

Р. М. РУДЫЙ

О ЮСТИРОВКЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОСТИ НАПРАВЛЯЮЩИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И КАРЕТОК АЭРОСНИМКОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

При пространственном фототриангулировании на универсальных приборах или универсально-аналитическим методом точность получаемых результатов во многом зависит от инструментальной точности используемого прибора. Поэтому исследование инструмента должно заключаться не только в определении точности, но и в обнаружении источников первичных ошибок его звеньев и узлов. Если установлена зависимость воздействия обнаруженных погрешностей на измеряемую прибором модель, то влияние первичных ошибок инструмента можно учитывать вычислительными методами. Следовательно, задача состоит в том, чтобы совместно с определением инструментальной точности прибора выполнять его аналитическую юстировку.

Здесь рассмотрим влияние на измеряемую универсальным прибором модель неперпендикулярности к оси Z прибора направляющих кареток аэроснимков (картинной плоскости) и направляющих X и Y измерительной системы (предметной плоскости) в СПР и СД.

На рис. 1 показано искажение измеряемого отрезка модели, вызванное наклоном направляющих каретки аэроснимка α . Так как $\alpha \leq 1',5$, то в случае симметричного расположения измеряемого отрезка относительно центра кассеты его общая длина на модели пропорциональна отношению $\frac{Z}{F}$ и не искажается. Z и F — соответственно высота проектирования и фокусное расстояние прибора.

Таким образом, если при определении мест нулей Z и F измерять отрезки вдоль координатных осей X и Y , конечные точки которых симметрично расположены относительно центра кассеты, а децентрации равны нулю, наклон плоскости изображения не повлияет на точность определения Z и F .

Так называемая ошибка визирования, вызванная наклоном снимка α при визировании ортогональным лучом, незначительная и составляет, как видно из рис. 1,

$$a' a'' = l(1 - \cos \alpha) = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

где l — расстояние от центра кассеты до наблюдаемой точки.

Для определения ошибки проектирования ΔL_c проводим прямую $a'k$. Из образовавшихся треугольников находим

$$\Delta L_c = \frac{l \cdot Z}{F} \left(\frac{F \cos \alpha}{F - l \sin \alpha} - 1 \right). \quad (2)$$

При негативном расположении картинной плоскости меняется знак в выражении (2), что равнозначно изменению знака в α .

Разложив отрезки l и ΔL_c соответственно на координатные оси x , y снимка и X , Y модели, а угол α — на α_x и α_y , получаем

$$\Delta X_c = \frac{xZ}{F} \left(\frac{F \cos \alpha_x}{F - x \sin \alpha_x} - 1 \right); \quad \Delta Y_c = \frac{yZ}{F} \left(\frac{F \cos \alpha_y}{F - y \sin \alpha_y} - 1 \right). \quad (3)$$

Искажение модели, вызванное наклоном предметной плоскости, то есть направляющих X и Y измерительной каретки на угол γ , находим из рис. 2.

$$\Delta L_n = \frac{l \cdot Z}{F} \left(\frac{F}{F \cos \gamma - l \sin \gamma} - 1 \right). \quad (4)$$

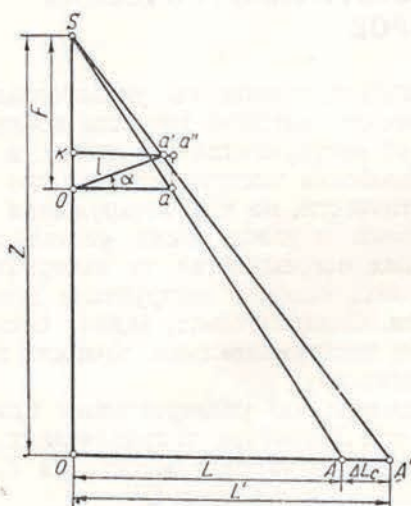


Рис. 1. Искажение отрезка из-за наклона направляющих каретки аэроснимка.

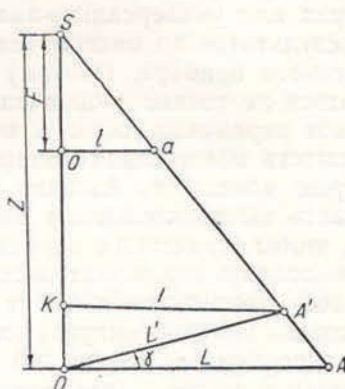


Рис. 2. Искажение отрезка из-за наклона направляющих измерительной каретки.

Выражения (2) и (4) отличаются только на величину $\cos \gamma$ при сомножителе F , а при небольших углах равны. Следовательно, по искажениям измеряемой на приборе модели нельзя одновременно аналитически определить наклоны картинной и предметной плоскостей. Так как отвесность направляющей каретки высот и горизонтальность направляющих измерительной системы проверяют и в СД, и в СПР довольно просто, то есть без демонтажа прибора, при помощи уровней, то юстировку горизонтальности направляющих кареток аэроснимков, для которой требуется частичный демонтаж прибора, желательно выполнять аналитически.

В качестве примера приводим результаты аналитической юстировки направляющих кареток аэроснимков СПР 2 № 102. При $F=150,00$ мм, $Z=331,26$ мм на приборе измеряли отрезки вдоль осей x и y контрольной сетки, расположенной в кассете. Расстояния от центра кассеты до измеряемой точки принимали равными $\pm 60,00$ мм и $\pm 65,00$ мм. Соответственно получаем

$$X(\text{мм}) = +132,48-132,54; +143,53-143,59;$$

$$Y(\text{мм}) = +132,50-132,51; +143,57-143,56.$$

По этим данным из формул (3) можно определить углы наклона направляющих каретки аэроснимков вдоль осей X и Y прибора. С учетом малости угла α выражение (3), как и (4), можно преобразовать:

$$\Delta X = \frac{Z \cdot x^2}{F^2 \rho''} \alpha_x; \quad \Delta Y = \frac{Z \cdot y^2}{F^2 \rho''} \alpha_y. \quad (5)$$

Отсюда

$$\alpha_x = \frac{F^2 \Delta X}{Z x^2} \rho''; \quad \alpha_y = \frac{F^2 \Delta Y}{Z y^2} \rho''. \quad (6)$$

Используя выражения (6) для приведенных ранее результатов измерения, находим искомые углы для отрезков 60 и 65 мм. Средние из двух определяемых значений: $\alpha_x = 113''{,}0$, $\alpha_y = 0''{,}0$. В результате проверки при помощи $10''$ уровня было обнаружено, что направляющие общей каретки аэроснимков горизонтальны в пределах одного деления уровня, а сама каретка имеет наклон вдоль оси X прибора 11 делений.

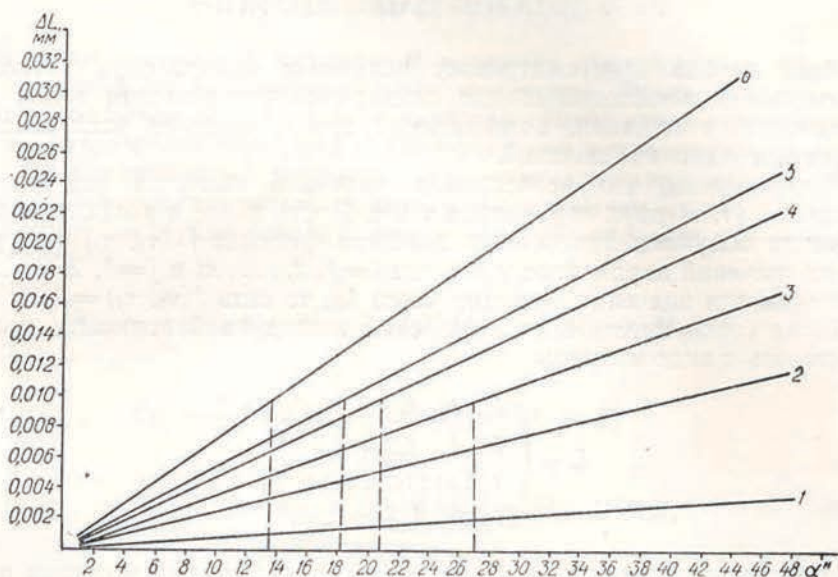


Рис. 3. Графики искажений измеряемых отрезков для $l=90$ мм при различных Z (мм) и F (мм) прибора:

1 — $Z=150$, $F=300$; 2 — $Z=400$, $F=250$; 3 — $Z=150$, $F=130$; 4 — $Z=200$, $F=130$; 5 — $Z=300$, $F=150$; 6 — $Z=400$, $F=150$.

Анализ выражений (5) показывает, что аналитическую юстировку направляющих кареток аэроснимков желательно выполнять при максимально возможных значениях l и Z и при минимальном значении фокуса прибора.

Используя формулы (5), построили графики (рис. 3), из которых по асимметричному искажению измеренных на приборе отрезков и при условии, что другие источники инструментальных погрешностей устранены, можно находить отклонения от горизонтальности направляющих кареток аэроснимков. На рис. 3 представлены значения искажений, соответствующие как оптимальным параметрам для аналитической юстировки направляющих кареток аэроснимков, так и другим значениям фокуса и высоты проектирования, используемым при работе на приборе.

Кроме того, на графике штриховыми линиями отмечены допустимые погрешности в юстировке горизонтальности упомянутых направляющих для различных постоянных Z и F прибора.