

И.В. Филиппович (канд.техн.наук)

НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ДЛЯ ИДЕНТИЧНОСТИ ФОРМУЛ  
ПО РАСЧЕТУ РАСХОДА НЕПОДТОПЛЕННОГО  
И ПОДТОПЛЕННОГО ВОДОСЛИВА С ШИРОКИМ ПОРОГОМ

Два корня  $h_3$  и  $h_2$  энергетического уравнения Д. Бернулли  $H_0 = h + \frac{g^2}{2g\varphi^2 h^2}$ , составленного для установившегося потока воды, представляют собой соответственно глубины бурного  $F_{r(3)} > 1$  и спокойного  $F_{r(2)} < 1$  потоков на пороге водослива [1]:

$$h_3 = \frac{H_0}{3} \left( 1 + \cos \frac{\psi}{3} - \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3} \right) \quad - \text{глубина}$$

бурного потока на водосливе до момента его подтопления с нижнего бьефа;

$$h_2 = \frac{H_0}{3} \left( 1 + \cos \frac{\psi}{3} + \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3} \right) \quad - \text{глубина}$$

спокойного потока на водосливе в момент его подтопления и подтопленного.

Принято, что поток ограничен снизу горизонтальной плоскостью сравнения, совпадающей с плоскостью, проходящей через горизонтальный порог водослива, а сверху неизменной до момента подтопления свободной поверхностью на участке между вертикальными сечениями в начале кривой спада перед водосливом и непосредственно на самом водосливе с широким порогом.

Корень  $h_1 = \frac{H_0}{3} \left( 1 - 2 \cos \frac{\psi}{3} \right)$  представляет ту часть энергии (потенциальной), которую следует прибавить к сумме  $h_3 + h_2$ , чтобы получить напор  $H_0$  с учетом скорости подхода [1], т.е.

$$- h_1 = H_0 - (h_3 + h_2).$$

Для неподтопленного водослива с широким порогом расходы, вычисленные для указанных выше глубин  $h_1, h_2, h_3$  по известной формуле  $q = \varphi h \sqrt{2g(H_0 - h)}$ , будут одинаковы, т.е.  $q_3 = q_2 = q_1$ .

Подставляя вместо  $h$  значения  $h_3, h_2$  и  $h_1$ , запишем:

$$q_3 = \varphi \frac{H_0}{3} (1 + \cos \frac{\psi}{3} - \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}) \sqrt{2g \left[ H_0 - \frac{H_0}{3} (1 + \cos \frac{\psi}{3} - \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}) \right]},$$

$$q_2 = \varphi \frac{H_0}{3} (1 + \cos \frac{\psi}{3} + \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}) \sqrt{2g \left[ H_0 - \frac{H_0}{3} (1 + \cos \frac{\psi}{3} + \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}) \right]},$$

$$q_3 = \varphi \frac{H_0}{3} (1 - 2 \cos \frac{\psi}{3}) \sqrt{2g \left[ H_0 - \frac{H_0}{3} (1 - 2 \cos \frac{\psi}{3}) \right]}$$

Приравняем правые части равенств, сократив их соответственно на  $\frac{H_0}{3} \sqrt{2g \frac{H_0}{3}}$ . Получим  $\varphi (1 - 2 \cos \frac{\psi}{3}) \sqrt{2(1 + \cos \frac{\psi}{3})} =$   
 $= \varphi (1 + \cos \frac{\psi}{3} - \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}) \sqrt{2 - \cos \frac{\psi}{3} + \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}} =$   
 $= \varphi (1 + \cos \frac{\psi}{3} + \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}) \sqrt{2 - \cos \frac{\psi}{3} - \sqrt{3} \sin \frac{\psi}{3}}.$

Избавимся от радикалов, для чего возведем равенство в квадрат.

Сделав преобразования, получим

$$\left( \frac{q_3}{\frac{H_0}{3} \sqrt{2g \frac{H_0}{3}}} \right)^2 = 2 \varphi^2 (1 - 3 \cos \frac{\psi}{3} + 4 \cos^3 \frac{\psi}{3}),$$

$$\left( \frac{q_2}{\frac{H_0}{3} \sqrt{2g \frac{H_0}{3}}} \right)^2 = 2 \varphi^2 \left( 1 - 3 \cos \frac{\psi}{3} + 4 \cos^3 \frac{\psi}{3} \right),$$

$$\left( \frac{q_1}{\frac{H_0}{3} \sqrt{2g \frac{H_0}{3}}} \right)^2 = 2 \varphi^2 \left( 1 - 3 \cos \frac{\psi}{3} + 4 \cos^3 \frac{\psi}{3} \right).$$

Для неподтопленного водослива  $q_3 = q_2 = q_1 = m \sqrt{2g H_0}$ .

Подставив значение расхода в любую из формул и сделав преобразования, получим

$$2 \varphi^2 \left( 1 - 3 \cos \frac{\psi}{3} + 4 \cos^3 \frac{\psi}{3} \right) = 27 m^2$$

или

$$\varphi^2 \left( 1 - 3 \cos \frac{\psi}{3} + 4 \cos^3 \frac{\psi}{3} \right) = 13,5 m^2,$$

$$\text{откуда } 1 - 3 \cos \frac{\psi}{3} + 4 \cos^3 \frac{\psi}{3} = \frac{13,5 m^2}{\varphi^2}$$

и

$$\cos \psi = \frac{13,5 m^2}{\varphi^2} - 1.$$

Поскольку косинус изменяется в пределах  $1 \geq \cos \psi \geq -1$ , можно записать соотношение между коэффициентами расхода  $m$  и скорости  $\varphi$ , которое должно строго выполняться с тем, чтобы расходы, вычисляемые по формулам неподтопленного и подтопленного водосливов, были одни и те же. Указанное соотношение будет

$$0 \leq \frac{m}{\varphi} \geq 0,3849.$$

Существующих в связи с этим двух противоположных мнений — какая из двух формул водослива с широким порогом более достоверна — не должно быть. Обе формулы совершенно идентичны, если параметры, входящие в них, вычислены правильно.

Важным в связи с этим будет достоверность теоретических зависимостей, связывающих между собой коэффициенты расхода

$m$  и скорости  $\varphi$  [2, 3]. Такие зависимости для неподтопленного и подтопленного водослива уже получены и приведены в работе [1].

Проведенные исследования дают основания утверждать, что указанное соотношение между коэффициентами расхода и скорости для одного и того же водослива в каждом конкретном случае его состояния и работы (конструкция, величина напора, сжатие, условия, влияющие на подтопление со стороны нижнего бьефа, различная шероховатость и др.) должно также соблюдаться.

### Резюме

Установлено, что при отношениях коэффициентов расхода  $m$  к коэффициенту скорости  $\varphi$ , лежащих в пределах от 0 до 0,3849, расход, подсчитанный по формуле неподтопленного и подтопленного водослива с широким порогом, один и тот же.

### Литература

1. Филиппович И.В. Количественные зависимости между гидравлическими элементами движения на водосливе с широким порогом. - В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 2, Минск, 1972. 2. Березинский А.Р. Пропускная способность водослива с широким порогом. М., 1950. 3. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. М. - Л., 1954.

УДК 626.823 + 532,53

В.А. Пенькевич

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ НА КОМБИНИРОВАННОМ ВОДОСЛИВЕ

При гидравлическом расчете комбинированного водослива [1] весьма важно знать характер распределения давлений как на водосливной поверхности непосредственно, так и на вертикальных боковых поверхностях, отделяющих среднюю секцию от крайних.

Комбинированный водослив образуется из водослива исходного профиля, средней части которого придается менее полное очертание. Исходный профиль (крайние секции) полностью или