

А. А. БЕЛЯТЫНСКИЙ, Е. А. БАКУЛИЧ, кандидаты техн. наук

УСТАНОВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ЯМЫ РАЗМЫВА У ОПОР МОСТА ПО СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Предложен метод описания процесса развития местного размыва как процесса, происходящего в пространстве и времени. Дана формула расчета изменения глубины воронки местного размыва с использованием её стереоскопической модели.

Для изучения местного размыва возле промежуточных мостовых опор как процесса, происходящего в пространстве и времени, и получения реальной картины этого процесса можно использовать методы стереофотограмметрической съемки [1].

Стереофотограмметрический способ позволяет определять глубину местного размыва на участке от 5 до 20 м. В качестве высотной основы чаще всего используют урезы воды у берегов, выходы камней и мелей и т. д. Измерение объема ямы размыва у опор моста может выполняться способом неискаженной модели. Стереопара должна быть обеспечена четырьмя высотными опознавательными знаками, глубины которых известны и на которые можно стереоскопически навести "марку" прибора. Определение глубины воронки местного размыва может выполняться различными способами: двухсредной фотограмметрией, фотограмметрическим и косвенным — по глубине воздействия и эффекту рефракции. При этом

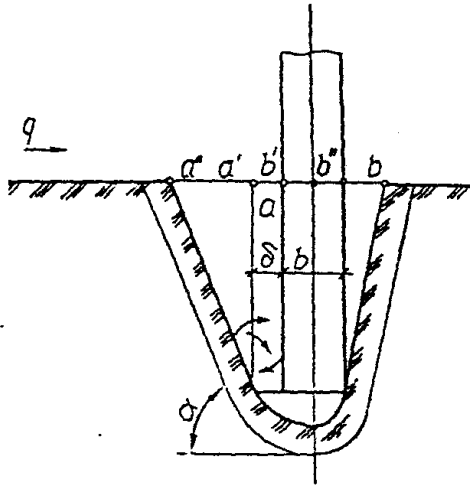


Рис. 1. Схема к расчету местного размыва

вычетом объема опоры, расположенной в ней, в соответствии со стереоскопической моделью местного размыва (рис. 1) может быть представлен в виде

$$V = \pi h \left\{ \frac{1}{2} [AB(A'B' + (2A'B')^2)] + \frac{1}{2} (AB + A'B')A''B'' + \right. \\ \left. + AB + A'B' + \frac{2}{3} [AB + A'B' + A''B'']^2 \right\}, \quad (1)$$

где

$$A = B/(P_b P_a); \quad B = \sqrt{(x_{1b} P_a - x_{1a} P_b)^2 + f_k^2 (P_a - P_b)^2};$$

$$A' = B/(P_b \cdot P_a); \quad B' = \sqrt{(x_{1b} \cdot P_a - x_{1a} \cdot P_b)^2 + f_k^2 (P_a - P_b)^2};$$

$$A'' = B/(P_b \cdot P_a); \quad B'' = \sqrt{(x_{1b} \cdot P_a - x_{1a} \cdot P_b)^2 + f_k^2 (P_a - P_b)^2};$$

h – глубина ямы размыва; B – базис фотографирования; f_k – фокусное расстояние; $x_{1a}, x_{1b}, x_{1a'}, x_{1b'}, x_{1a''}, x_{1b''}$ – абсциссы точек; a, b, a', b', a'', b'' ; $P_a, P_b, P_a', P_b', P_a'', P_b''$ – продольные параллаксы точек a, b, a', b', a'', b'' .

Используя выражение для определения глубины ямы размыва $h = H \Delta p / P$ (H – высота фотографирования; i – искажение продольных и поперечных параллаксов точек дна ямы размыва; Δp – разность продольных параллаксов этих точек) и формулу (1), объем ямы размыва запишем в следующем виде:

$$V = \pi \frac{H \Delta p}{P} i \left\{ \frac{1}{2} [AB(A'B' + (2A'B')^2)] + \frac{1}{2} (AB + A'B') A''B'' + AB + A'B' + \frac{2}{3} [AB + A'B' + A''B'']^2 \right\}. \quad (2)$$

Из этой зависимости можно получить дифференциальное уравнение, описывающее местный размыв, в следующем виде:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\varphi \left(\frac{0,96V_s}{a_1 h / R_0 + 0,29} + \omega \right) \left\{ \frac{E_p}{((ah/R_0 + 0,29)/0,96)^3} - W \right\}}{\pi \left\{ \frac{1}{2} [AB(A'B' + (2A'B')^2)] + \frac{1}{2} (AB + A'B') A''B'' + AB + A'B' + \frac{2}{3} [AB + A'B' + A''B'']^2 \right\}}. \quad (3)$$

где φ – коэффициент сопротивляемости грунта гидродинамической нагрузке; ω – гидравлическая крупность; W – мощность струи, при которой размыв не происходит; E_p – мощность струи в активной зоне на уровне неразмытого русла; a – коэффициент турбулентной структуры основной струи; a_1 – коэффициент турбулентной структуры струи, отраженной от дна ямы размыва и достигшей поверхности неразмытого русла; R_0 – радиус струи.

Анализ полученного дифференциального уравнения позволяет установить две причины прекращения местного размыва. Необходимое и достаточное условие прекращения процесса местного размыва $dh/dt = 0$.

Это возможно:

1) когда скорость выхода частиц из ямы размыва равна нулю, т.е.

$$\frac{0,96V_s}{a_1 h / R_0 + 0,29} - \omega = 0;$$

2) когда мощность струи в активной зоне недостаточна для разрешения грунта, т. е.

$$\frac{E_p}{[(ah/R_0 + 0.29)/0.96]^3} - H' = 0.$$

В первом случае частицы грунта в активной зоне размыва поднимаются на некоторую высоту, но из ямы выйти не могут. Яму же покидают мелкие частицы, а крупные остаются в ней, образуя отмостку дна.

Во втором случае струя, опускаясь в яму размыва, теряет энергию и мощность, а ее скорость оказывается меньше неразмывающей для данного грунта, что характерно для слоистого строения речного русла, когда смывается верхний, легкоразмываемый слой и струя достигает трудноразмываемого слоя.

Дифференциальное уравнение с использованием стереоскопической модели местного размыва описывает местный размыв как реальный физический процесс изменения глубины и объема ямы местного размыва во времени и в пространстве.

Таким образом, методы прикладной стереофотограмметрии можно успешно применять при решении задач гидравлики для открытых русл и искусственных гидротехнических сооружений.

Список литературы

1. Белятинский А. А. Применение наземной стереофотограмметрии для определения объема воронки местного размыва // Гидравлика и гидротехника: Респ. межвед. науч.-техн. сб. - 1997. - Вып. 58. - С. 85-86.
2. 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.
3. Сердюков В. М. Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве. - М.: Недра, 1977. - С. 177-179.

Получено 30.12.97

© Белятинский А. А., Бакулич Е. А., 1998