

(5), (6) и (9), (12), полученные при обработке экспериментальных данных [2].

#### Л и т е р а т у р а

1. Шаумян В.А. Научные основы орошения оросительных систем. — М., 1949. — 316 с. 2. Поллард Дж. Справочник по вычислительным методам статистики: Пер. с англ. — М., 1982. — 344 с.

УДК 626.823

С.П. ГАТИЛЛО (БПИ)

### ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРУБЧАТОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ ВВЕДЕНИИ В ПОТОК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ

При гидравлических расчетах трубчатых водопропускных сооружений необходимо знать, как определяются потери напора на преодоление различных сопротивлений, которые в формулах учитываются значениями коэффициентов  $\xi_i$  [1]. По существующей методике при введении в поток новых местных сопротивлений в формулу добавляются соответствующие коэффициенты  $\xi_j$ . Прежние же остаются без изменения. Но в данных условиях в связи с незначительной длиной труб существует возможность взаимного влияния сопротивлений [2]. Поэтому необходимо выяснить влияние дополнительных препятствий на  $\xi_j$ , введенных ранее в расчет.

На рис. 1 показана расчетная схема сооружения. Верхний и нижний бьефы (ВБ и НБ) представляют собой каналы мелиоративной сети; оголовки — порталные.

Воспользуемся уравнением Бернулли (с известными допущениями) для сечений 1—5. Расчет трубчатых сооружений на мелиоративной сети ведется с учетом сопротивления на вход (коэффициентом  $\xi_{\text{вх}}$ ), по длине  $\xi_{\text{дл}}$  и на выход  $\xi_{\text{вых}}$ , а в случае установки на входе [3] водосливной стенки добавляется  $\xi_{\text{ст}}$ .

В общем случае коэффициент расхода [1]

$$\mu_n = \frac{1}{\sqrt{\xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{дл}} + \xi_{\text{вых}} + \xi_{\text{ст}}}} = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi_i}} \quad (1)$$

При этом при подтоплении сооружения  $H'_0 - h = \frac{Q^2}{2g \omega^2} \cdot \sum \xi'_i$ , без подтопления  $H_0 - h_{\text{п4}} = \frac{Q^2}{2g \omega^2} (\sum \xi_i + 1)$ .

Необходимо было установить, как будут изменяться эти коэффициенты при подтоплении потока и при установке стенки.

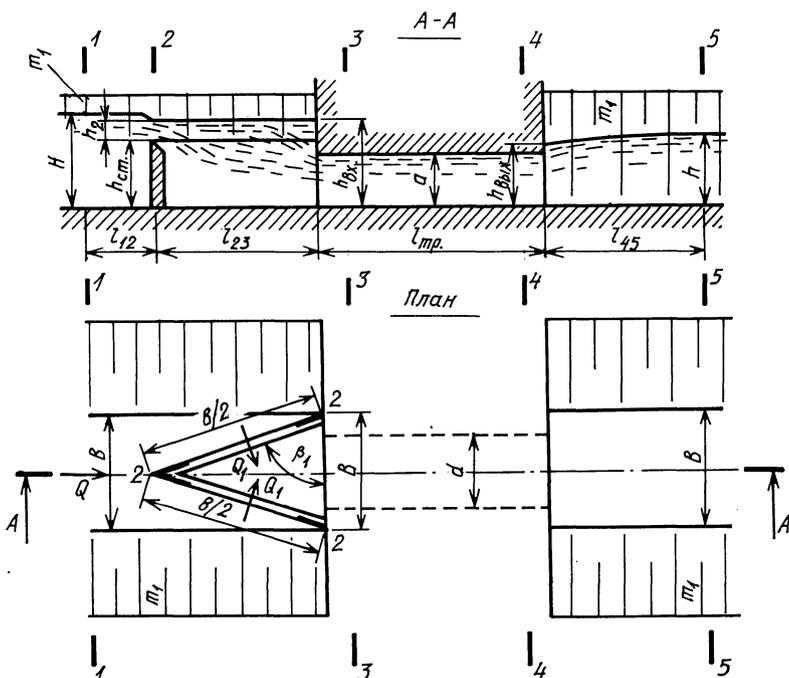


Рис. 1. Расчетная схема сооружения при установке стенки в ВБ

Из уравнения Бернулли можно получить следующие расчетные зависимости:

— коэффициент сопротивления на вход при напорном неподтопленном движении воды через трубчатое сооружение без стенки на входе

$$\zeta_{\text{вх}} = \frac{H_0 - h_{\text{п3}}}{Q^2} - 1; \quad (2)$$

$$\frac{2g\omega^2}{Q^2}$$

— коэффициент сопротивления по длине водопропускного тракта

$$\zeta_{\text{дл}} = \frac{h_{\text{п3}} - h_{\text{п4}}}{Q^2}; \quad (3)$$

$$\frac{2g\omega^2}{Q^2}$$

— при подтоплении сооружения со стороны НБ при одинаковом расходе изменение суммы коэффициентов сопротивления

$$\Delta(\sum \zeta_i) = \frac{2g\omega^2}{Q^2} [(H'_0 - h) - (H_0 - h'_H)]; \quad (4)$$

— изменение коэффициента сопротивления на вход при подтоплении сооружения без стенки

$$\Delta \xi_{\text{вх}} = \frac{2g\omega^2}{Q^2} [(H'_0 - h'_{\text{пз}}) - (H_0 - h_{\text{пз}})]; \quad (5)$$

— то же — по длине:

$$\Delta \xi_{\text{дл}} = \frac{2g\omega^2}{Q^2} [(h'_{\text{пз}} - h'_{\text{п4}}) - (h_{\text{пз}} - h_{\text{п4}})], \quad (6)$$

Здесь  $Q$  — расход потока, протекающего через трубчатое сооружение;  $g$  — ускорение свободного падения;  $\omega$  — площадь поперечного сечения трубы;  $h_{\text{пз}}, h_{\text{п4}}, h'_{\text{пз}}, h'_{\text{п4}}$  — показания пьезометров, установленных в сечениях 3 и 4 в дне по оси трубы (соответственно без подтопления и при подтоплении трубчатого сооружения);  $H_0$  и  $H'_0$  — глубина в ВБ сооружения над порогом трубы (в сечении 1);  $h$  — глубина в НБ сооружения (в сечении 5);  $h_{\text{н}}$  — глубина в НБ в момент начала подтопления сооружения.

Сечение 2 проходит по гребню водосливной стенки. При установке стенки перед трубчатым сооружением изменение коэффициента сопротивления по длине трубы определяется сходно с расчетом по (6). Из-за трудности разделения потерь на стенку и на вход изменение коэффициента сопротивления на вход (включающее  $\xi_{\text{ст}}$ ) рассчитывается по формуле (5).

Для использования полученных зависимостей модель сооружения построена в соответствии с расчетной схемой (см. рис. 1). Гидравлические исследования проведены в лотке шириной 100 см. Трубы имеют полукруглое поперечное сечение [4], длины  $l_{\text{тр}}$  37,92 а и 14,01 а (а — высота трубы). Уклон дна  $i = 0$ . По оси дна труб установлено соответственно 13 и 9 пьезометров, фиксировались значения глубин и показаний пьезометров, входящих в формулы (2) — (6). Сечения 3 и 4 расположены в конце входного и начале выходного участков труб [1]. При исследовании процесса подтопления трубчатых сооружений [5] через модель пропускался постоянный расход, а уровень НБ периодически повышался.

Полученные данные обработаны по формулам (2) и (3). Построены зависимости коэффициентов  $\xi_{\text{вх}}$  и  $\xi_{\text{дл}}$  от напора  $H/a$  и расхода  $\theta = Q/(D^2 \sqrt{gD})$  ( $D$  — гидравлический диаметр потока, рис. 2, а). Практически можно считать, что зависимость  $\xi_{\text{дл}}$  от степени подтопления трубы отсутствует. Коэффициент же  $\xi_{\text{вх}}$  в большей степени изменяется в зависимости от значения подтопления, причем при малых  $H$  и  $Q$  это выражено ярче (рис. 2, а).

Установим, за счет чего изменяется сумма коэффициентов сопротивления  $\Delta(\sum \xi'_i)$ : только ли за счет  $\xi_{\text{вх}}$  либо и за счет  $\xi_{\text{рых}}$ . По уравнениям (4) и (5) получены зависимости  $\Delta(\sum \xi'_i) = f\left(\frac{H-h}{a}\right)$  и  $\Delta \xi_{\text{вх}} = f\left(\frac{H-h}{a}\right)$  (рис. 3).

Последние свидетельствуют о том, что при малых  $(H-h)$ , т.е. малых  $Q$ , изменение  $\Delta(\sum \xi'_i)$  происходит в основном за счет  $\xi_{\text{вх}}$ . С увеличением же  $(H-h)$

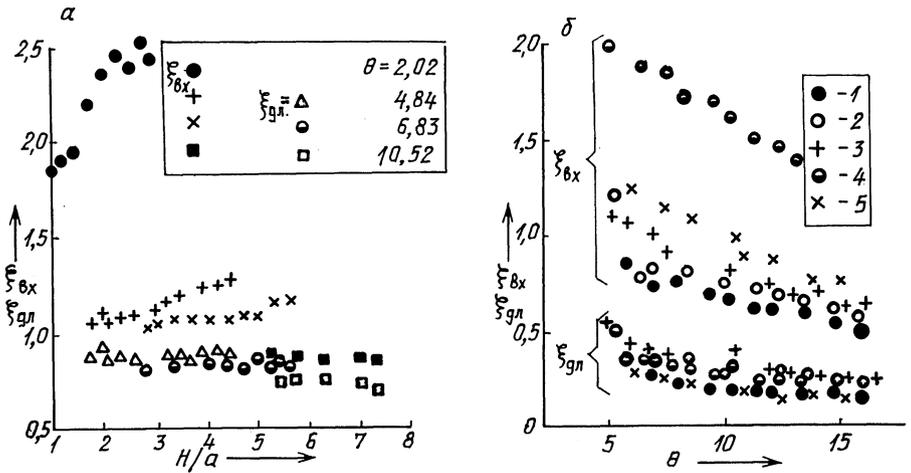


Рис. 2. Зависимость коэффициентов сопротивления от  $H/a$  и  $\theta$ :

а — при подтоплении трубы длиной  $l_{TP} = 37,92a$ ; б — при установке стенок перед входом в трубчатое сооружение ( $l_{TP} = 14,01a$ ),  $\rho$  — периметр поперечного сечения трубы; 1 — ( $h_{CT} = 0, l_{CT} = 0$ ); 2 — ( $h_{CT} = 1,03a, l_{CT} = 1,96\rho$ ); 3 — ( $h_{CT} = 1,03a, l_{CT} = 1,53\rho$ ); 4 — ( $h_{CT} = 1,03a, l_{CT} = 0,765\rho$ ); 5 — ( $h_{CT} = 0,56a, l_{CT} = 0,765\rho$ )

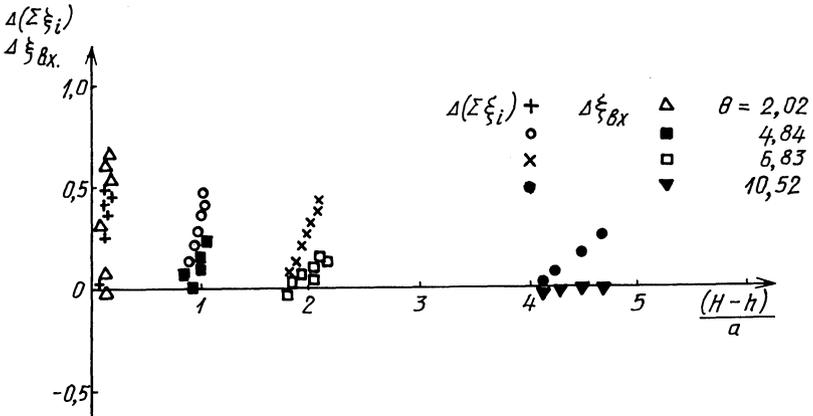


Рис. 3. Зависимость изменения коэффициентов сопротивления от напора на сооружение

доля  $\Delta\xi_{вх}$  уменьшается. Учитывая  $\Delta\xi_{дл} = 0$  (по (6)), можно сказать, что доля изменения  $\xi_{вых}$  в суммарном изменении  $\Delta(\Sigma\xi_i)$  возрастает.

Исследования закономерностей изменения коэффициентов сопротивления были проведены также для случая установки на входе в трубу водосливных полигональных в плане стенок различной высоты  $h_{CT}$  и длины  $l_{CT}$ . Обработка

результатов исследований по зависимостям (5) и (6) показала, что при введении стенки изменяются все коэффициенты — на вход, по длине и на выход (вычисленный как  $\xi_{\text{вых}} = \sum \xi'_i - \xi_{\text{вх}} - \xi_{\text{дл}}$ ). При этом их изменения ( $\Delta \xi_{\text{вх}}$ ,  $\Delta \xi_{\text{дл}}$ ) зависят от геометрических размеров стенки (см. рис. 2, б),

Результаты исследования указывают на то, что в водопропускном тракте трубчатых водопропускных сооружений происходят значительные переформирования потерь напора при установке перед трубами водосливных стенок и при подтоплении труб. Полученные графические зависимости (рис. 2, 3) подтверждают сложный характер изменения  $\xi_i$ , обусловленный действием различных факторов, и требуют дальнейших исследований для получения количественных оценок.

#### Л и т е р а т у р а

1. Р о з а н о в Н.П. Гидравлические расчеты водопропускных труб. — М., 1979. — 72 с. 2. Ч у г а е в Р.Р. Гидравлика. — Л., 1975. — 600 с. 3. Г а т и л л о С.П. Гидравлические характеристики трубчатого водосброса с водосливной стенкой на входе // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. — Минск, 1984. — Вып. 13. — С. 80—83. 4. Г а т и л л о С.П., Ф и л и п п о в и ч И.В. О целесообразности применения треугольной и полукруглой геометрических форм трубчатых водосбросов // Докл. ВАСХНИЛ. — 1981. — № 1. — С. 38—40. 5. Г а т и л л о С.П., Ф и л и п п о в и ч И.В. Учет подтопления при расчете трубчатых водопропускных сооружений // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. — Минск, 1986. — Вып. 15. — С. 62—68.

УДК 627.83

И.В. ФИЛИПPOBИЧ, канд.техн.наук,  
П.М. БОГОСЛАВЧИК, С.П. ГАТИЛЛО,  
А.И. АЛТУНИН, канд.техн.наук (БПИ)

#### ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ БЫСТРОТОКА

Для восстановления поврежденного водосброса вследствие фильтрационных деформаций потребовалось детальное исследование всех конструкций гидроузла, включающего: грунтовую плотину с трубчатым водоспуском; двухпролетную бетонную водосливную плотину безвакуумного профиля криволинейного очертания автоматического (без затворов) действия; водобойный колодец за водосливной плотинной; криволинейный в плане быстроток с уклоном  $i = 0,084$  и водобойный колодец за быстротоком. Длина быстротока по оси 56 м. Отметка дна в начале его — 209,0 м, в конце, перед водобойным колодцем — 204,3 м. Ширина быстротока на входе 26,2 м, на выходе — 13 м.

Для предотвращения сбойности потока к вогнутому берегу быстроток во входной части был разделен четырьмя криволинейными струйными стенками.