрометренного винта камеры совмещают изображение с центральным крестом сетки. Затем с помощью выводных винтов фототеодолита и трегера зеркала добиваются положения, при котором данное изображение точно проходило по всему выбранному направлению контрольной сетки.

Непосредственно измерения производят по методике, аналогичной измерениям лабораторного способа [2].

Точность фокусного расстояния и плановых элементов внутреннего ориентирования определялась экспериментальным путем. В результате измерений, проведенных с камерами УМК 30/1318 № 255748/А и УМК 10/1318 № 259198А, получено более 150 значений ЭВнО для каждого фототеодолита. Среднеквадратические ошибки определения фокусного расстояния камер УМК 30/1318 — 0,02 мм, УМК 10/1318 — 0,01 мм.

Способ основан на применении существующего фотограмметрического и геодезического оборудования, а также на унификации узлов данных приборов. Поскольку технология способа не требует специальных навыков у исполнителя, что ускоряет и в значительной мере повышает эксплуатационную адаптацию, время для проведения всего комплекса измерений и вычислений составляет не более 1,5...2 ч. Таким образом, способ позволяет выявлять и при дальнейшей обработке учитывать систематические ошибки ЭВнО (влияние температуры, давления и т. п.) непосредственно в регионе съемки. Точность способа полностью соответствует предрасчетной величине.

1. Блохин Н. А. Стереофотограмметрическая наземная съемка. М., 1937.
2. Глотов В. Н., Коваль Ю. В. Об определении элементов внутреннего ориентирования фототеодолитных камер // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1988. Вып. 47. С. 109—111. 3. Дубиновский В. Б. Калибровка снимков. М., 1982. 4. Лобанов А. Н. Фототопография. М., 1983. 5. Ютанов М. Н. Определение элементов внутреннего ориентирования и дисторсии объектива съемочной камеры. М., 1966.

Статья поступила в редакцию 10.02.89