

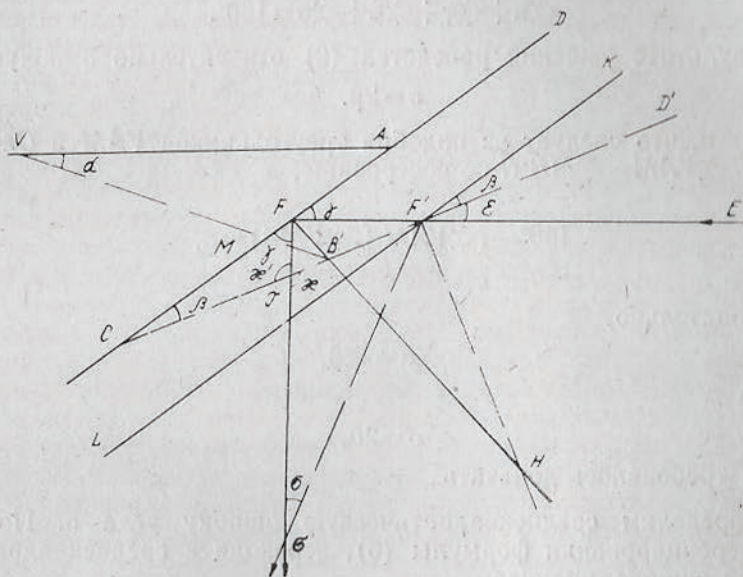
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВНУТРЕННЕГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ФОТОТЕОДОЛИТНЫХ КАМЕР

С целью определения точности получения лабораторным способом элементов внутреннего ориентирования (ЭВнО) [2] исследовались погрешности, возникающие в кинематических парах узлов приборов и приспособлений, а также особенности технологической схемы эксплуатации. Установлено, что на точность определения ЭВнО влияют следующие факторы: 1) угловые смещения теодолита относительно крепежного столика и станины стереокомпаратора; 2) жесткость крепления зеркала к теодолиту; 3) точность измерения углов и совокупность погрешностей теодолита; 4) зернистость покрытия контрольной сетки; 5) взаимосмещение удаленного предмета и устройства; 6) точность компарирования контрольной сетки; 7) личные ошибки исполнителя.

Первое условие выполняется путем жесткого крепления теодолита к боковой части станины стереокомпаратора с помощью металлического столика, изготовленного из листового железа толщиной 3 мм. Столик состоит из трех боковых вертикальных стенок и горизонтальной площадки, соединенных друг с другом сваркой. Две противоположные боковые стенки имеют конфи-

гурацию прямоугольных треугольников, третья — прямоугольника с тремя крепежными отверстиями, через которые столик фиксируется болтами М10 к боковой стенке станины стереокомпаратора. Теодолит устанавливается на горизонтальной площадке столика; жесткость соединения обеспечивает становой винт.

Угловые смещения теодолита относительно стереокомпаратора в пределах точности измерения часового индикатора типа ИЧ-10 с ценой деления 0,002 мм [3, 4] не выявлены.



Кинетическая схема узла отражения:

VA — рычаг; CD — плоскость зеркала; EFG — падающий и отраженный лучи от удаленного предмета; HF — нормаль в точке падения; — — — второе положение системы при изменении угла наклона теодолита на угол α .

Второе условие реализуется путем плотной посадки кольца зеркалодержателя на внешний тубус объектива теодолита с фиксацией зажимными винтами М4. Паразитических отклонений, определяемых при помощи индикатора ИЧ-10, не обнаружено.

Выполнение третьего условия зависит от выбора, проведения проверок и исследований соответствующего теодолита, среднеквадратическая ошибка измерения угла которого должна быть, как показали предварительные расчеты, не менее 1—2". Выбор столь высокоточного теодолита обусловлен понижением точности измерений углов в два раза в связи с уменьшением значения преломленного угла [1]. Причем длина рычага, образованного от оси вращения зрительной трубы до плоскости зеркала, не влияет на значения вышеуказанных углов.

Как видно из рисунка, доказательство заключается в установлении равенства углов α и σ . Для решения поставленной

задачи проведем дополнительное построение: через точку F' проведем прямую LK , параллельную CD , тогда $\angle FCB' = \angle KFD' = \angle \beta$ аналогично $\angle KF'E = \angle \gamma$. Отсюда следует, что $\angle \varepsilon = \gamma - \beta$. В треугольнике $IF'G$ $\angle IFG = \angle \varepsilon$ отраженный. Тогда имеем

$$\angle \kappa + \angle \varepsilon + \angle \sigma = 180^\circ. \quad (1)$$

Подставляя в место $\angle \varepsilon$ его значение, выраженное разностью $\angle \gamma - \angle \beta$, имеем

$$\angle \kappa + \angle \gamma + \angle \beta + \angle \sigma = 180^\circ. \quad (2)$$

В результате решения равенства (2) относительно σ получим

$$\sigma = 2\beta. \quad (3)$$

Но $\beta = \alpha$, что следует из подобия треугольников VAM и CMB' . Здесь $\angle VAM = \angle MB'C$ по построению, а $\angle VMA = \angle CMB'$. Имеем

$$180^\circ - (\angle VAM + \angle VMA) = \alpha, \quad (4)$$

$$180^\circ - (\angle MB'C + \angle CMB') = \beta.$$

Следовательно,

$$\angle \alpha = \angle \beta, \quad (5)$$

тогда

$$\sigma = 2\alpha, \quad (6)$$

что и требовалось доказать.

Определим среднеквадратическую ошибку угла σ . После дифференцирования формулы (6), переходя к среднеквадратической ошибке, получаем

$$m_\sigma = \sqrt{4m_\alpha^2}. \quad (7)$$

Предположим, что $m_\alpha = 1''$, тогда $m_\sigma = 2''$.

Итак, ошибка фактически получаемого угла в два раза грубее измеряемого. С целью компенсации этого негативного явления необходимо, как указывалось выше, выбирать для измерений высокоточные теодолиты.

Необходимость нанесения молочного покрытия на контрольную сетку вызвана несопряжением хода оптических лучей объектива в испытываемой камере с объективом наблюдательной системы стереокомпаратора. Соответствующим расчетом установлено: толщина слоя не должна превышать 2...3 мкм.

Выполнение четвертого условия возможно при использовании белого нитрокрасителя слабой концентрации, поскольку частицы красителя не превышают в диаметре 1 мкм, а высота слоя не более 2 мкм.

Пятое условие выполнимо в том случае, когда устройство надежно установлено на массивном основании, а предмет, выбранный для наблюдения, не имеет колебаний и всевозможных сме-

щений. Однако использование удаленного предмета не всегда удобно (необходимость работы при открытом окне лаборатории, действие рефракции и т. п.) для визирования, поэтому удаленный предмет можно заменить лазерным визиром, широко распространенным в современном геодезическом производстве. С целью обеспечения гашения интенсивности излучения и безопасности наблюдений лазерного луча необходимо включить нижнюю подсветку стереокомпаратора, а окуляр снабдить соответствующим светофильтром. Лазерный визир рациональнее разместить на станине стереокомпаратора, тогда устройство будет иметь общую станину и возможные паразитические подвижки полностью ликвидируются.

Реализация шестого условия зависит от наличия паспорта на контрольную сетку, а при его отсутствии сетку необходимо прокомпарировать с точностью 1...2 мкм на высокоточных моно- или стереофотограмметрических приборах.

Личные ошибки исполнителя снижаются, если удаленный предмет имеет четкую конфигурацию, удобную для визирования на перекрестье штрихов сетки, а измерения проводятся при минимальной атмосферной рефракции.

В заключение необходимо отметить, что исследование кинематических пар устройства позволяет однозначно выявить погрешности, а следовательно, и установить истинную точность метода. В результате проведено 60 экспериментов по каждому направлению, т. е. всего 240 значений (среднеквадратические ошибки в определении фокусного расстояния камеры Phototheo 19/1318 № 246812 9 мкм; камеры UMK 30/1318 № 259232A 14 мкм; ошибки в положении главной точки составили 4 мкм). Устройство создано на основе унификации имеющихся и широко распространенных в топографо-геодезическом производстве фотограмметрических и геодезических приборов. Вспомогательные приспособления весьма просты в изготовлении и не требуют высокоточных токарно-фрезерных работ.

Таким образом, предлагаемое устройство по своим техническим характеристикам соответствует требованиям, предъявляемым к гониометрам, используемым с целью определения ЭВНО съемочных камер.

1. Апенко М. И., Дубовик А. С. Прикладная оптика. М., 1982. 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. Калантаров Е. И. Фотограмметрическое инструментоведение. М., 1986. 4. Орпатский П. П. Детали и механизмы приборов (справочник). К., 1978.

Статья поступила в редколлегию 22.04.88