

УДК 626.8 (575.2) (04)

**СОСТАВ И МЕТОДИКА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ВОДОДЕЛИТЕЛЯ
ДЛЯ КАНАЛОВ СО СВЕРХБУРНЫМ ТЕЧЕНИЕМ**

Г.С. Аджыгулова – канд. техн. наук, доцент,

О.В. Атаманова – докт. техн. наук, доцент,

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

Content and method of experimental researches of improved water divider construction for canals with high-speed flow are considered in the article.

Для уточнения пропускной способности усовершенствованной конструкции вододеливателя для каналов со сверхбурным течением (ВКСТ), а также для обоснования его наиболее рациональных параметров необходимо проведение экспериментальных исследований предложенной конструкции. В связи с этим в модельные исследования ВКСТ было включено следующее:

- экспериментальное определение коэффициента расхода истечения воды через решетчатую плиту и боковые затворы вододеливателя μ_w в зависимости от кинетичности потока Fr в старшем канале;
- определение пропускной способности ВКСТ в целом μ в зависимости от среднего напора над решетчатой плитой H_p ;
- определение коэффициента водоотбора d_e в зависимости от изменения расхода в быстройтоке, анализ стабилизирующих свойств ВКСТ;
- обобщение опытных данных, получение расчетных зависимостей $\mu=f(Fr)$.

Гидротехнические сооружения для управления бурными потоками, и в частности для водораспределения, представляют собой совокупность нескольких элементов, воздействую-

щих на высокоскоростной поток и трансформирующих его. Это значительно затрудняет теоретическое описание и математическое моделирование происходящих в них гидравлических процессов, поэтому экспериментальные методы в этой области гидравлики являются преобладающими. При проведении лабораторных исследований наряду с общими требованиями, предъявляемыми к измерительным приборам, таким, как точность измерений, надежность и простота, необходимо было учитывать и специфические условия, присущие рассматриваемым измерениям. Трудоемкость экспериментальных исследований высокоскоростных турбулентных потоков связана с тем, что вносимые измерительной аппаратурой (как, впрочем, и неудачно выбранными конструктивными элементами сооружения), воздействия могут привести к заметным возмущениям и искажениям структуры исследуемых течений. Следовательно, погружаемые в воду элементы измерительных приборов должны иметь обтекаемую форму и, по возможности, быть миниатюрными.

Модельные исследования ВКСТ проводились в лабораторном зале кафедры гидротехнического строительства и водных ресурсов

Таблица 1

Масштабные коэффициенты при моделировании пропускной способности усовершенствованной конструкции вододеливателя

Величина	Обозначение величины	Формула пересчета	Масштабн. коэффициент
Линейный размер (длина, ширина, высота)	l	λ	13
Скорость воды	V	$\lambda 0,5$	3,65
Расход воды	Q	$\lambda 2,5$	609,3
Время	t	$\lambda 0,5$	3,65
Ускорение	a	λ	13,33
Сила	F	$\lambda 3$	2370
Мощность	N	$\lambda 3,5$	8655

КРСУ в масштабе $\lambda=13$. Основным критерием динамического подобия для высококинетических потоков при доминирующем влиянии на исследуемые гидравлические процессы сил гравитации и инерции нами был выбран критерий Фруда. При линейном масштабе моделирования $\lambda=13$ рассчитаны масштабные коэффициенты (масштабы моделирования), функциональные зависимости для расчета которых приняты по справочнику¹ для основных физических величин, используемых в ходе гидравлического моделирования. Формулы и результаты расчета масштабных коэффициентов при пересчете с модели на натуру приведены в табл. 1.

Максимальный расход поступления по подводящему каналу и отбора по отводящему каналу ТЭЦ в натуре составляет 12,5 м³/с, что на модели соответствовало 21,7 л/с. Используя линейный масштаб, был выполнен пересчет размеров сооружения с природы на модели по формуле

$$l_m = \frac{l_n}{\lambda},$$

где l_n и l_m – соответственно линейные размеры элементов сооружения на натуре и на модели, λ – линейный масштаб гидравлического моделирования.

Модельные исследования пропускной способности вододеливателя имели целью определение коэффициента расхода μ для отдельных элементов усовершенствованной конструкции вододеливателя (решетчатая плита, боковые за-

творы) и для вододеливателя в целом. Кроме того, как отмечено выше, на основании анализа величин полученного экспериментальным путем коэффициента водоотбора ($\alpha_s = \frac{Q_{отв}}{Q_i}$, где $Q_{отв}$ – расход отвода, Q_i – расход в транзитном канале) планировалось сделать вывод о наличии или отсутствии эффекта стабилизации водоподдачи.

Расходы в верхнем бьефе усовершенствованной конструкции вододеливателя и в нижнем бьефе транзитного и отводящего каналов измерялись с помощью треугольных мерных водосливов Томсона с углом выреза 90°. При этом шпитценмасштабом определялся напор на мерном водосливе H_6 и по известной из справочника [1] зависимости вычислялся расход воды

$$Q = 1,343 H_6^{2,47}. \quad (1)$$

Тарирование мерных водосливов и контроль измерений, кроме многократных замеров (в начале, по ходу и в конце опыта с одним расходом воды), выполнялись объемным методом. Измерение глубины и геометрических напоров на модели в силу пульсаций на свободной поверхности волнового потока также выполнялось многократно шпитценмасштабом с точностью до 1 мм. Открытие боковых затворов на модели фиксировалось мерной линейкой с ценой деления 1 мм с контролем шпитценмасштабом. Замеры скоростей воды намечалось проводить с помощью микровертушки с точностью цифровой индикации скорости до 0,01 м/с.

По результатам многократных измерений гидравлических параметров (каждый опыт – не менее 5...7 замеров, выполняемых с контролем отчетов) строились графики величин и безразмерных параметров. Далее путем статистиче-

¹ Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. –М.: Энергия, 1974. – 312 с.

ской обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов следовало получить эмпирические зависимости для коэффициентов расхода μ , необходимые для расчета пропускной способности реального усовершенствованного вододелителя в натуре.

Описание модельной установки. Лабораторные исследования усовершенствованной конструкции вододелителя были выполнены в лабораторном зале кафедры гидротехнического строительства и водных ресурсов КРСУ. Модельная установка для экспериментальных исследований (рис. 1) включает: резервуар с водой 1; питающий трубопровод 2; насос 3 марки 4КМ-8 производительностью 30 л/с, напором 2,5 м и мощностью 22 кВт; задвижку 4 для регулирования расхода модели на нагнетательной линии трубопровода, мерный цилиндр 5 со шпитценмасштабом для измерения напора в приемном баке 6 над мерным водосливом Томсона 7; верхний напорный бак 8, из которого вода подается в подводящий участок быстротока 9, где производится измерение глубин с помощью шпитценмасштаба 10; усовершенствованную конструкцию вододелителя 11, распределяющую воду в отвод 14 и по транзитному участку быстротока 12, расход в котором также измеряется с помощью шпитценмасштаба 5 и мерного водослива 7. Расход отбора из канала быстротока 9 регулируется затворами 13 в отводящий канал 14 и измеряется в конце этого канала таким же шпитценмасштабами 5 и треугольным мерным водосливом 7.

Размеры лотка подводящего участка быстротока 9 прямоугольного сечения на модели составляют: длина 3,6 м, ширина лотка 0,3 м, высота бортов 0,2 м, уклон дна равен 0,0216, что в масштабе соответствует размерам натурного сбросного бетонированного канала ТЭЦ г. Бишкек. Транзитный участок 12 модели имеет такие же геометрические размеры и форму сечения, как и подводящий. Размеры модели вододелителя: 472x300x316 (мм). Боковые затворы выполнены из оцинкованной жести. Отводящий канал выполнен на модели из дерева с размерами: ширина по дну – 472 мм; строительная высота – 300 мм, уклон дна 0,0005.

Шпитценмасштаб 10 на модели был передвижным, что позволяло выполнять измерения глубин бурного и трансформированного потока в различных фиксированных створах. В большинстве серий опытов таких створов было во-

семь: створ № 1 – в верхнем бьефе сооружения на участке канала 9 вне зоны влияния усовершенствованной конструкции (на расстоянии 0,5 м выше начала модели), № 2 – на входе в вододелитель, № 3 – в середине ВКСТ (на оси отводящего канала), № 4 – на выходе из вододелителя, № 5 – в нижнем бьефе в зоне равномерного режима, № 6 – в створе сжатого сечения за боковыми затворами усовершенствованной конструкции, № 7 – в отводящем канале, где заканчивается переформирование потока, вышедшего из-за затворов 13 (см. рис. 1).

Прямолинейность, контроль прямоугольной и трапециевидальной формы лабораторных лотков выполнялись с помощью теодолита ТТ-4, отклонение осей модели и стенок лотков от прямой линии не превышало 2...4 мм. Постоянность уклона дна подводящего 9, транзитного участка 12 и отводящего канала 14 контролировались высокоточным нивелиром 2Н-10Л, что обеспечивало точность укладки оштукатуренных досок $\pm 2..3$ мм.

Жесткость лотков и самой модели вододелителя намечалось обеспечить установкой их на несущей деревянной форме с обрамлением стальным уголком и фиксацией самой фермы с раскосами к балкам пола. Конструктивно на дне колодца (рис. 2) перпендикулярно направлению течения были установлены две раздельные перегородки с Г-образными козырьками, делящие колодец на 3 отсека (секции) одинаковых размеров.

Контроль размеров, формы и уклона модели предполагалось выполнять ежедневно перед началом и по завершении серии опытов по аналогии с контролем расхода воды в начале и конце каждого опыта. Кроме того, контроль измерения расходов на экспериментальной установке необходимо было проводить методом баланса расходов, измеренных на головном и двух концевых мерных водосливах 5. За счет тщательной герметизации стыков модели потери воды на утечку сводились к минимуму и не превышали расхода $(0,03...0,05)Q$ в подводящем лотке 9.

Принятые размеры экспериментальной установки позволили провести исследования в диапазонах изменения уклона и наполнения воды в лотке, соответствующих наблюдаемым на натуре расходам: $Q = 0,67; 1,34; 2,01; 2,68; 3,187; 5,0; 10,0$ м³/с. При этом наиболее подробно изучалась пропускная способность при

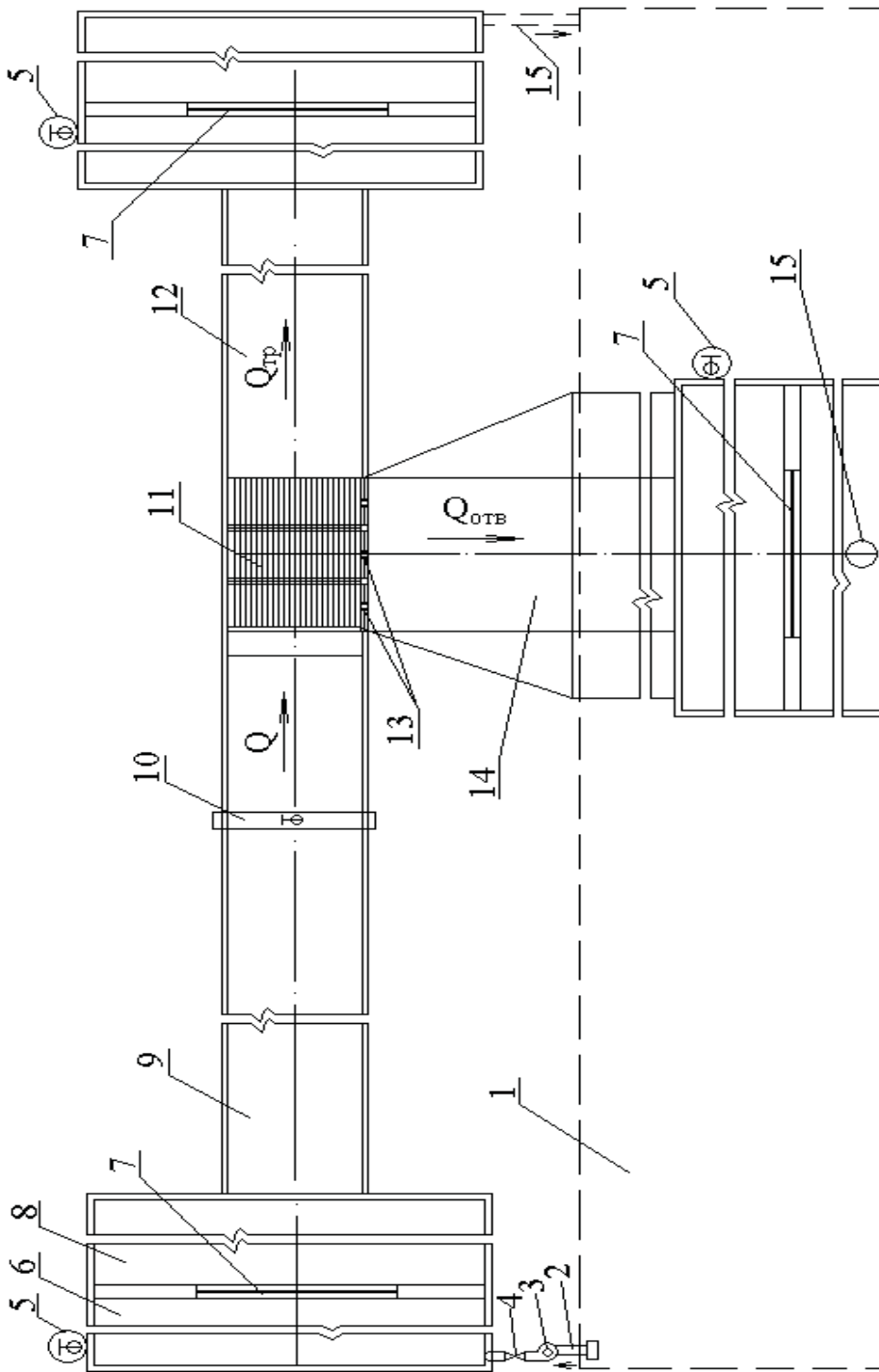


Рис. 1. Схема модельной установки для экспериментальных исследований усовершенствованной конструкции вододелителя.

меньших расходах, поскольку именно при этих расходах имеет место сверхбурный режим течения потока в лотке.



Рис. 2. Модель ВКСТ.

Наибольший расход водоподачи по подводящему 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 быстротока расхода должна была изменяться пятикратно – от 1,1 л/с до 16,4 л/с. Для каждого расхода Q в процессе исследований определяется величина одинакового открытия трех боковых затворов вододелителя a при коэффициентах водоотбора $\alpha_g = Q_{\text{отб}}/Q = 0,1; 0,2 \dots 1,0$.

Измерения расхода на модели выполнялись с помощью мерных треугольных водосливов Томсона, а измерения напора – посредством троекратных измерений каждой глубины шпитценмасштабом. Изложенная методика легла в основу экспериментальных исследований ВКСТ.

Таким образом, гидравлические исследования ВКСТ предполагали:

- установить пропускную способность вододелителя, являющуюся важным фактором в оценке эффективности водораспределительных сооружений;
- экспериментально обосновать теоретически рассчитанные конструктивные параметры ВКСТ;
- сделать вывод о наличии или отсутствии эффекта стабилизации водоподачи.