

ГИДРАВЛИКА

Օ. Վ. ТОКМАДЖЯՆ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ БОКОВОГО ВОДОСЛИВА  
 В НЕПРИЗМАТИЧЕСКОМ РУСЛЕ

Гидравлический расчет канала с боковым водосливом согласно [1] приводится к решению системы дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dh}{dl} &= \frac{i_0 - \frac{Q^2}{C^2 m^2 R} - \frac{\alpha Q^2}{g \omega^3} \frac{d\omega}{dl} - \frac{(2-a)\alpha Q}{g \omega^2} \frac{dQ}{dl}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}}; \\ \frac{dQ}{dl} &= -m \sqrt{2g} (h-P)^{3/2}, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где  $P$  — высота порога водослива;  $Q$  — переменный расход в канале;  $m$  — коэффициент бокового водослива;  $a$  — коэффициент изменяющихся масс, остальные обозначения общепринятые.

В [2] дается аналитическое решение задачи при прямоугольной форме призматического канала с допущением  $i_0 = i_{гп} = \frac{Q^2}{K^2}$ . Для общих случаев расчета (непризматический канал с произвольной формой поперечного сечения и гребня водослива, без допущения  $i_0 = i_{гп}$ ) решение задачи можно получить путем численного интегрирования на ЭВМ.

Преобразуем систему дифференциальных уравнений (1) для линейно суживающегося канала прямоугольной формы. Геометрические и гидравлические параметры будут:

$$\begin{aligned} b &= b_1 - \tau l; & \tau &= \frac{b_1 - b_2}{l_0}; & \omega &= h(b_1 - \tau l); & \alpha &= b_1 - \tau l - 2(h - P); \\ R &= \frac{(b_1 - \tau l)h}{\tau_1 - \tau l + 2(h - P)}; & C &= \frac{1}{n} R^{2/3}; & y &= 1.3 \sqrt{n}; \\ \frac{d\omega}{dh} &= B = b_1 - \tau l; & \frac{d\alpha}{dl} &= -\tau. \end{aligned} \quad (2)$$

Учитывая эти преобразования, получим:

$$\frac{dh}{dl} = \frac{t_0 - \frac{Q^2 n^2}{(b_1 - \eta l)^2 h^2} \left[ \frac{h_1 - \tau l + 2(h - P)}{(b_1 - \eta l) h} \right]^{1+2\gamma} - \frac{a Q^2 \eta}{g (b_1 - \eta l)^2 h^2}}{1 - \frac{a Q^2}{g} \frac{1}{(b_1 - \eta l)^2 h^2}} + \frac{(2 - a) a Q m \sqrt{2g} (h - P)^{1/2}}{g (b_1 - \eta l)^2 h^2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{a Q^2}{g} \frac{1}{(b_1 - \eta l)^2 h^2}}; \quad (3)$$

$$\frac{dQ}{dl} = -m \sqrt{2g} (h - P)^{1/2}.$$

При расчете бокового водослива обычно решается обратная задача: при известных гидравлических параметрах канала, заданного в конце водосливною участка расхода  $Q_1$ , сбросного расхода  $Q_2$ , определяется длина фронта водослива и, в зависимости от режима движения, глубина в начале или в конце водослива. Ниже рассматривается решение прямой задачи, т. е. при известных гидравлических характеристиках и длины водосливною фронта, а также расхода  $Q_1$ , определяется сбросной расход  $Q_2$  и строится кривая свободной поверхности в водосливной зоне.

При бурном режиме движения потока граничными условиями будут начальный расход  $Q_1$  и глубина в начальном сечении  $h_1$ , которая диктуется гидравлическими условиями канала до водослива.

Интегрируя систему (1), можно найти кривую свободной поверхности, расход жидкости в конце водосливною участка  $Q_2$  и расход, сбрасываемый через водослив, равный  $Q_2 = Q_1 = Q$ . Исследования [2-4]

показывают, что при бурном режиме движения кривая продольного профиля свободной поверхности потока — вогнутая кривая спада.

На рис. 1 и в табл. 1 представлены координаты свободной поверхности линейно суживающегося в плане бокового водослива с прямоугольным поперечным сечением при бурном режиме движения потока при следующих данных:  $Q_1 = 24,61 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $h_1 = 1,8 \text{ м}$ ;  $b_1 = 2,9 \text{ м}$ ;  $b_2 = 2,1 \text{ м}$ ;  $P = \text{const} = 0,9 \text{ м}$ ;  $n = 0,02$ ;  $t_0 = 0,012$ ;  $t_n = 6,7 \text{ м}$ ;  $m_a = 0,42$ .

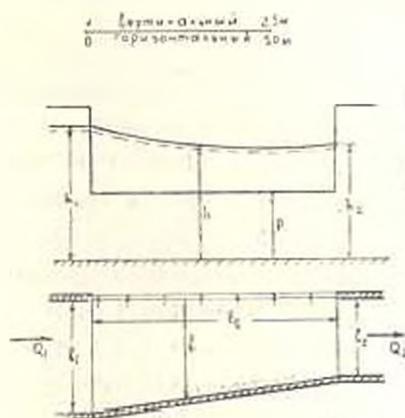


Рис. 1.

При спокойном режиме движения потока граничными условиями будут конечный расход  $Q_2$  и глубина в конечном сечении водосливною участка  $h_2$ , которая диктуется гидравлическими условиями канала после водослива.

Выше по течению глубина потока уменьшается до  $h_1$ . Она всегда меньше величины нормальной глубины  $h_{01}$ , соответствующей расходу  $Q_1$  и больше критической глубины в этом сечении. Это объясняется тем, что начало водосливного участка является частичным провалом для подходного участка канала. При полном провале  $h_1 = h_{кр}$ . Имея  $h_1$ , строится кривая свободной поверхности типа «б» в подходной зоне канала.

Таблица 1

$l, м$	0	1	2	3	4	5	6	6,7
$h, м$	1,8	1,702	1,652	1,621	1,601	1,587	1,577	1,57
$Q, м^3/с$	24,61	23,16	21,89	20,72	19,61	18,53	17,48	16,7

Прямую задачу в этом случае предлагаем решить методом подбора. Задавая произвольным значением  $Q_2$ , решением системы (1), определяется  $Q_1$ . Строится кривая

$Q_1 = f(Q_2)$  и по ней определяется  $Q_2$ , соответствующий данному начальному расходу  $Q_1$ , и сбросный расход  $Q_0 = Q_1 - Q_2$ . Кривая свободной поверхности, соответствующая определенному расходу  $Q_2$ , будет расчетным.

Кривая  $Q_1 = f(Q_2)$  имеет следующую структуру (рис. 2). При возрастании  $Q_2$  от нуля до некоторого  $Q_2'$  она сливается с линией,

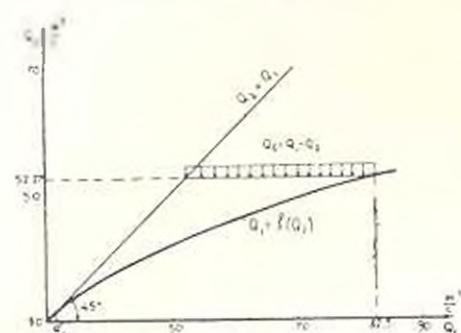


Рис. 2.

проведенной под углом  $45^\circ$ , которую назовем линией постоянного расхода. В этом интервале движение жидкости в канале происходит ниже гребня водослива. В дальнейшем, она нагибается в сторону оси  $Q_1$ . Определенному расходу  $Q_1 > Q_1'$  соответствует расход  $Q_2 < Q_1$ . Промежуток от точки кривой, соответствующей  $Q_1$ , до линии постоянного расхода будет сбросной расход через водослив.

Нами произведено численное решение на ЭВМ системы дифференциальных уравнений (3). В табл. 2 приведены результаты вычислений при значениях  $a = 1$  и  $a = 0$ . Анализируя полученные результаты, приходим к выводу, что практическое совпадение расчетных опытных данных происходит при  $a = 1$ .

**Пример.** Определить сбросный расход бокового водослива при спокойном режиме движения, линейно суживающегося в плане канала прямоугольного поперечного сечения, допуская, что в конечном сечении водосливного участка определяется нормальная глубина, для следующих начальных условий:  $Q_2 = 82,5 м^3/с$ ;  $b_1 = 11 м$ ;  $b_2 = 7 м$ ;  $P = const = 2,8 м$ ;  $i_0 = 0,00068$ ;  $n = 0,02$ ;  $l_0 = 16,3 м$ .

$l_0 = 0,00033,$	$b_1 = 0,604 \text{ м.}$	$P = 0,254 \text{ м.}$	$m_n = 0,42,$	$n = 0,02$
$b_2 = 0,2013 \text{ м.}$	$h_2 = 0,377 \text{ м.}$	$h_2 = 0,4027 \text{ м.}$	$h_2 = 0,311 \text{ м.}$	
$l_n = 1 \text{ м.}$	$Q_2 = 0,0254 \text{ м}^3/\text{с}$	$l_n = 2 \text{ м.}$	$Q_2 = 0,0552 \text{ м}^3/\text{с}$	
$a = 0$	$h_1 = 0,3513 \text{ м.}$	$Q_1 = 0,09056 \text{ м}^3/\text{с}$	$h_1 = 0,2945 \text{ м.}$	$Q_1 = 0,0933 \text{ м}^3/\text{с}$
$a = 1$	$h_1 = 0,371 \text{ м.}$	$Q_1 = 0,1026 \text{ м}^3/\text{с}$	$h_1 = 0,3071 \text{ м.}$	$Q_1 = 0,1026 \text{ м}^3/\text{с}$
по опытам [3]	$h_1 = 0,371 \text{ м.}$	$Q_1 = 0,1022 \text{ м}^3/\text{с}$	$h_1 = 0,3 \text{ м.}$	$Q_2 = 0,1022 \text{ м}^3/\text{с}$

Решая систему дифференциальных уравнений (3), методом подбора строим кривую  $Q_1 = f(Q_2)$ , (рис. 2, табл. 3) и по ней определяем  $Q_2 = 52,27 \text{ м}^3/\text{с}$ , соответствующий расходу  $Q_1 = 82,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , и сбросный расход  $Q_s = 30,23 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Таблица 3

$Q_2, \text{ м}^3/\text{с}$	38	45,06	48,64	55,95
$Q_1, \text{ м}^3/\text{с}$	42,026	60,416	71,076	94,602

Интегрируя систему (3) при граничных условиях  $h_2 = h_{02} = 3,8 \text{ м}$ , которая соответствует расходу  $Q_2 = 52,27 \text{ м}^3/\text{с}$ , можно найти кривую свободной поверхности в водосливном участке.

ЕрПИ им. К. Маркса

18. IV. 1982

Հ. Վ. ԹՈՐՈՍՅԱՆ

ԿՈՎԱՅԻՆ ԶՐԱԹԱՓԻ ՀԻԻՐԱՎԻԿԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿՐ ՈՉ ՊՐԻՉՄԱՏԻՎ ՀՈՒՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու ի մ

Գծաչին նեղացող և կողաչին ջրաթափ ունեցող ջրանցքի հաշվարկի համար ստացված է դիֆերենցիալ հավասարում: Հանդարտ շարժման դեպքում կողաչին ջրաթափի հիդրավիկական հաշվարկը առաջարկվում է կատարել  $Q_1 = f(Q_2)$  կորի կառուցման օգնությամբ: էՀՄ-ի միջոցով դիֆերենցիալ հավասարման ինտեգրման թվային լուծումները համեմատված են փորձերի արդյունքների հետ: Շեղումները զորձնականում աննշան են, երբ  $a = 1$ :

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1 Справочник по гидравлическим расчетам/Под ред П. Г. Киселева.—М.: Энергия, 1972.— 312 с.
- 2 Наноян Х. А. Примеры гидравлических расчетов водопропускных сооружений — Квен: Будапильник, 1975.— 148 с.
- 3 Руднев С. С. Боковые водобромы.— М.—Л.: Энергоиздат, 1941.— 120 с.
- 4 De Marchi C. Saggio di teoria del funzionamento degli stramazza laterali (o sfioratori longitudinali).— L'Energia Elettrica, 1931, № XI.
- 5 Engles H. Mitteilungen aus dem Drezdener Flussbauabatorium, Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens. Berlin — Verlag VDI. — 1917.