

АЭРОФОТОСЪЕМКА

УДК 528.7

И. Я. РЕЙЗЕНКИНД

ПРИМЕНЕНИЕ НА КАРЬЕРАХ РАВНОМЕРНО-ОТКЛОНЕННОГО СЛУЧАЯ НАЗЕМНОЙ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Применение равномерно-отклоненного случая наземной стереофотограмметрической съемки на карьерах в сочетании с нормальным позволяет значительно увеличить линейную протяженность съемки с одного базиса (рис. 1). Однако при определении величины базиса фотографи-

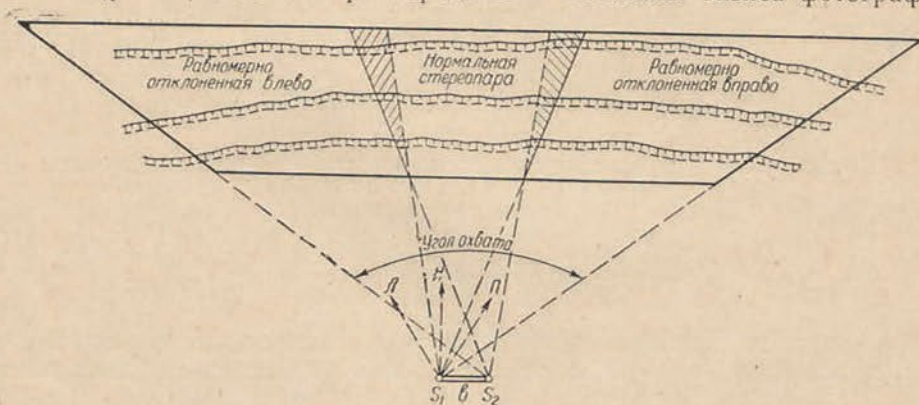


Рис. 1.

рования для нормального и равномерно-отклоненного случаев съемки исполнители обычно допускают ошибку, которая заключается в том, что значение базиса фотографирования определяется только для нормального случая съемки и этот же базис используется для фотографирования с равномерно-отклоненными осями. Между тем при сочетании нормальной и равномерно-отклоненной съемки для обеспечения одинаковой точности получения плана базисы фотографирования должны быть различными по длине, для нормальной съемки — меньше и для равномерно-отклоненной — больше. Расчет величины базиса фотографирования ведется по известным формулам:

$$b = \frac{Y_{\Phi \text{ макс}}^2}{f_k \cdot m_{y\Phi}} m_p \quad (1)$$

для нормального случая съемки,

$$b = \frac{Y_{\Phi \text{ макс}}^2 \cdot m_p}{f_k \cdot m_{y\Phi}} \cdot \sec a \quad (2)$$

для равномерно-отклоненного случая съемки,

где $Y_{\text{ф макс}}$ — максимальное отстояние для нормальной стереопары; $Y'_{\text{ф макс}}$ — максимальное отстояние для равномерно-отклоненной стереопары; α — угол отклонения оптических осей от перпендикуляра к линии базиса.

Угол отклонения α оптической оси от перпендикуляра к линии базиса, который зависит от фокусного расстояния камеры, размера фотопластины по горизонтали, а также от минимальных отстояний $Y_{\text{ф мин}}$, вычисляется по формуле [1]:

$$\alpha = \frac{\delta}{2} + \varepsilon, \quad (3)$$

где

$$\text{tg } \frac{\delta}{2} = \frac{\frac{d}{2} - 5 \text{ мм}}{f_k}, \quad (4)$$

$$\text{tg } \varepsilon = \text{tg } \frac{\delta}{2} - \frac{b}{Y_{\text{ф мин}}}, \quad (5)$$

d — размер снимка по горизонтали (размер снимка уменьшается с каждой стороны на 5 мм для получения небольшого перекрытия между нормальной и равномерно-отклоненной стереопарами).

Для фокусных расстояний фотокамеры 100, 200 и 300 мм с форматом снимка 13×18 см по формулам (1), (2) и (3) получаем следующие значения углов α (таблица).

Значения углов α	
$f_k, \text{ мм}$	$Y_{\text{ф мин}} = 4\text{в}$
100	69°00'
200	31°30'
300	16°00'

Рассмотрим рис. 2, на котором приведены геометрические элементы, необходимые для сочетания нормального и равномерно-отклоненного случаев съемки. Определим значение $Y'_{\text{ф макс}}$.

Из рис. 2 следует, что $Y'_{\text{ф макс}}$ равен отрезку AF (значение для наиболее удаленной точки E). Но отрезок

$$AF = AD + DF, \quad (6)$$

где

$$AD = \frac{Y_{\text{ф макс}}}{\cos \alpha}. \quad (7)$$

Находим значение отрезка DF :

$$CD = Y_{\text{ф макс}} \cdot \text{tg } \alpha; \quad CE = Y_{\text{ф макс}} \cdot \text{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right),$$

$$DE = CE - CD = Y_{\text{ф макс}} \cdot \text{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right) - Y_{\text{ф макс}} \cdot \text{tg } \alpha. \quad (8)$$

Из треугольника DEF можно записать:

$DF = DE \sin \alpha$, или, подставляя вместо DE его значение из (8), получаем

$$DF = Y_{\text{ф макс}} \left[\text{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right) - \text{tg } \alpha \right] \cdot \sin \alpha. \quad (9)$$

Окончательно $Y_{\phi \text{ макс}}^*$ будет определяться следующим выражением:

$$Y'_{\phi \text{ макс}} = \frac{Y_{\phi \text{ макс}}}{\cos \alpha} + Y_{\phi \text{ макс}} \cdot \left[\operatorname{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right) - \operatorname{tg} \alpha \right] \cdot \sin \alpha. \quad (10)$$

В формуле (10): $Y_{\phi \text{ макс}}$ — максимальное значение отстояния, определенное для нормального случая съемки; α — угол отклонения оптической оси от перпендикуляра к линии базиса; δ — угол зрения объектива фотокамеры.

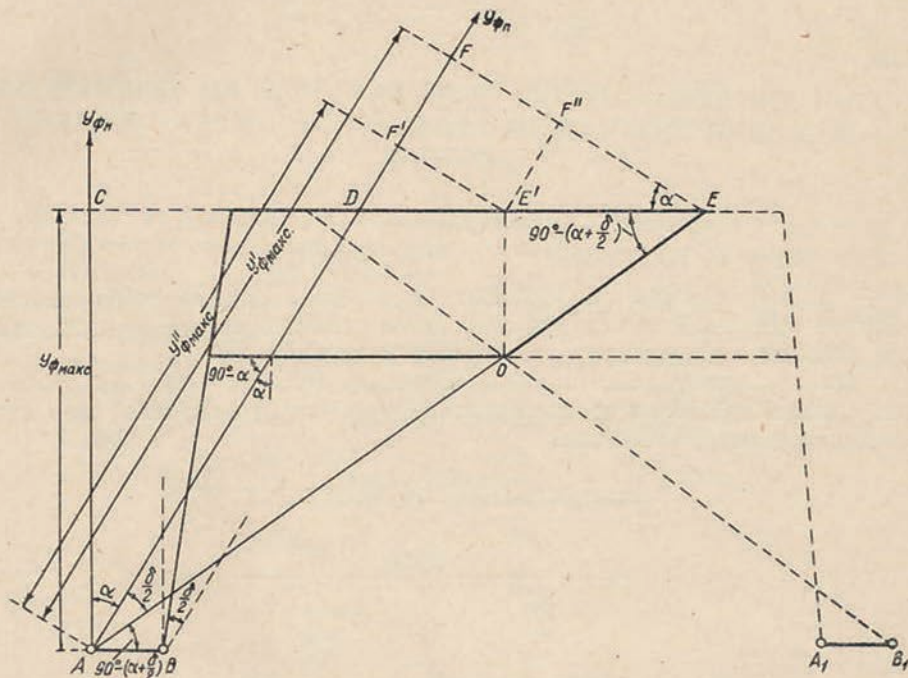


Рис. 2.

В том случае, когда карьер снимается с двух и более базисов на стыках крайних отклоненных стереопар, на дальнем плане образуется перекрытие (рис. 2). Разделив пополам образовавшееся перекрытие, убеждаемся, что максимальное значение $Y_{\phi \text{ макс}}^*$ будет иметь точка E' , или $Y_{\phi \text{ макс}}^*$ равно отрезку AF' .

Найдем значение FF' , на которое нужно уменьшить вычисленное по формуле (10) значение $Y'_{\phi \text{ макс}}$. Из треугольника $EE'F''$ (рис. 2) искомым отрезком $FF' = E'F''$ вычислится по формуле

$$FF' = E'F'' = EE' \sin \alpha.$$

Из треугольника OEE' определим отрезок EE' :

$$EE' = \frac{OE'}{\operatorname{ctg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right)}, \quad (11)$$

но $OE' = Y_{\phi \text{ макс}} - Y_{\phi \text{ мин}} = \Gamma$ (глубина съемки), откуда

$$EE' = \Gamma \operatorname{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right). \quad (12)$$

Подставляя значение EE' из формулы (12) в (11), получаем

$$FF' = \Gamma \operatorname{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right). \quad (13)$$

Окончательно $Y_{\phi \text{ макс}}^* = AF' = AF - FF'$, или

$$Y_{\phi \text{ макс}}^* = \frac{Y_{\phi \text{ макс}}}{\cos \alpha} + Y_{\phi \text{ макс}} \left[\operatorname{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right) - \operatorname{tg} \alpha \right] \sin \alpha - \Gamma \operatorname{tg} \left(\alpha + \frac{\delta}{2} \right) \sin \alpha. \quad (14)$$

Формула (14) может быть представлена в следующем виде для фотокамер с фокусным расстоянием 200 и 300 мм и форматом снимка 13×18 см (см. также таблицу):

при $f_h = 200$ мм

$$Y_{\phi \text{ макс}}^* = 1,5 Y_{\phi \text{ макс}} - 0,7 \Gamma, \quad (15)$$

при $f_h = 300$ мм

$$Y_{\phi \text{ макс}}^* = 1,5 Y_{\phi \text{ макс}} - 0,6 \Gamma. \quad (16)$$

Пример. Определим величину базиса b для равномерно-отклоненной съемки при следующих исходных данных: $Y_{\phi \text{ макс}}$ для нормальной стереопары при $f_h = 200$ мм равно 600 м, базис $b = 70$ м, $Y_{\phi \text{ мин}} = 4b = 280$ м. Глубина съемки $\Gamma = 600 - 280 = 320$ м.

По формуле (15) получаем значение $Y_{\phi \text{ макс}}^*$

$$Y_{\phi \text{ макс}}^* = 1,5 \cdot 600 - 0,7 \cdot 320 = 680 \text{ м.}$$

По формуле (17) [1] определяем b для масштаба плана $1 : m = 1 : 1000$

$$b = \frac{Y_{\phi \text{ макс}}^* \cdot m_p \cdot \sec \alpha}{f_k \cdot m_y \cdot m} = \frac{Y_{\phi \text{ макс}}^*}{4,4 m}, \quad (17)$$

получаем

$$b = \frac{680^2}{4,4 \cdot 1000} \cong 100 \text{ м.}$$

В формуле (17) принято $m_p = 0,015$ мм, $m_y \cdot m = 0,0004$ м, $f_h = 200$ мм, $\alpha = 31^\circ 30'$.

Таким образом, базис $b = 70$ м для нормального случая съемки должен быть увеличен до 100 м при фотографировании с равномерно-отклоненными осями. При этом для равномерно-отклоненного случая вправо добавляется точка A' , левее A , и для отклонения влево — точка B' , правее B (рис. 3). Такая схема увеличения длины базиса позволяет при переходе к отклоненным случаям съемки сохранить необходимое перекрытие с центральной стереопарой. При фотографировании выставляются четыре штатива. С точки A производится фотографирование с нормально расположенной осью и с отклонением влево (A, AL). С точки B выполняется фотографирование с нормально расположенной осью и отклонением вправо (B, BR). С точки A' ведется фотографирование с отклонением вправо ($A'R$) и с точки B' — с отклонением влево ($B'L$). В результате будет получено шесть снимков — два нормальных и по два отклоненных влево и вправо.



Рис. 3.

При равномерно-отклоненном случае съемки, как следует из рис. 2, оптическая ось фотокамеры пересекает линию бровки под углом $\Theta = 90 - \alpha$. Этот угол должен быть не меньше Θ , вычисляемого по формуле (18) [1]:

$$\cos \Theta = \frac{4,0 \cdot Y_{\Phi}^2}{b \cdot f_k \cdot l \cdot \sigma} \quad (18)$$

Анализируя таблицу углов α для камер с различными фокусными расстояниями, видим, что при использовании камеры с фокусным расстоянием 100 мм углы Θ будут меньше допустимых ($\Theta \leq 30^\circ$). Отсюда следует, что применение для камеры с $f_k = 100$ мм равномерно-откло-

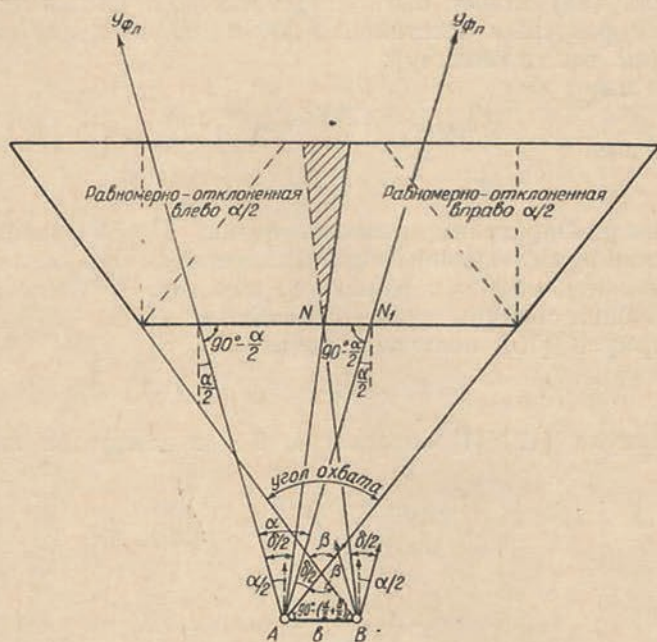


Рис. 4.

ненного случая съемки в сочетании с нормальным является нецелесообразным. Для камер с фокусным расстоянием 200 и 300 мм углы Θ будут не менее 60° и для этих камер применение равномерно-отклоненного случая съемки в сочетании с центральной следует рекомендовать.

В отдельных случаях можно рекомендовать применение равномерно-отклоненной съемки влево и вправо без нормальной стереопары.

Угол отклонения $\frac{\alpha}{2}$ определяется по формуле

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{\delta}{2} + \varepsilon \right) \quad (19)$$

Но

$$\varepsilon \cong \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\delta}{2} \right) = \frac{1}{6} \delta \quad (20)$$

Подставляя (20) в (19), получаем

$$\frac{\alpha}{2} \cong \frac{1}{3} \delta \quad (21)$$

Угол охвата β при этом случае съемки определяется следующей формулой:

$$\beta = \alpha + \delta. \quad (22)$$

При

$$f_k = 100 \text{ мм}, \quad \delta = 85^\circ, \quad \frac{\alpha}{2} = 30^\circ, \quad \beta \cong 145^\circ;$$

$$f_k = 200 \text{ мм}, \quad \delta = 45^\circ, \quad \frac{\alpha}{2} = 15^\circ, \quad \beta \cong 75^\circ;$$

$$f_k = 300 \text{ мм}, \quad \delta = 34^\circ, \quad \frac{\alpha}{2} = 11^\circ, \quad \beta \cong 56^\circ.$$

Равномерно-отклоненный случай влево и вправо без нормальной стереопары может применяться также для камеры с $f_k = 100$ мм, так как угол $\Theta = 90 - \frac{\alpha}{2}$ будет не меньше 60° . Целесообразность применения равномерно-отклоненного случая съемки без нормальной стереопары заключается в возможности выполнения фотографирования с одного базиса, рассчитываемого в соответствии с формулами (15) и (16), без необходимости его удлинения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рейзенкинд И. Я. Новые способы маркшейдерских съемок карьеров. Госгортехиздат, М., 1963.

Работа поступила
17 апреля 1968 года.