

$m$  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

частично описывается по координатам Кригера - Офицерова и может быть безвакуумным или с небольшим вакуумом. Средняя часть (секция) является более вакуумной и описывается по координатам Н.П. Розанова [2]. Доля средней секции в ширине водосливного отверстия может быть различной и оценивается

параметром  $K = \frac{b_{\text{ср}}}{b}$ , где  $b_{\text{ср}}$  - ширина средней секции;  $b$  - ширина водосливного отверстия.

На оголовке средней секции комбинированного водослива при пропуске расхода возникает пониженное давление, вследствие чего единичный расход на ней выше, чем на ограничивающих крайних секциях. Взаимовлияние секций друг на друга обуславливает как распределение единичных расходов, так и давлений, которые могут оказаться недопустимыми по кавитационным условиям или по обеспечению устойчивой работы водослива в период пропуски паводка.

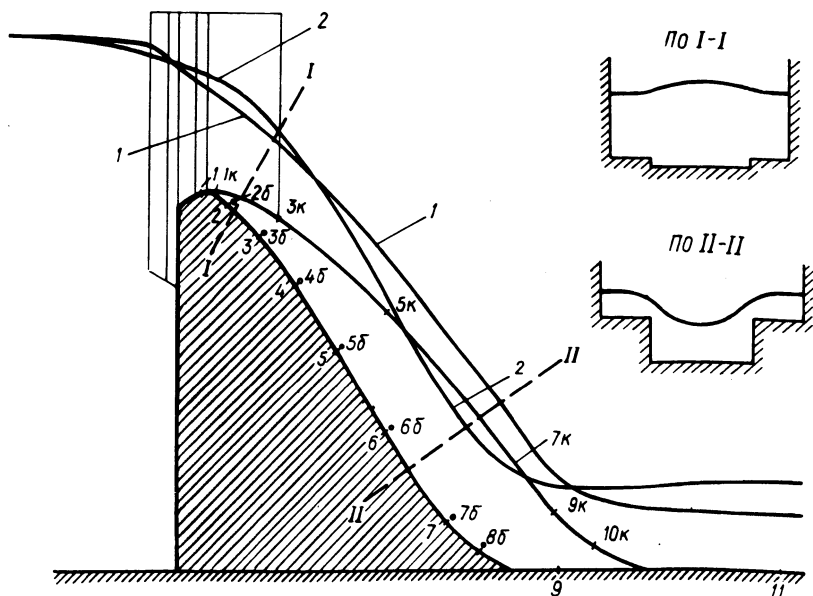


Рис. 1. Комбинированный водослив. Кривые свободной поверхности потока на крайней секции (1) и средней (2): 1, 1к, 2, 2б и т.д. - номера пьезометров.

Изучение указанных вопросов велось на модели водослива (рис. 1), которая имела следующие основные характеристики:  $H_{\text{проф}} = 15,0$  см,  $b = 32,0$  см,  $b_{\text{ср}} = 15,6$  см,  $r_{\text{ф}} = 4,17$  см,

$\alpha = 3,0$ . Опыты проводились на водосливах исходного и комбинированного профилей для условий плоской задачи и на водосливе комбинированного профиля для условий пространственной задачи. Более полные данные о модели приведены в [1].

Для исследования величин и характера распределения давлений модель водослива была оборудована пьезометрами, установленными по сливной грани средней (№ 1 – 9) и крайней правой (№ 1к, 3к, 4к, 5к, 7к, 9к, 10к) секций и в основании боковой грани крайней секции (№ 2б – 8б). Несколько пьезометров было установлено на водобое (№ 11, другие на рис. 1 не показаны).

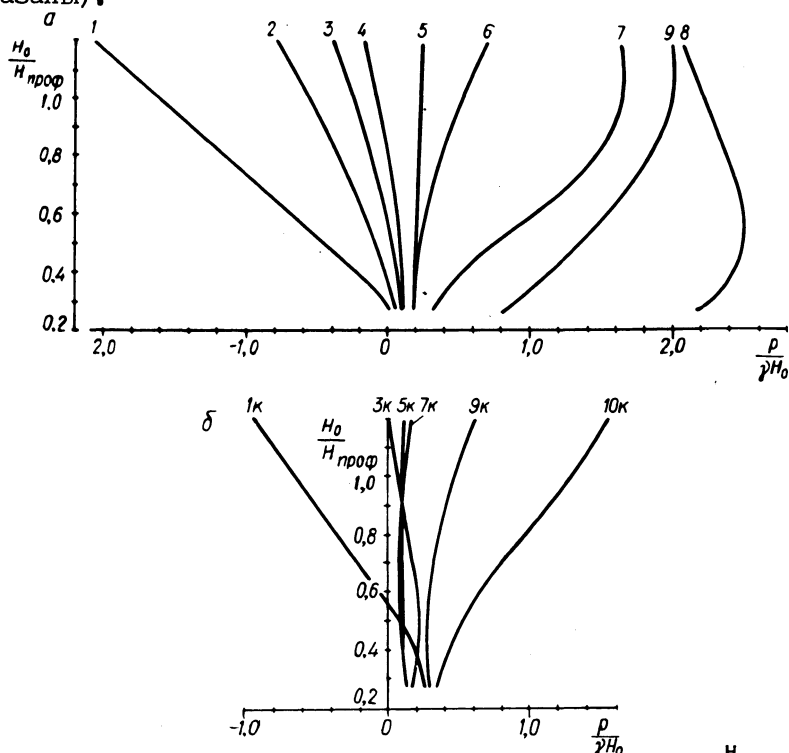


Рис. 2. Кривые распределения относительных давлений в зависимости от  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}}$  в различных точках водосливной поверхности средней (а) и крайней (б) комбинированного водослива при плоской задаче: 1, 2, 3, ... - номера пьезометров.

При проведении опытов в диапазоне относительных напоров  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}} = 0,3 \div 1,15$  фиксировались осредненные давления по

всем пьезометрам. По вертикалям над каждым пьезометром при помощи мерной иглы измерялись глубины переливающегося потока, необходимые для построения кривой его свободной поверхности. Кривые свободной поверхности потока на крайней и средней секциях комбинированного водослива при профилирующем напоре в случае пространственной задачи приведены на рис. 1.

Кривые распределения относительных давлений в точках установки пьезометров на водосливной грани комбинированного водослива (параметр  $K = 0,488$ ) в зависимости от  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}}$  в

условиях плоской задачи для средней секции приведены на рис. 2, а, для крайней секции — на рис. 2, б. Каждая кривая построена по 17 — 22 опытным точкам.

В опытные данные давлений для пьезометров, расположенных на гребне водослива (№ 1, 1к), введена масштабная поправка по формуле Н.П. Розанова [2].

Анализ кривых, приведенных на рис. 2, показывает, что при профилирующем напоре на гребне оголовка в средней секции (пьезометр 1) возникает значительный вакуум, составляющий  $1,6 H_{\text{проф}}$ , а в крайней секции (пьезометр 1к) — существенно меньший, равный  $0,65 H_{\text{проф}}$ .

На оголовке средней секции ниже гребня водослива (пьезометры 2, 3 и 4) также наблюдается вакуум, но значительно меньший, чем на гребне —  $(0,2 - 0,6) H_{\text{проф}}$ , уменьшающийся по мере удаления от гребня. В крайней секции у пьезометра 3к образуется уже небольшое  $(0,06 H_{\text{проф}})$  положительное давление.

Вакуум на гребне водослива уменьшается пропорционально напору и исчезает в крайней секции при  $H_0 / H_{\text{проф}} = 0,58$ , а в средней секции при  $H_0 / H_{\text{проф}} = 0,30$ . Уменьшение напора приводит к уменьшению вакуума и в зоне пьезометров 2, 3, 4 средней секции, но менее интенсивно, чем на гребне. В крайней секции у пьезометра 3к при  $H_0 < H_{\text{проф}}$  образуется положительное давление до  $0,2 \times H_0$ .

При увеличении напора вакуум на оголовке комбинированного водослива в зоне пьезометров 1 — 4 и 1к — 3к возрастает, наиболее интенсивно на гребне средней секции.

На прямолинейном участке водосливной грани средней секции (пъезометры 5,6) давления всегда положительные и возрастают с увеличением напора. На крайней секции (пъезометры 5к, 7к) давления также всегда положительные, практически постоянные, равные  $0,1 \gamma H_0$ .

На сопрягающем участке водослива с водобоем как в средней, так и в крайней секциях давления значительно возрастают, достигая (в средней секции) значений  $2 \gamma H_0$  и более.

По опытным данным были построены кривые распределений относительных давлений в зависимости от  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}}$  и для других случаев: для исходного профиля в плоской, для комбинированного водослива в пространственной и для боковых граней в плоской и пространственной задачах. Графики для названных случаев в статье не приводятся, но при оценке степени изменения давлений эти данные использованы.

Характер распределения давлений в основании боковой грани следующий. На криволинейном участке ниже гребня (пъезометры 2б - 4б) возникает вакуум, уменьшающийся с уменьшением напора и удалением от гребня водослива. Начиная от пъезометра 5б и ниже давления всегда положительные, достигают на участке сопряжения с водобоем (пъезометры 7б, 8б) значений  $2 \gamma H_0$  и более.

На оголовке водослива исходного профиля в условиях плоской задачи вакуум составляет  $0,28 H_{\text{проф}}$  и исчезает при

$\frac{H_0}{H_{\text{проф}}} = 0,75$ . На водосливной грани давления примерно постоянны, положительны и равны  $(0 - 0,2) \gamma H_0$ .

Для пространственной задачи на оголовке комбинированного водослива вакуум значительно меньше, чем для плоской, и составляет  $1,10 H_{\text{проф}}$  на средней и  $0,46 H_{\text{проф}}$  на крайней секциях. Исчезает вакуум при  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}}$ , равном соответственно  $0,4$  и  $0,6$ . В остальной части средней и крайней секций, а также у основания боковой грани характер распределения давлений в зависимости от напора такой же, как и для плоской задачи.

Сопоставление кривых относительных давлений  $\frac{P}{\gamma H_0} = f\left(\frac{H_0}{H_{\text{проф}}}\right)$

в различных точках водосливной грани в восливах исходного и комбинированного профилей плоской задачи выявило следующие особенности.

В комбинированном профиле на оголовке крайней секции при всех напорах давления на  $(0,20 - 0,35) \gamma H_0$  меньше по сравнению с исходным профилем. Это произошло вследствие влияния вакуума со стороны средней, более вакуумной, секции. Ниже оголовка давления остались положительными, но уменьшились на  $(0,04 - 0,10) \gamma H_0$ , а на участке сопрягающего радиуса - на  $(0,6 - 1,0) \gamma H_0$ . На середине водосливной поверхности (пьезометр 5к) давления, наоборот, увеличились на  $(0,1 - 0,2) \gamma H_0$ . Ниже гребня водослива (пьезометр 3к) при  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}} > 1,15$  образуется вакуум. В нижнем бьефе давления увеличились на  $(0,10 - 0,25) \gamma H_0$ .

Переход от плоской задачи к пространственной в комбинированном водосливе характеризуется в средней секции увеличением давлений по всему диапазону напоров: на гребне на  $(0,2 - 0,6) \gamma H_0$ , а в средней части водосливной поверхности на  $(0,06 - 0,15) \gamma H_0$ . В крайней секции на гребне водослива давления увеличиваются и зависят от  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}}$ , а ниже гребня уменьшаются на  $(0,02 - 0,06) \gamma H_0$ . На участке сопрягающего радиуса давления уменьшились на  $(0,3 - 0,7) \gamma H_0$ , а в нижнем бьефе - увеличились примерно на  $0,1 \gamma H_0$ .

Давления у основания боковой грани комбинированного водослива по сравнению с давлениями по оси средней секции для плоской и пространственной задач на оголовке и ниже его на  $(0,04 - 0,10) \gamma H_0$  меньше.

На рис. 3 представлен график распределения относительных давлений на вакуумном (А), исходном (Б) и комбинированном (В, Г) профилях для плоской задачи при  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}} = 1,0$ . Ось абс-

цис представляет собой проекцию водосливной поверхности, на которой отмечены (в выбранном масштабе) точки расположения пьезометров.

Данные для построения кривой относительных давлений на оголовке вакуумного водослива взяты из [2] для  $\frac{H_0}{r \dot{\phi}} = 3,6$  и  $\alpha = 3$ . Поскольку на напорной грани исследованного комбинированного водослива не были установлены пьезометры, относительные давления здесь соответствуют кривой для вакуумного водослива.

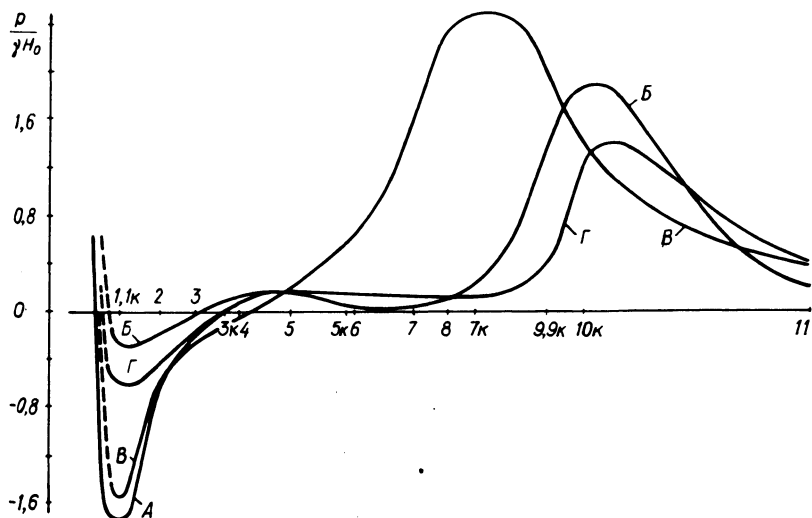


Рис. 3. Кривые распределения относительных давлений на проекции профиля водослива при плоской задаче и  $\frac{H_0}{H_{\text{проф}}} = 1,0$ : А - вакуумный водослив (данные Н.П. Розанова); Б - водослив исходного профиля; В - комбинированный водослив, средняя секция; Г - комбинированный водослив, крайняя секция.

Анализ кривых относительных давлений (рис. 3) показывает, что на гребне и в непосредственной близости от него в средней секции комбинированного водослива (кривая В) давления несколько меньше, чем в вакуумном водосливе (кривая А). У пьезометров 2,3 и вблизи пьезометра 5 давления совпадают, а у пьезометра 4 отличаются незначительно.

### Резюме

Экспериментальные исследования показали, что на оголовке комбинированного водослива вакуум в средней секции уменьша-

ется по сравнению с вакуумным профилем, а в крайней – увеличивается по сравнению с безвакуумным профилем Кригера – Офицерова. Пространственность задачи заметно увеличивает давления в средней секции лишь на гребне водослива, а в крайней – на гребне и на участке сопрягающего радиуса.

### Л и т е р а т у р а

1. Пенькевич В.А., Филиппович И.В. Пропускная способность комбинированного водослива. – В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 4. Минск, 1974. 2. Розанов Н.П. Вакуумные водосливные плотины с боковым сжатием. М., 1958.

УДК 627.83:532.55.001.24

И.В. Филиппович (канд. техн. наук)

### О КОЭФФИЦИЕНТЕ КОРИОЛИСА ДЛЯ СЕЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕГО РАСХОД НА ВОДОСЛИВЕ С ШИРОКИМ ПОРОГОМ

Коэффициент кинетической энергии (Кориолиса), представляющий собой корректив при исчислении удельной кинетической энергии по средней скорости и зависящий от распределения местных скоростей в сечении, определяется по формуле [1]:

$$\alpha = 1 + 3 \frac{\int_{\omega} \Delta U^2 d\omega}{v^2 \omega} + \frac{\int_{\omega} \Delta U^3 d\omega}{v^3 \omega}, \quad (1)$$

где  $v$  – средняя скорость потока в сечении, полученная, как частное от деления расхода  $Q$  потока на площадь его живого сечения  $\omega$ , принимаемого плоским.

Определение коэффициента  $\alpha$  по зависимости (1) представляет известные трудности, связанные с большим количеством вычислений, а также измерений. Для водослива с широким порогом коэффициент Кориолиса  $\alpha$  можно вычислить по формулам, полученным исходя из следующих положений.

Сравнивая для неподтопленного водослива критические глубины, выражаемые формулой (1)

$$h_k = \frac{2}{3} H_0 \sqrt[3]{\varphi^2},$$