

Б. С. ПУЗАНОВ, В. И. КИБАЛЬНИКОВ

ВЫБОР ОТСТОЯНИЙ И БАЗИСОВ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИ ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКЕ

Точность определения объемов выполненных земляных и скальных работ по стереопарам наземных фототеодолитных снимков в первую очередь зависит от отстояния до фронта разработки и величины базиса фотографирования. Кроме этих факторов, процент ошибки подсчета объемов зависит и от величины перемещения фронта разработки по направлению оптической оси фотокамеры. Очевидно, что при малых объемах выработок за период между двумя фотографированиями абсолютная допустимая ошибка в определении данного объема должна быть меньше, чем в случае значительных величин проходок ΔY .

При использовании аналитических способов подсчета выработанный объем будет состоять из суммы объемов элементарных усеченных пирамид, у которых основаниями являются квадраты, подобные элементу вертикальной сетки $\Delta x, \Delta z$ [1], а высота получена как средняя разность отстояний вершин квадратов оснований $\Delta Y_{cp} = Y_{2cp} - Y_{1cp}$.

Приравняем с некоторым допущением общий выработанный на данном участке объем объему призмы с основанием $S_{общ.}$ и высотой ΔY_{cp} . Тогда

$$V_{общ.} = S_{общ.} \cdot \Delta Y_{cp} \quad (1)$$

Считая, что площадь $S_{общ.}$, заданная значениями координат x, z на стереокомпараторе, безошибочна, а ошибка получения объемов зависит только от точности определения разности отстояний ΔY , запишем

$$m_V = S_{общ.} \cdot m_{\Delta Y} \quad (2)$$

Как известно, ошибка в отстоянии обусловлена точностью измерения горизонтального параллакса и выражается следующей формулой:

$$m_Y = \pm \frac{Y_{cp}^2 \cdot m_p}{B \cdot f_k},$$

и, следовательно,

$$m_{\Delta Y} = \pm \frac{Y_{cp}^2 \cdot m_p}{B \cdot f_k} \cdot \sqrt{2}, \quad (3)$$

где Y — отстояние от базиса фотографирования до фронта разработки;

m_p — средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных параллаксов, обусловленная ошибками ориентирования снимков при фотосъемке, на измерительном приборе, а также ошибками собственно измерения;

B — длина базиса фотографирования;

f_k — фокусное расстояние съемочной камеры.

Ошибка определения объемов обычно выражается в процентах. Тогда, согласно (1) и (2), можно записать:

$$\frac{m_V}{V} = \frac{m_{\Delta Y}}{\Delta Y}. \quad (4)$$

Определим, каким должно быть минимальное значение базиса фотографирования B_{\min} , чтобы ошибка определения объема не превышала наперед заданной величины $\frac{m_V}{V}$. Согласно формуле (3),

$$B_{\min} = \frac{Y_{\text{cp}}^2 \cdot m_p \sqrt{2}}{m_{\Delta Y} \cdot f_k},$$

отсюда

$$B_{\min} = \frac{Y_{\text{cp}}^2 \cdot m_p \sqrt{2}}{f_k \cdot \Delta Y \cdot \left(\frac{m_V}{V}\right)}. \quad (5)$$

При разработке гравийных карьеров величина проходки ΔY по направлению, перпендикулярному к линии базиса фотографирования, за месяц достигает нескольких десятков метров. Фотосъемку же ведут на отстояниях порядка до 100 м. Пусть, например, $Y_{\text{cp}}=100$ м, $m_p= \pm 0,02$ м, $f_k=200$ мм, $\Delta Y=20$ м, $\frac{m_V}{V}=1\%$.

Тогда, в соответствии с выражением (5):

$$B_{\min} = \frac{100 \cdot 100 \cdot 0,02 \sqrt{2}}{200 \cdot 20 \cdot 1} = 7 \text{ м}, \text{ то есть } B_{\min} = \frac{Y}{15};$$

При тех же исходных данных, но приняв $\Delta Y=5$ м, получим:

$$B_{\min} = 30 \text{ м}, \text{ то есть } B_{\max} = \frac{1}{3} Y_{\text{cp}}.$$

Следовательно, при небольших проходках необходимо резко увеличивать длину съемочного базиса. Это, в свою очередь, вносит затруднения при стереоскопических измерениях таких стереопар либо вообще исключает их вследствие разрушения стереоэффекта.

Взяв критическое значение базиса фотографирования $B_{\max} = \frac{1}{4} Y_{\text{cp}}$, согласно (5), можно предвычислить ожидаемый при этом процент ошибки определения объемов:

$$\left(\frac{m_V}{V}\right) = \frac{Y_{\text{cp}}^2 \cdot m_p \cdot \sqrt{2}}{B_{\max} \cdot f_k \cdot \Delta Y}. \quad (6)$$

По формуле (6) для постоянного значения фокусного расстояния камеры фототеодолита f_k и максимального значения базиса фотографирования $B = \frac{1}{4} Y_{\text{cp}}$ составлена номограмма (рис. 1), по которой легко можно найти ожидаемый процент ошибки в подсчете объемов по фототеодолитным снимкам для различных отстояний Y_{cp} и значений ΔY .

Так, например, при

$$Y_{\text{cp}} = 100 \text{ м}, \Delta Y = 5 \text{ м}, \left(\frac{m_V}{V}\right) = 1,2 \text{ \%}.$$

На строительстве Токтогульской ГЭС на р. Нарын в Киргизской ССР выполнялась фототеодолитная съемка участков с отстояниями порядка 600—800 м (по условиям местности ближе подойти не представлялось возможным) для определения объемов скальных и земляных работ при очистке неустойчивых пород на створе будущей плотины ГЭС.

Месячная проходка ΔY составляла на отдельных участках всего лишь 2—3 м. При максимально возможных длинах базисов фотографи-

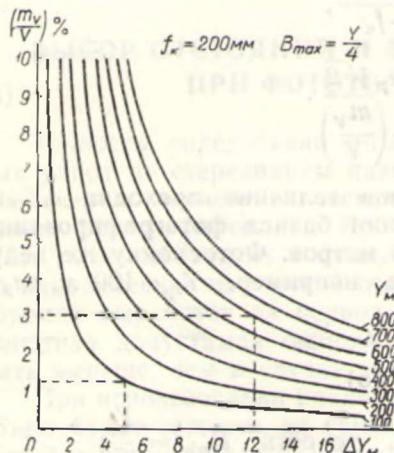


Рис. 1.

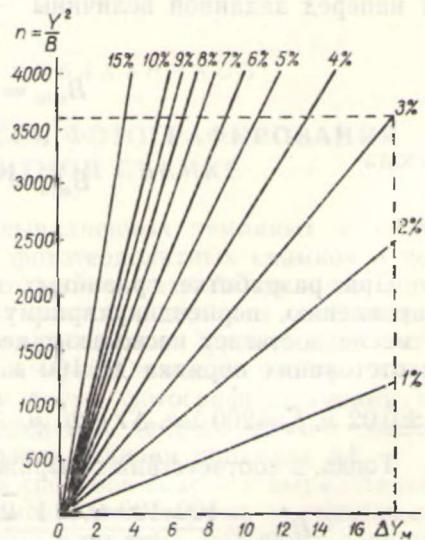


Рис. 2.

рования на таких значительных отстояниях ошибка определения объемов составляет 10—12%.

Повысить точность подсчета объемов в таких случаях можно за счет применения более точных инструментов и повышения точности измерения параллаксов. Кроме того, для определения выработанных объемов измерения необходимо производить по стереопарам, полученным через промежуток времени, соответствующий большим значениям величин проходки ΔY .

Согласно номограмме (рис. 1) при

$$Y_{cp} = 600 \text{ м} \text{ и } \frac{m_V}{V} = 3 \%,$$

величина ΔY должна быть не менее 12 м.

Таким образом, для повышения точности подсчета объемов выработок, находящихся на значительных отстояниях от съемочных базисов, все последующие фотосъемки надо привязывать не к соседним, смежным по времени съемкам, а к съемке на начальный момент времени, принимаемый в дальнейшем за исходный. В результате применения такой методики будет также исключено накопление систематических ошибок.

Для практического использования приведенных выше расчетов и рекомендаций нами составлена следующая номограмма (рис. 2). Поясним на примерах правила пользования ею.

1. Определим процент ошибки подсчета объемов при $Y_{\text{ср}} = 600 \text{ м}$, $B = 150 \text{ м}$, $\Delta Y = 4 \text{ м}$. Ответ $\frac{m_V}{V} = 9 \%$.
 2. Определим минимальную величину проходки при заданной точности подсчета объемов $\frac{m_V}{V} = 3\%$ и тех же данных. Ответ $\Delta Y = 12 \text{ м}$.
 3. Определим минимальное значение базиса фотографирования при заданной точности подсчета объемов $\frac{m_V}{V} = 3\%$, $Y_{\text{ср}} = 600 \text{ м}$ и величине проходки $\Delta Y = 18 \text{ м}$. Ответ $B = 100 \text{ м}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пузанов Б. С и Иванов Н. И. Методика измерения объемов и площадей по наземным стереофотоснимкам. Труды ин-та «Оргэнергострой», вып. I. Куйбышев 1959.

Работа поступила
31 марта 1967 года