

ния для предотвращения размывов в нижнем бьефе необходимо устанавливать гасители, обеспечивающие бесшбойность течения.

Анализ данных, приведенных на рис. 2, свидетельствует, что при соотношении расходов по каналам 1:1 (опыт 15) наблюдалась незначительная сбойность потока влево в пределах всей длины исследуемого участка канала старшего порядка. В этом опыте водоворотная область у правого откоса заканчивалась на поперечнике 40 м. При соотношении расходов 1:1,23 и 1:1,5 (опыты 16 и 14) на поперечнике 30 м и далее сбойность течения практически отсутствовала. При этом в опыте 16 водоворотная область заканчивалась на поперечнике 25 м, а в опыте 14 она не наблюдалась.

Установлено, что при уменьшении глубины потока перед шлюзом или перепада на шлюзе характер гидравлического режима при указанных соотношениях расходов, пропускаемых по каналам, подобен описанному.

Резюме. Проведенные исследования показывают, что в случаях пропуска расходов по каналу старшего порядка, не меньших, чем по каналу младшего порядка, для сооружений, подобных исследованному, нет необходимости устанавливать гасители.

УДК 627.834:532.533

Н.В.Синицын, канд.техн.наук

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ В ПОТОКЕ ВОДОСЛИВА С ШИРОКИМ ПОРОГОМ

Для исследования влияния гидродинамической структуры потока неподтопленного водослива с широким порогом на гидравлические характеристики водослива необходимо изучение основных свойств потока с учетом его значительной деформации в вертикальной плоскости. В настоящей работе анализируется характер изменения давлений в сечениях по длине порога водослива. Модель водослива с широким порогом характеризовалась длиной порога $\delta = 40$ см и высотой $s = 20$ см. В каждом опыте определялось соответствующее значение напора H (напоры изменялись от 3,0 до 17,5 см, приблизи-

тельно через 1,5 см, что позволило иметь соотношение $\frac{\delta}{H}$ в пределах от 2,3 до 13,5).

В определенных створах водослива измерялись отметки свободной поверхности ∇ и давления $\frac{p}{\gamma}$ в ряде точек по глубине потока [2]. По этим данным были построены продольные профили потока на пороге водослива и эпюры гидродинамических давлений в створах. Исследуемому диапазону отношений $\frac{\delta}{H}$ соответствовала схема течения или с участком приблизительно горизонтальной свободной поверхности ($5 < \frac{\delta}{H} \leq 10$) или с непрерывным понижением глубин вдоль потока ($\frac{\delta}{H} \leq 5$). Форма эпюр давлений свидетельствовала о существенном влиянии на величину давлений в потоке сил инерции, обусловленных кривизной линий токов и приводящих к нарушению гидростатического закона распределения давлений. На участках с выпуклой свободной поверхностью давления были меньше гидростатических, а на участках с вогнутой свободной поверхностью наблюдалось превышение фактических давлений над гидростатическими. При этом характер негидростатичности по глубине потока неодинаков и обусловлен различным искривлением струек [2].

С учетом этого для оценки удельной потенциальной энергии в сечениях потока (на основании данных экспериментальных исследований) было произведено численное определение значений коэффициента удельной потенциальной энергии β . Величины этих коэффициентов, характеризующие в сечениях по длине потока отношение средних удельных потенциальных энергий, были получены как частные от деления площадей эпюр давлений, построенных по опытным данным (площади определялись с помощью планиметра), к площадям эпюр гидростатического давления.

На рис. 1 представлены графики зависимости коэффициента удельной потенциальной энергии β от относительного удаления сечений от входной грани порога $-\frac{x}{\delta}$ (графики $\beta = f(-\frac{x}{\delta})$) для различных значений $\frac{\delta}{H}$. Эти кривые свидетельствуют о том, что коэффициент β изменяется по длине порога водослива

в соответствии с деформацией водосливнового потока и формой его свободной поверхности. Так, на начальном участке с выпуклой свободной поверхностью коэффициенты $\beta < 1$, а на последующем участке с вогнутой свободной поверхностью $\beta > 1$.

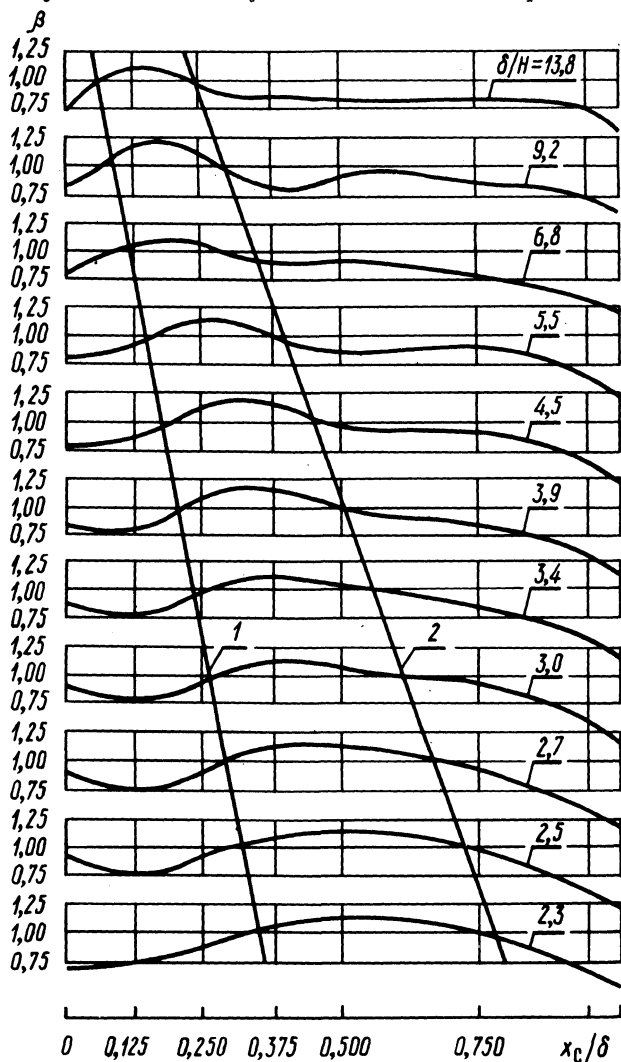


Рис. 1. Графики $\beta = f(x_c/\delta)$.

На всей оставшейся части водослива значения коэффициентов β опять меньше 1. При этом для потоков с $\frac{\delta}{H} > 4,0 - 4,5$ они на сравнительно большой длине незначительно отличаются от 1 (как правило, на участке, в пределах которого свободная

поверхность может быть принята горизонтальной), а в конечной части водослива интенсивно падают. Таким образом, по характеру деформации потока по длине водослива в зависимости от значений коэффициентов удельной потенциальной энергии β можно выделить три характерных участка водослива: входной ($\beta < 1$), средний ($\beta > 1$) и выходной ($\beta < 1$). В переходных сечениях между этими участками коэффициент $\beta = 1$, что свидетельствует о гидростатическом законе распределения давлений в них. Эти сечения, а также глубины в них, которые можно вполне обоснованно принимать за меру удельной потенциальной энергии в сечениях, в дальнейшем будем считать расчетными.

Анализ графиков $\beta = f\left(\frac{x_c}{\delta}\right)$ позволил совершенно четко

определить положение расчетных сечений, т.е. длины входного δ_1 и выходного δ_2 участков. По экспериментальным продольным профилям потока были определены соответствующие глубины в конце входного h_1 и в начале выходного h_2 участков. Для оценки значений этих глубин были построены графики

зависимости относительных значений $\frac{h_1}{H_0}$ и $\frac{h_2}{H_0}$ от степени стеснения потока $\frac{H}{h_B}$, где h_B — глубина воды в верхнем бьефе.

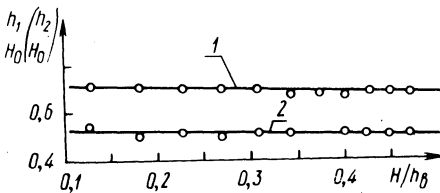


Рис. 2. Графики зависимости относительных расчетных глубин от степени

стеснения потока: 1 - $\frac{h_1}{H_0} = f\left(\frac{H}{h_B}\right)$;

2 - $\frac{h_2}{H_0} = f\left(\frac{H}{h_B}\right)$.

Из рис. 2 видно, что в диапазоне значений $\frac{H}{h_B}$ от 0,1 до 0,5 $\frac{h_1}{H_0}$ изменяется в среднем от 0,71 до 0,69, а $\frac{h_2}{H_0}$ — от 0,52 до 0,50 по линейному закону. Таким обра-

зом, глубины в первом расчетном сечении (за входным участком) h_1 всегда оказываются выше глубин h_2 (во втором расчетном сечении в начале выходного участка). Их сравнение между собой показывает, что во всем диапазоне $\frac{\delta}{H}$ от

2,3 до 13,5 глубины $h_2 < h_1$, и в первом приближении связь между ними может быть выражена зависимостью $h_2 = 0,725h_1$.

Анализ и взаимное сопоставление графиков $\beta = f\left(\frac{x_c}{\delta}\right)$ позволяет выявить следующую закономерность: с увеличением напора на водослив H (с уменьшением $\frac{\delta}{H}$) расчетные сечения с гидростатическим законом распределения давлений ($\beta = 1$) имеют тенденцию к смещению в сторону нижнего бьефа (рис. 1, линии 1 и 2). Точки пересечения кривых изменения коэффициента β с горизонтальной линией, соответствующей коэффициенту $\beta = 1$, позволили определить значения длин входного и выходного участков - δ_1 и δ_3 (рис. 3, а). На рис. 3, б, в представлены графики зависимостей относительных значений

$\frac{\delta_1}{\delta}$ и $\frac{\delta_3}{\delta}$ от отношения $\frac{H}{\delta}$. Как видно, в диапазоне исследуемых значений $\frac{H}{\delta}$ в среднем от 0,1 до

0,5 ($\frac{\delta}{H} = 10-2$) изменение относительных значений уда-

лений расчетных сечений от входной ($\frac{\delta_1}{\delta}$) и выходной ($\frac{\delta_3}{\delta}$) граней происходит по линейному закону. При этом длина входного участка δ_1 с увеличением напора возрастает, а длина выходного участка δ_3 уменьшается. Их численные значения (рис. 3) могут быть определены из зависимостей: $\delta_1 = 0,8 H$; $\delta_3 = 0,9\delta - 1,6H$.

Таким образом, обработка экспериментального материала по неподтопленному водосливу с широким порогом позволила во всем диапазоне значений $\frac{\delta}{H}$, характерных для этой схемы истечения [1], выявить характер изменения удельной потенциальной энергии по длине водослива, а также наличие сечений с гидростатическим законом распределения давлений.

С помощью графиков изменения коэффициента удельной потенциальной энергии и продольных профилей потока удалось определить местоположение этих сечений и глубины в них. Предложены экспериментальные зависимости для нахождения значений глубин в характерных (расчетных) сечениях и длин входного и выходного участков водослива, фиксирующих положение этих сечений. Следовательно, при известных геометрических параметрах водослива (длине порога δ , его высоте s_B , напоре H и глубине воды в верхнем бьефе h_B) можно найти

значения глубин h_1 и h_2 , длин l_1 и l_2 и выполнить в первом приближении построение свободной поверхности водослива.

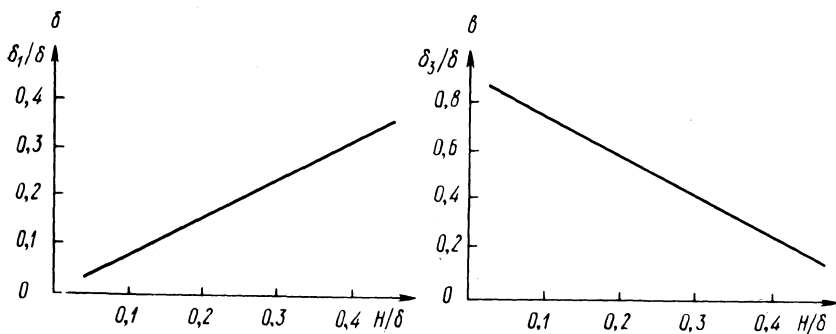
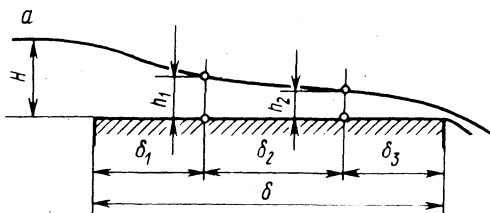


Рис. 3. Графики связи $\delta_1/\delta = f(H/\delta)$ и $\delta_3/\delta = f(H/\delta)$: а - схема водослива; б - график $\delta_1/\delta = f(H/\delta)$; в - график $\delta_3/\delta = f(H/\delta)$.

Приведенные графики $\beta = f\left(\frac{x}{\delta}\right)$ (рис. 1) могут быть использованы при выводе аналитических зависимостей по водосливу с широким порогом, так как они характеризуют удельную потенциальную энергию в сечениях потока по длине водослива [3, 4].

Резюме. Проведен анализ изменения удельной потенциальной энергии по длине водослива с широким порогом, позволивший определить положение расчетных сечений (с гидростатическим законом распределения давлений) и глубины в них.

Л и т е р а т у р а

1. Рекомендации по гидравлическому расчету водосливов. Ч. 1. Прямые водосливы. Л., 1974.
2. Сеницын Н.В. Исследование потока на водосливе с широким порогом. - В сб.: Водное хозяйство. Белоруссии. Вып. 2. Минск, 1972.
3. Смыслов В.В. Теория водослива с широким порогом. Киев, 1956.
4. Смыслов В.В. К решению задачи о незатопленном водосливе с широким порогом. - В сб.: Гидравлика и гидротехника. Вып. 7. Киев, 1968.