

УДК 626.8 (575.2) (04)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ВОДОДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ КАНАЛОВ СО СВЕРХБУРНЫМ ТЕЧЕНИЕМ

*Н.П. Лавров* – докт. техн. наук, профессор,

*О.В. Атаманова* – докт. техн. наук, профессор,

*Г.С. Аджыгулова* – канд. техн. наук, профессор,

*К.К. Бейшекеев* – канд. техн. наук, докторант

The experimental researches of the improved water divider construction for canals with high-speed flow are described.

Гидравлические исследования усовершенствованной конструкции вододелителя для каналов со сверхбурным режимом течения имели целью уточнение пропускной способности сооружения и некоторых его характеристик. Модельные исследования проводились в соответствии с методикой, разработанной ранее [1].

Гидравлические исследования ВКСТ предполагали, прежде всего, установление пропускной способности вододелителя, которая является важным фактором в оценке эффективности водораспределительных сооружений. Принятые размеры экспериментальной установки позволили провести исследования в диапазонах изменения уклона и наполнения воды в лотке, соответствующих наблюдаемым на натуре расходам:  $Q = 0,67; 1,34; 2,01; 2,68; 3,187; 5,0; 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ . При этом наиболее подробно изучалась пропускная способность при малых расходах, поскольку именно в этом случае имеет место сверхбурный режим течения потока в лотке. Наибольший расход водоподачи по подводющему участку сбросного канала ТЭЦ г. Бишкек в натуре составляет  $Q_{\max} = 12,5 \text{ м}^3/\text{с}$  и устанавливается из условия 100% забора воды. Соответственно величина подаваемого в лоток быстрого расхода изменялась пяти-

кратно – от 1,1 л/с до 16,4 л/с. Для каждого расхода  $Q$  определялась величина одинакового открытия трех боковых затворов вододелителя  $a$  при коэффициентах водоотбора  $\alpha_g = Q_{\text{отб}}/Q = 0,1; 0,2 \dots 1,0$ .

В ходе эксперимента была установлена связь между изменением относительного действующего напора  $m_g$  в зависимости от коэффициента водоотбора  $\alpha_g = Q_{\text{отб}}/Q$ . Здесь  $m_g = H_n/H_k$ , где  $H_n$  и  $H_k$  – напор над донным водоприемным отверстием в начале и в конце соответственно (рис. 1).

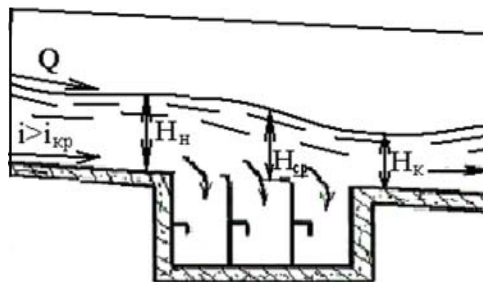


Рис. 1. Схема измерений гидравлических параметров на модели усовершенствованной конструкции вододелителя.

Данные этой серии экспериментов представлены в табл. 1 и на рис. 2. Кривые 1...7 на рис. 2 соответствуют расходам в подводящем канале-быстротоке, равным  $Q=(0,05...0,8)Q_{\max}$ .

Затем были выполнены исследования пропускной способности вододелителя (рис. 3). Они заключались в определении коэффициента расхода вододелителя опытным путем. Коэффициент равен:

$$\mu = \frac{Q}{pl_n b \sqrt{2gH_{cp}}}, \quad (1)$$

где  $p$  – доля площади отверстий в решетчатой плите по отношению к общей площади плиты;  $p = F_{отв} / F_{общ}$ ;  $l_n$  – длина решетчатой плиты;  $b$  – ширина быстротока;  $H_{cp}$  – средний напор над решетчатой плитой:  $H_{cp} = (H_n + H_k) / 2$ .

Таблица 1

Экспериментальные данные изменения относительного напора  $m_e$  над решеткой вододелителя ВКСТ от коэффициента водоотбора  $\alpha_e$

$\alpha_e = \frac{Q_{отв}}{Q}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0
Q=1,1 л/с, Q/Q <sub>max</sub> =0,05									
$m_e = \frac{H_k}{H_n}$	0,73	0,68	0,53	0,4	0,3	0,18	0,1	0,05	0
Q=2,2 л/с, Q/Q <sub>max</sub> =0,1									
$m_e$	0,73	0,7	0,55	0,425	0,32	0,18	0,1	0,05	0
Q=3,3 л/с, Q/Q <sub>max</sub> =0,15									
$m_e$	0,7	0,72	0,56	0,45	0,3	0,20	0,15	0,06	0
Q=4,4 л/с, Q/Q <sub>max</sub> =0,2									
$m_e$	0,8	0,73	0,6	0,45	0,35	0,23	0,1	0,03	0
Q=5,3 л/с, Q/Q <sub>max</sub> =0,25									
$m_e$	0,85	0,80	0,6	0,5	0,35	0,26	0,17	0,08	0
Q=8,2 л/с, Q/Q <sub>max</sub> =0,4									
$m_e$	0,86	0,81	0,65	0,55	0,38	0,28	0,19	0,1	0
Q=16,4 л/с, Q/Q <sub>max</sub> =0,8									
$m_e$	0,86	0,83	0,68	0,6	0,40	0,3	0,20	0,1	0
$\Delta m_e, \%$	14,1%	15%	7,6%	20%	14,2%	10%	10%	37,5%	0

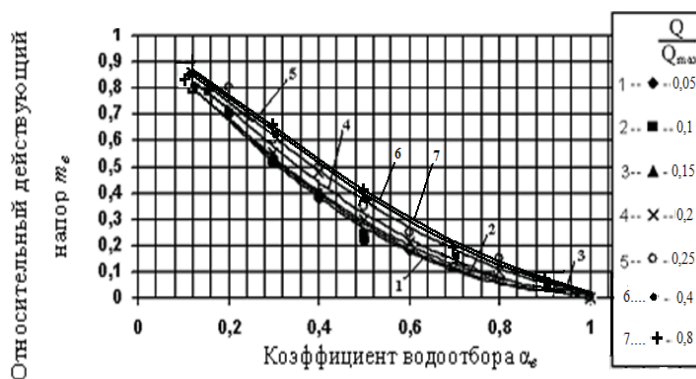


Рис. 2. Зависимость относительного действующего напора над решеткой  $m_e$  от коэффициента водоотбора  $\alpha_e$ .

Доля отверстий в решетчатой плите  $p$  составляла 0,6, длина решетчатой плиты  $l_n$  была равна 0,382 м, а ширина вододелителя была равна ширине быстотока  $b=0,3$  м.

Промеры глубин потока в начальном и конечном створах ( $H_n$  и  $H_k$ ), необходимые для определения действующего напора  $H_{cp}$ , осуществляли мерной иглой с определением максимальных и минимальных значений колебаний уровней поверхности воды (рис. 3).

Коэффициенты расхода  $\mu$  колебались от 0,135 до 0,46 в зависимости от параметра Фруда и открытия боковых затворов. Параметр Фруда  $Fr_{cp} = \alpha v_{cp}^2 / gh_{cp}$  определялся для среднего сечения решетчатой плиты, где  $h_{cp}$  – глубина,  $v_{cp}$  – средняя скорость потока на решетчатой плите. Минимальные по абсолютной величине коэффициенты расхода (от 0,135 до 0,335) наблюдались при малых открытиях бокового щита  $a = 0,3 \dots 0,5$  см, что в натуре соответствует открытию  $a_{нат} = 4,0 \dots 6,5$  см, когда наблюдается затопленное истечение через решетчатую плиту. При максимальном открытии боковых затворов  $a_{max} = 2,5$  см (в натуре 32,5 см) коэффициент расхода колеблется от 0,41 до 0,46.

Данные расчетов величин  $\mu$  от  $Fr_{cp}$  приведены в табл. 2 и на рис. 4.



Рис. 3. Замер наполнений в концевой части ВКСТ.

Для сравнения [2,3] приведем значения коэффициента расхода от параметра Фруда аналога ВКБТ предлагаемой конструкции (рис. 5).

При сравнении значений коэффициентов расхода видно, что предлагаемая усовершенствованная конструкция вододелителя ВКСТ обладает значительно большей пропускной способностью, что делает ее использование

Таблица 2

Результаты расчета коэффициента расхода  $\mu$  усовершенствованного вододелителя от параметра Фруда  $Fr_{cp}$

$a/a_{max}=0,15$		$a/a_{max}=0,25$		$a/a_{max}=0,35$		$a/a_{max}=0,75$		$a/a_{max}=1,0$	
$Fr_{cp}$	$\mu$	$Fr_{cp}$	$\mu$	$Fr_{cp}$	$\mu$	$Fr_{cp}$	$\mu$	$Fr_{cp}$	$\mu$
5	0,335	3	0,349	4	0,41	8	0,44	10	0,46
10	0,25	8	0,31	9	0,35	15	0,37	14	0,44
15	0,17	13	0,26	15	0,32	20	0,34	18	0,42
20	0,14	20	0,22	19	0,28	23	0,31	22	0,415
25	0,135	23	0,2	25	0,26	25	0,3	25	0,41

Таблица 3

Коэффициенты расхода вододелителя

При $a/a_{max}$	Формулы $\mu$
0,15	$\mu = 0.0006Fr_{cp}^2 - 0.0282Fr_{cp} + 0.464$
0,25	$\mu = 0.0001Fr_{cp}^2 - 0.0103Fr_{cp} + 0.3806$
0,35	$\mu = 0.0002Fr_{cp}^2 - 0.0123Fr_{cp} + 0.4537$
0,75	$\mu = 0.0001Fr_{cp}^2 - 0.012Fr_{cp} + 0.5276$
1,0	$\mu = 0.0002Fr_{cp}^2 - 0.0104Fr_{cp} + 0.5443$

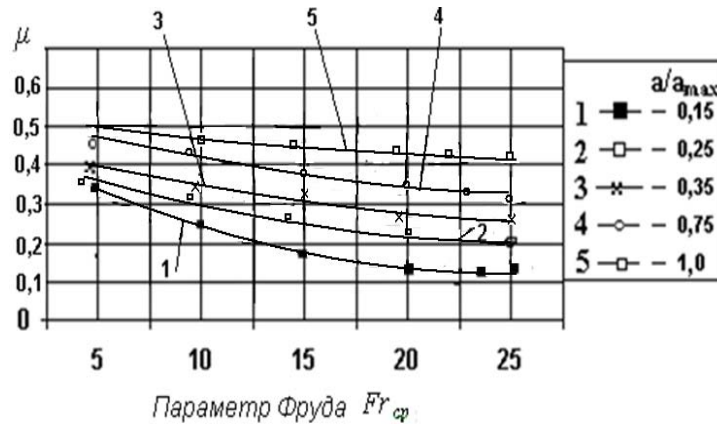


Рис. 4. Зависимость коэффициента расхода истечения через решетчатую плиту и боковые затворы ВКСТ от кинетичности потока.

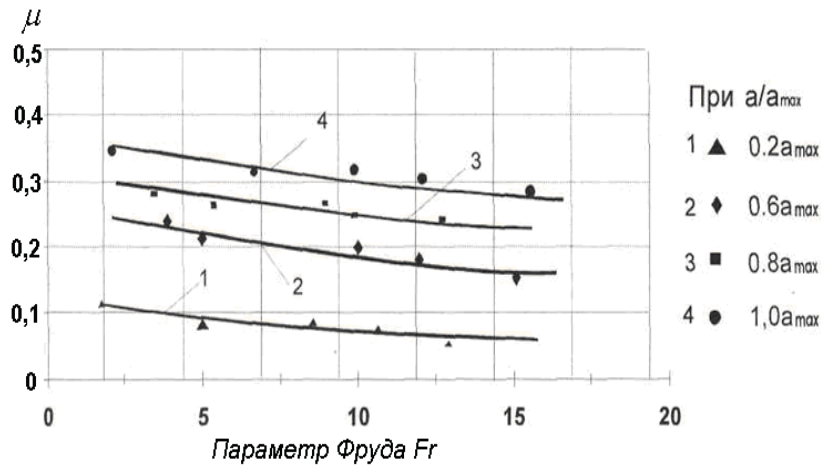


Рис. 5. Зависимость коэффициента расхода истечения через ВКБТ от кинетичности потока.

экономически более целесообразным по сравнению с аналогом.

Кроме того, в табл. 3 приведены эмпирические формулы для коэффициентов расхода  $\mu$  от числа Фруда, рассчитанного для среднего сечения решетчатой плиты при различных относительных открытиях боковых затворов  $a/a_{max}$ . Они получены с помощью известных статистических методов, в частности, метода наименьших квадратов. Достоверность полученных по эмпирической формуле данных оценена по критерию Фишера с доверительной вероятностью 95%, т.е. данные формулы хорошо описывают изучаемый процесс. Графики, приведенные на рис. 4, показывают, что коэффициент расхода  $\mu$

вододелителя уменьшается с увеличением параметра  $Fr_{cp}$  при каждом открытии. Это объясняется тем, что при малых скоростях воды сила вертикальной составляющей давления больше, чем при высоких скоростях. Следовательно, и удельный расход поступления воды через прорези решетки больше при меньших скоростях и параметре  $Fr$ .

Кроме исследований коэффициента расхода вододелителя в целом была проверена пропускная способность щитовых отверстий на отводе по известной формуле гидравлики

$$Q = \mu_{щ} ab \sqrt{2g(H_0 - h_c)} = \mu_{щ} ab \sqrt{2gH}, \quad (2)$$

где  $\mu_{ш}$  – коэффициент расхода щитового отверстия,  $H_o$  –напор с учетом скорости подхода потока  $v_o$  в донных галереях,  $h_c$  –сжатая глубина за плоским затвором,  $\bar{H}$  – осредненный действующий напор, равный по результатам измерений

$$H = \frac{H_n + H_k}{2} + \frac{\alpha V_0^2}{2g}.$$

По результатам модельных исследований коэффициент расхода истечения из-под плоско-го затвора, определенный из формулы (2), имеет значения  $\mu_{ш} = 0,58 \dots 0,62$ .

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Коэффициенты расхода усовершенствованной конструкции ВКСТ принимают значения от  $\mu = 0,335 \dots 0,41$ . Среднее значение  $\mu_{ср} = 0,38$ .

2. Усовершенствованная конструкция вододелителя для сверхбурных потоков ВКСТ обладает большей пропускной способностью, чем ее прототип – водовыпуск для каналов с бурным течением (ВКБТ).

3. Предложенная конструкция ВКСТ может использоваться при вододелении на каналах не только со сверхбурным, но и с бурным течением. При этом более высокая пропускная способность новой конструкции по сравнению с ВКБТ позволит снизить стоимость строительства водораспределительного сооружения.

#### Литература

1. *Аджыгулова Г.С., Атаманова О.В., Бейшекеев К.К.* Состав и методика экспериментальных исследований усовершенствованной конструкции вододелителя для каналов со сверхбурным режимом течения (См. настоящий выпуск. – С. 86–90).
2. *Исабеков Т.А.* Модельные исследования пропускной способности вододелителя для каналов с бурным режимом течения // Вестник КРСУ. – 2004. – Т.4. – №1. – С. 109–113.
3. *Исабеков Т.А.* Совершенствование конструкций вододелителей бурного потока на каналах-быстротоках: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Бишкек, 2004. –197 с.