

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОЙ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИИ  
 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ВОРОНКИ МЕСТНОГО РАЗМЫВА

Предложен метод определения процесса развития местного размыва, как процесса, происходящего в пространстве и времени. Дана формула расчета объема воронки местного размыва с использованием наземной стереофото съемки.

Для изучения местного размыва возле мостовых опор, как процесса, который происходит в пространстве и времени, и получения реальной картины этого процесса возможно использование методов наземной стереофотограмметрической съемки. Для решения поставленной задачи используется фотограмметрическая система координат и применяется нормальная съемка, т. е. когда оптические оси камеры фототеодолита направлены перпендикулярно к базису фотографирования [2].

До настоящего времени стереофотограмметрическая съемка применялась только для фотографирования свободной поверхности спокойного потока и неподвижной поверхности для моделей гидротехнических сооружений. По стереомодели, получаемой в результате стереофотографической съемки, можно определить пространственные размеры всех элементов воронки местного размыва. Использование ЭВМ превращает данную задачу в легко разрешимую.

Согласно закону сохранения материи объем воронки размыва  $V$  равен объему размываемого и вынесенного из нее грунта  $V_p$ . Представим воронку размыва в виде усеченного конуса с сегментом шара и выделим активную зону площадью  $\omega_p$  и толщиной  $\delta$ , опоясывающую мостовую опору с боковых сторон (см. рисунок). По мере развития ямы размыва энергия нисходящей струи уменьшается, размыв замедляется, а затем прекращается полностью. Объем воронки за вычетом объема опоры, расположенной в ней, равен

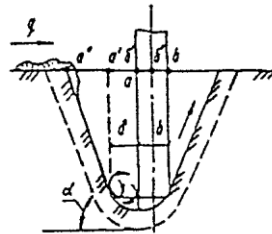


Схема к расчету местного размыва

$$V = \pi h \left( \frac{b + \delta}{2} \right)^2 + \pi h^2 \left( \frac{b + \delta}{2} \right) \operatorname{ctg} \alpha + \\ + \frac{\pi h^3}{3} \operatorname{ctg}^2 \alpha + \frac{1}{6} \pi \left( \frac{b + \delta}{2} \right)^3 - \pi h \left( \frac{b}{2} \right)^2.$$

где  $h$  — глубина ямы размыва;  $b$  — ширина опоры;  $\alpha$  — угол естественного откоса дна под водой.

Применительно к стереофотограмметрии объем  $V$  можно представить в виде

$$\begin{aligned}
V = \pi \frac{H_0 \Delta p_i}{b_0 + \Delta p_i} & \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{b}{p_b p_a} \sqrt{(x_{1b} p_a - x_{1a} p_b)^2 + f_k^2 (p_a - p_b)^2} \right) \times \right. \\
& \times \left( \frac{b}{p_{b'} p_{a'}} \sqrt{(x_{1b'} p_{a'} - x_{1a'} p_{b'})^2 + f_k^2 (p_{a'} - p_{b'})^2} \right) + \\
& + \left( \frac{b}{2 p_{b'} p_{a'}} \sqrt{(x_{1b'} p_{a'} - x_{1a'} p_{b'})^2 + f_k^2 (p_{a'} - p_{b'})^2} \right)^2 + \\
& + \frac{1}{2} \left[ \frac{b}{p_b p_a} \sqrt{(x_{1b} p_a - x_{1a} p_b)^2 + f_k^2 (p_a - p_b)^2} + \right. \\
& + \frac{b}{p_{b'} p_{a'}} \sqrt{(x_{1b'} p_{a'} - x_{1a'} p_{b'})^2 + f_k^2 (p_{a'} - p_{b'})^2} \times \\
& \times \frac{b}{p_{b''} p_{a''}} \sqrt{(x_{1b''} p_{a''} - x_{1a''} p_{b''})^2 + f_k^2 (p_{a''} - p_{b''})^2} + \\
& + \frac{b}{2 p_b p_a} \sqrt{(x_{1b} p_a - x_{1a} p_b)^2 + f_k^2 (p_a - p_b)^2} + \\
& + \left. \frac{b}{2 p_{b'} p_{a'}} \sqrt{(x_{1b'} p_{a'} - x_{1a'} p_{b'})^2 + f_k^2 (p_{a'} - p_{b'})^2} \right] + \\
& + \frac{1}{3} \left[ \frac{b}{2 p_{b''} p_{a''}} \sqrt{(x_{1b''} p_{a''} - x_{1a''} p_{b''})^2 + f_k^2 (p_{a''} - p_{b''})^2} + \right. \\
& + \frac{b}{2 p_b p_a} \sqrt{(x_{1b} p_a - x_{1a} p_b)^2 + f_k^2 (p_a - p_b)^2} + \\
& + \left. \left. \frac{b}{2 p_{b'} p_{a'}} \sqrt{(x_{1b'} p_{a'} - x_{1a'} p_{b'})^2 + f_k^2 (p_{a'} - p_{b'})^2} \right]^2 \right\},
\end{aligned}$$

где  $H_0, b_0$  — высота и базис фотографирования;  $\Delta p_i$  — разность продольных параллаксов;  $p_{a,b,a',b',a''}$  — продольные параллаксы точек  $a, b, a', b', a''$ ;  $x_{1a}$  — абсцисса точки  $a$  на левом снимке;  $f_k$  — фокусное расстояние.

Из этого следует, что методы прикладной стереофотограмметрии можно успешно применять при решении задач гидравлики открытых русл и искусственных гидротехнических сооружений для определения глубины и формы ямы местного размыва.

#### Список литературы

1. Журавлев М. М. О расчете местного размыва у опор мостов // Вопросы проектирования железных дорог в сложных физико-географических условиях Сибири. — Новосибирск, 1980. — С. 83—95.
2. Климецов В. И. Гидравлика входных участков малых искусственных сооружений: Автореф. ... канд. техн. наук. — М., 1974. — 28 с.
3. Сердюков В. М. Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве. — М.: Недра, 1977. — С. 177—179.

Получено 16.01.95

© Белятинский А. А., 1996