

УДК [627.83:627.82] (575.2) (04)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВХОДНЫХ ОГОЛОВКОВ ВОДОСБРОСА С ВОДОСЛИВАМИ КРИВОЛИНЕЙНОГО ОЧЕРТАНИЯ

А.С. Костина – аспирантка

The outcomes of modeling of hatchways of surface spillway with the curvilinear weirs are given.

Водное хозяйство и гидроэнергетика Кыргызской Республики неразрывно связаны со строительством и эксплуатацией водохранилищных плотин и сооружений на них. К одним из наиболее ответственных сооружений этих плотин относятся катастрофические водосбросы.

На сегодня существует достаточно большое количество конструкций водосбросов, включающих различные конфигурации входных оголовков. В качестве примера рассмотрим береговой поверхностный катастрофический водосброс Орто-Токойской плотины, предназначенной для водохозяйственного регулирования стока р. Чу [1].

При реабилитации водосбросного сооружения на Орто-Токойском гидроузле возникла необходимость проведения экспериментальных исследований входного оголовка водосброса с целью обоснования его конструкции, поскольку недостаточна пропускная способность при максимальном проектном напоре.

Гидравлические исследования выполняли в 2003 г. на модельной площадке полигона гидротехники и энергетики Кыргызско-Российского Славянского университета. Расчет моделей входных оголовков проводили с соблюдением критерия Фруда. Линейный масштаб моделирования был принят равным $\alpha = 35$, что превышало минимально допустимый масштаб моделирования из условия автомодельности по Рейнольдсу, равный $\alpha_{min}=38,2$.

Исходными данными для расчета моделей входных оголовков и самого сбросного сооружения являлись форсированный расход водосброса $Q_{форс} = 258,0 \text{ м}^3/\text{с}$; расчетный расход водосброса, соответствующий НПУ, $Q_p = 173,3 \text{ м}^3/\text{с}$; длина криволинейного водослива, принятая из условия согласования минимальных расходов головной и транзитной частей водосброса $b = 20 \text{ м}$, высота водослива $P = 1,5 \text{ м}$, радиус очертания водослива в плане $R = 37,67 \text{ м}$ с центральным углом $\theta = 30^\circ 44'$.

Гидравлические исследования пропускной способности входных оголовков поверхностных водосбросов первоначально проводили для трех конфигураций водосливных профилей водосбросов с вертикальными боковыми стенками (рис.1).

По результатам гидравлических исследований были получены величины коэффициентов $M = m \cdot \varepsilon$ (m – коэффициент расхода, ε – коэффициент бокового сжатия потока) для каждой из указанных конфигураций водосливного профиля при различных величинах напоров H на водосливе и расходах истечения Q в пересчете на натуру (табл. 1). Коэффициенты M рассчитывали по формуле истечения через водослив [2]: $M = Q/b\sqrt{2gH}^{3/2}$, где b – длина водослива.

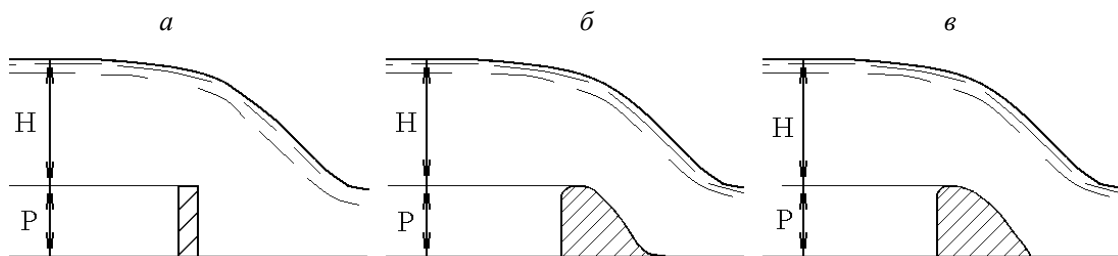


Рис. 1. Водосливные профили поверхностных катастрофических водосборов: а – с тонкой стенкой; б – практического профиля; в – орто-токойского профиля.

Таблица 1

Коэффициенты расхода криволинейного водослива
с тонкой стенкой

Напор на натуре, $H_n, м$	2,68	2,79	3,06	3,22	3,29	3,34	3,42	3,48	3,68
Расход на натуре, $Q_n, м^3/с$	163,1	173,3	184,8	196,4	206,1	217,4	228,7	234,1	258,0
Коэффициент M	0,42	0,42	0,39	0,38	0,39	0,402	0,408	0,407	0,412

практического профиля

Напор на натуре, $H_n, м$	2,50	2,57	2,83	3,01	3,06	3,24	3,29	3,34	3,58
Расход на натуре, $Q_n, м^3/с$	163,1	173,3	184,8	196,4	206,1	212,4	228,7	234,1	258,0
Коэффициент M	0,47	0,47	0,438	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43

орто-токойского профиля

Напор на натуре, $H_n, м$	2,50	2,57	2,73	3,01	3,115	3,25	3,33	3,37	3,58
Расход на натуре, $Q_n, м^3/с$	163,1	173,3	184,8	196,4	206,1	212,4	228,7	234,1	258,0
Коэффициент M	0,47	0,47	0,46	0,42	0,42	0,42	0,425	0,43	0,43

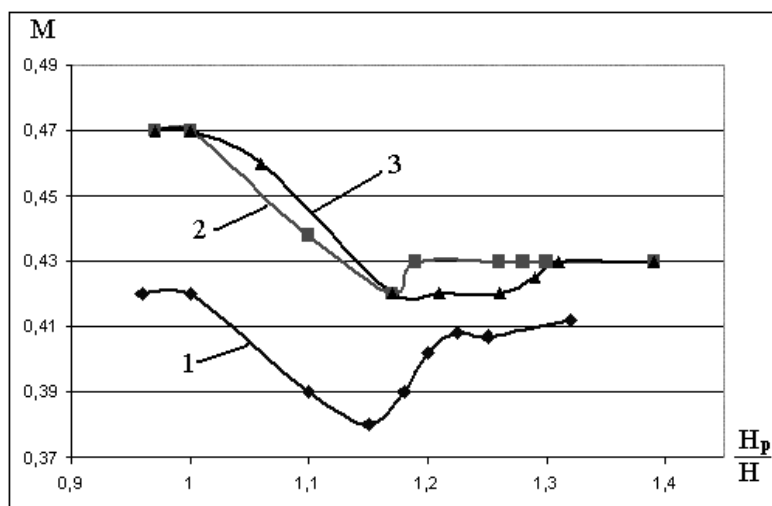


Рис. 2. Зависимость коэффициента расхода от величины относительного напора на водосливе для входного оголовка с вертикальными боковыми устоями: 1 – водослив с тонкой стенкой; 2 – водослив практического профиля; 3 – орто-токойского типа.

Графические зависимости $M = f(H / H_p)$, построенные для выбранных типов водосливов, представлены на рис. 2.

Как видно из табл. 1, для всех типов водосливов максимальный напор $H_{форс}$ при пропуске форсированного расхода на 0,33–0,43 м превышает проектную величину, равную, по данным АОТ “Кыргызводпроект” [1] $H_{форс}^{np} = 3,25$ м, что недопустимо из условий устойчивости плотины.

Полученные в результате экспериментальных исследований величины коэффициентов пропорциональности M позволяют сделать заключение о том, что водосливы типа б и в обладают примерно равной пропускной способностью.

Было также замечено, что при определенных величинах напоров на водосливе наблюдается заметное уменьшение величины коэффициента M , приводящее к снижению пропускной способности водосброса [3]. В первом случае снижение пропускной способности начинается при напоре на водосливе $H_p = 2,79$ м, во втором и третьем – при $H_p = 2,57$ м, где H_p – расчетный напор на водосливе, соответствующий пропуску расчетного расхода $Q_p = 173,3$ м³/с. Это явление, на наш взгляд, объясняется возникновением дополнительных гидравлических сопротивлений при обтекании вертикальных боковых устоев потоком воды при достаточно больших наполнениях на водосливе и переходом от схемы истечения через водослив практического профиля к схеме истечения через водослив с широким порогом [2].

С целью повышения пропускной способности и согласования форсированного уровня водохранилища ФПУ с максимальным напором на входном водосливе водосброса было предложено выполнять водосливной проем (вырез) оголовка орто-токойского типа не прямоугольного сечения, а в форме сложной трапеции (рис. 3). На данную конструкцию входного оголовка подана заявка на изобретение в Кыргызпатент [4].

Принимая во внимание то обстоятельство, что резкое уменьшение коэффициента расхода на водосливе типа в с вертикальными боковыми устоями начинается при напорах $H_p = 2,5$ м, строительную высоту вертикальных частей боковых стенок водосливного отверстия назначаем (с учетом влияния кривой спада на водосливе [2]) равной:

$$h_g = 0,84 \cdot H_p, \quad (1)$$

где величина $h_g = 0,84 \cdot H_p$ – глубина на гребне водослива, соответствующая относительной глубине $h_g / P = 1,5$.

Для водосбросного сооружения на Орто-Токойском гидроузле высота вертикальных частей боковых стенок входного оголовка составит $h_g = 0,84 \cdot H_p = 0,84 \cdot 2,57 = 2,2$ м. Угол наклона боковых стенок по результатам модельных исследований различных величин угла γ принимаем равным 30° из соображений поддержания максимального напора при пропуске форсированного расхода водосброса, примерно равного проектному $H_{форс}^{np}$.

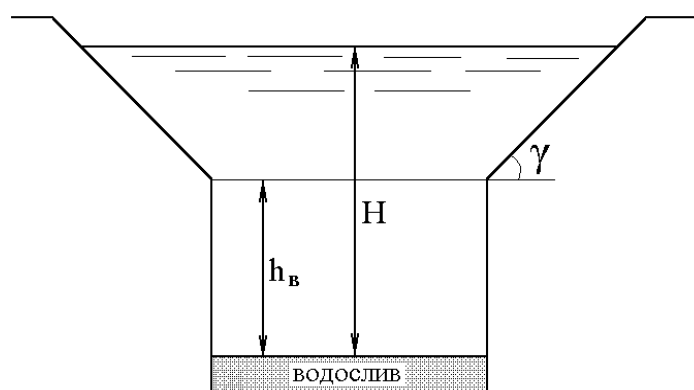


Рис. 3. Конструкция входного оголовка повышенной пропускной способности.

Таблица 2

Коэффициенты расхода усовершенствованного водослива с водосливным отверстием в форме сложной трапеции

Напор на натуре, $H_n, м$	2,51	2,57	2,68	2,77	2,86	2,93	3,03	3,05	3,19
Напор на модели, $H_m, м$	0,071	0,073	0,077	0,079	0,082	0,084	0,087	0,087	0,091
Расход на натуре, $Q_n, м^3/с$	163,1	173,3	184,8	196,4	206,1	217,4	228,7	234,1	258,0
Расход на модели, $Q_m, м^3/с$	0,023	0,024	0,026	0,027	0,028	0,03	0,032	0,032	0,036
Коэффициент расхода, M	0,47	0,47	0,475	0,48	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51

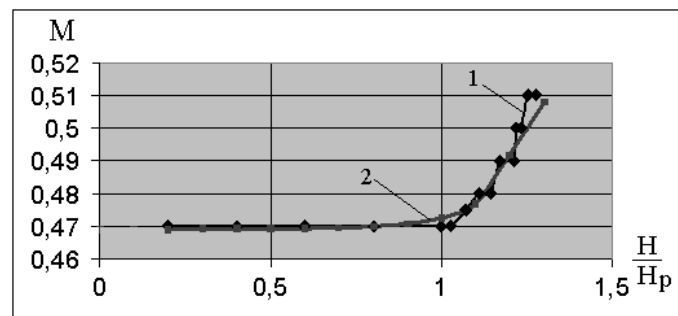


Рис. 4. Зависимость коэффициента M от величины относительного напора на водосливе усовершенствованной конструкции:

1 – кривая $M = f(H / H_p)$; 2 – аппроксимирующая кривая.

В опытах максимальный напор для водосливов практического профиля и ортокойского типа был равен $H_{форс} = 3,19 м$, $H_{форс}^{np} = 3,25 м$.

Гидравлические исследования модели предложенной усовершенствованной конструкции входного оголовка для водослива ортокойского профиля типа ϵ , проведенные по аналогии с описанными выше конструкциями, позволили получить повышенные величины коэффициентов расхода при значительных напорах ($H > H_p$) на водосливе (табл. 2).

Данные табл. 2 позволили получить графическую зависимость коэффициента расхода усовершенствованной конструкции водослива от величины относительного напора на водосливе $M = f(H / H_p)$ (рис. 4).

Сравнение экспериментальной кривой 1 и аппроксимирующей кривой 2 показывает, что усовершенствованная конструкция входного оголовка с расширяющимся в верхней части

вырезом дает заметное увеличение пропускной способности.

Коэффициент расхода водосливов практического профиля усовершенствованной конструкции входного оголовка (рис. 4) для угла выреза $\gamma = 30^\circ$ можно описать выражением:

$$M = 0,4688 + 0,042 / 1 + \left(\frac{(H / H_p) - 1,277}{0,085} \right)^2. \quad (2)$$

Экспериментальная зависимость (2) позволяет проследить тенденцию изменения коэффициента расхода водослива от величины относительного напора на водосливе и принять эту зависимость в инженерных расчетах.

Выводы

1. При значениях напоров $H_p \leq H \leq H_{форс}$ так же, как и при $H < H_p$ или $H < 1,5P$ водосливы практического профиля имеют большую пропускную способность по сравнению с водосливом с тонкой стенкой.

2. В процессе истечения через криволинейный водослив с вертикальными боковыми стенками при определенной величине напора воды $H = H_p$ происходит заметное уменьшение величины коэффициента расхода, которое объясняется возникновением дополнительных сопротивлений со стороны боковых стенок водосливного пролета.

3. С целью повышения пропускной способности катастрофических водосбросов предложена и исследована новая конструкция входных оголовков для водосливов практического профиля с водосливным отверстием в форме сложной трапеции, у которой высота вертикальной части боковых стенок равна $h_g = 0,84 \cdot H_p = 1,5 \cdot P$.

4. Получена экспериментальная зависимость (2) для коэффициента расхода усовершенствованной конструкции входного оголовка, рекомендуемая для инженерных расчетов поверхностных водосбросов.

Литература

1. Лавров Н.П., Костина А.С. Устройство для гашения катящихся волн на поверхностном катастрофическом водосбросе Орто-Токойского водохранилища // Гидротехническое строительство. – №10. – 2002. – С. 34–38.
2. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. Изд. 5-е. – М., 1974. – 312 с.
3. Костина А.С. Пропускная способность входного оголовка поверхностного катастрофического водосброса на примере Орто-Токойской плотины // Архитектура и строительство: Сб. науч. тр. КРСУ. – Бишкек, 2003. – С. 292–299.
4. Входной оголовок поверхностных катастрофических водосбросов / Н.П. Лавров, А.С. Костина / Заявка на изобретение в Кыргызпатент. Вх. № 1550 от 19.04.2004 г.