

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ РАЗМЫВА ГРУНТОВЫХ ВСТАВОК

В соответствии с разработанной ранее схемой [1, 2] размыв грунтовой вставки при переливе происходит в две стадии: на первой размывается низовая упорная призма при постоянной отметке верхнего бьефа; на второй — интенсивно снижается гребень под воздействием переливающегося потока. Уравнения деформации в окончательном варианте имеют следующий вид [2]:

для первой стадии

$$\frac{dM}{dt} = \frac{A i^{1,2} (d)^{0,8}}{n^{2,4}} m^{1,6} (z - y)^{2,4}, \quad (1)$$

для второй

$$\frac{dy}{dt} = -\sigma m^{0,43} \frac{B}{\rho_0} (z - y)^{0,6} \frac{dh}{dx}, \quad (2)$$

где  $M$  — масса размываемого грунта, кг;  $t$  — время, с;  $A$  — опытный безразмерный коэффициент (для песчаных грунтов  $A = 0,153$ );  $i$  — уклон низового откоса;  $n$  — коэффициент шероховатости размываемого грунта;  $m$  — коэффициент расхода;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\sigma$  — коэффициент подтопления;  $z$  — уровень верхнего бьефа, м;  $y$  — отметка гребня вставки, м;

$$B = 6,77 (1 + \varphi) dg^{2,17} \left( \frac{5,64n \sqrt{2g}}{\varphi w} \right)^{3,33}, \quad (3)$$

$\rho_0$  — плотность грунта вставки, кг/м<sup>3</sup>;  $h$  — глубина потока на гребне вставки, м;  $x$  — продольная координата, м;  $d$  — диаметр частиц размываемого грунта, м;  $\varphi$  — параметр турбулентности [3];  $w$  — гидравлическая крупность частиц размываемого грунта, м/с.

Изменение уровня верхнего бьефа при истечении через размываемую вставку

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Q_0 - mb\sqrt{2g} (z - y)^{1,5}}{F}, \quad (4)$$

где  $Q_0$  — приточность в верхнем бьефе, м<sup>3</sup>/с;  $F$  — площадь зеркала воды в верхнем бьефе, м<sup>2</sup>;  $b$  — ширина водослива, м.

Совместное решение уравнений (1)–(4) позволяет получить графики изменения во времени значений уровня верхнего бьефа, расхода воды через вставку и отметки гребня вставки. Однако возникает вопрос о величине коэффициента шероховатости размываемого грунта. Приводим ряд зависимостей по определению данного коэффициента применительно к размываемым песчаным грунтам, записанных в несколько преобразованном виде:

по формуле В.Н. Гончарова [3], при  $h/0,5d$  от 10 до 1000

$$n = 0,0461d^{0,167}; \quad (5)$$

при  $h/0,5d$  от 1000 до 4500

$$n = 0,0324d^{0,125}; \quad (6)$$

по формуле Г.С. Чекулаева [4],

$$n = 0,0420d^{0,109}; \quad (7)$$

по формуле А.В. Караушева [5],

$$n = 0,03d^{0,167}; \quad (8)$$

по формуле Штриклера [5],

$$n = 0,096d^{0,167}. \quad (9)$$

С целью установления возможности применения той или иной зависимости для определения коэффициента шероховатости при расчете размыва грунтовых вставок были решены уравнения (1)...(4), в которых коэффициент  $n$  рассчитывался поочередно по одной из формул (5)...(9). Результаты сравнивались с экспериментальными данными. Критерием оценки сходимости для первой стадии является время размыва низовой призмы, для второй – интенсивность снижения гребня вставки. Оба параметра выражаются графиком  $y = f(t)$ ; на первой стадии  $y = \text{const}$ . Начало снижения отметки гребня соответствует времени размыва низовой призмы (рис. 1).

Следует отметить, что формулы В.Н. Гончарова (5) и (6), несмотря на то что рекомендуются для различных соотношений  $n/d$ , в условиях размыва вставки дают близко совпадающие результаты. Поэтому в дальнейшем формула (5) не рассматривается.

Опыт (см. рис. 1) проведен на русловой площадке: высота вставки  $p = 0,8$  м; ширина по гребню  $S = 0,7$  м; ширина водослива  $b = 1,0$  м; заложение откосов 1:2,0; площадь зеркала воды в верхнем бьефе  $F = 20$  м<sup>2</sup>; грунт тела вставки – песок крупностью  $d = 0,1...1,0$  мм, средний диаметр частиц  $d_{50} = 0,3$  мм; приточность в верхнем бьефе  $Q_0 = 100$  л/с.

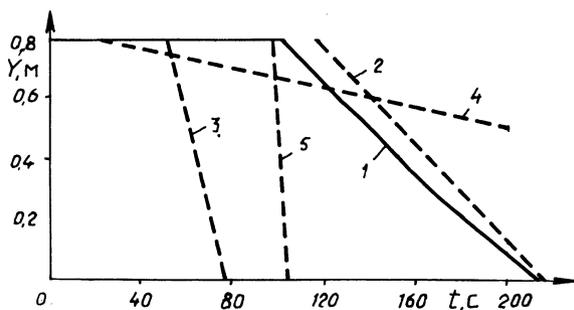


Рис. 1. Графики изменения  $y = f(t)$ :

1 – опытные данные; 2 – расчетные данные, полученные с использованием формулы В.Н. Гончарова; 3 – Г.С. Чекулаева; 4 – А.В. Караушева; 5 – Штриклера,

В соответствии с изложенными рекомендациями [5] коэффициент шероховатости определялся по диаметру  $d_{50}$ , где  $d_{50}$  — диаметр, мельче которого в данной смеси содержится 50 % частиц.

Из рис. 1 следует, что хорошее совпадение с опытными данными дает результат, рассчитанный по формуле (6). Такая же картина наблюдается и в других 30 опытах, которые были проведены на русловой площадке и в гидравлическом лотке на моделях из песчаных грунтов с диаметром частиц  $d \leq 0,5$  мм. Высота моделей — 0,4...1,1 м. Расхождение опытных и расчетных данных при применении формулы (6) составляет до 10...15 % относительно продолжительности второй стадии.

Для песчаных грунтов  $d > 0,5$  мм степень совпадения опытных и расчетных данных для первой стадии лучше при применении формулы (7). Вероятно, это объясняется некоторыми различиями в характере транспорта твердого стока — более крупные частицы тяготеют к влекомому движению. Кроме того, коэффициент шероховатости, вероятно, нельзя считать постоянным. По некоторым данным [4] он зависит не только от физической шероховатости, определяемой в данном случае крупностью частиц грунта, но и от состояния потока (мутность, глубина, характер движения твердого стока и др.). В рассматриваемом случае коэффициент шероховатости выражается более сложной зависимостью, учитывающей характеристики потока. Нахождение ее составит предмет дальнейших исследований. Полученный же в данной работе результат можно использовать в настоящее время с достаточной для практики точностью (см. выше).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богославчик П.М., Филиппович И.В. К расчету размыва однородной плотины из песчаных грунтов при переливе через гребень / Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика, 1983. — № 2. — С. 100–105.
2. Богославчик П.М. Резервные водосбросы с размываемыми грунтовыми вставками на малых водохранилищах и прудах гидромелиоративных систем. Автореферат дис. канд. техн. наук. Мн., 1986. — 22 с.
3. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. — Л., 1962. — 373 с.
4. Лапшенков В.С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. — Л., 1979. — 239 с.
5. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. — Л., 1977. — 272 с.

УДК 627.8.034+627.18

В.Е. ЛЕВКЕВИЧ

### ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД НА УСТОЙЧИВОСТЬ АБРАЗИОННЫХ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ БЕЛОРУССИИ

Наряду со многими факторами, уменьшающими устойчивость берегов водохранилищ, прудов, откосов дамб и т.д., определенное влияние может оказывать режим грунтовых вод в береговой зоне водоемов [1, 2].

В связи с тем что данный вопрос в литературе освещен недостаточно, нами на водохранилищах республики были проведены исследования с целью