

УДК 626.8.242 (575.2)(04)

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ КАНАЛОВ С БУРНЫМ РЕЖИМОМ ТЕЧЕНИЯ

Т.А. Исабеков – соискатель

The outcomes of experimental researches of a water divisor for canals with a rough current as well as empiric dependences of the acting head on water intake, and the coefficients of the discharge μ on Freud parameters, are resulted in the paper.

Пропускная способность водоотделителя является важным фактором в оценке эффективности водораспределительных сооружений. Поэтому цель гидравлических исследований вододелителя для каналов с бурным режимом течения (ВКБРТ) – уточнение пропускной способности сооружения.

Экспериментальные исследования вододелителя ВКБРТ (Н.П. Лавров. Авт. свид. СССР № 1654447) проводили в гидрозале Кыргызского аграрного университета методом физического моделирования с соблюдением критериев подобия числа Фруда при автомодельности по Рейнольдсу в масштабе 1:20, на вставном деревянном лотке шириной $b = 0,2$ м при ширине секций колодца $b = 0,15$ м. На дне колодца (рис. 1) перпендикулярно направлению течения были установлены две разделительные перегородки с Г-образными козырьками, делящие колодец на три отсека (секции) одинаковых размеров.

Принятые размеры экспериментальной установки позволили провести исследования в диапазонах изменения уклона и наполнения воды в лотке, соответствующих наблюдаемым в натуре расходам: $Q = 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0$ м³/с.

Наибольший расход водоподачи $Q = 10,0$ м³/с по подводящему участку сбросного канала ТЭЦ г. Бишкек, где построен вододелитель исследуемого типа, устанавливался

из условия 100% забора воды в водоотводящий канал ТЭЦ. Соответственно величину подаваемого в лоток быстротока расхода на модели изменяли пять раз – от 1,12 л/с до 5,6 л/с. Для каждого расхода Q определяли величину одинакового открытия трех боковых затворов вододелителя a при коэффициентах водоотбора $\alpha_g = Q_{отв}/Q = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0$.

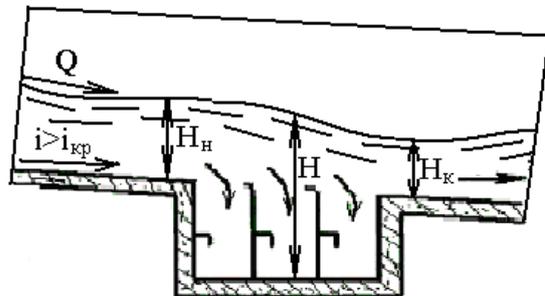


Рис. 1. Схема измерений гидравлических параметров на модели вододелителя.

Измерения расхода на модели выполняли с помощью мерных треугольных водосливов Томсона, а измерения напора – посредством трехкратных измерений каждой глубины шпитценмасштабом.

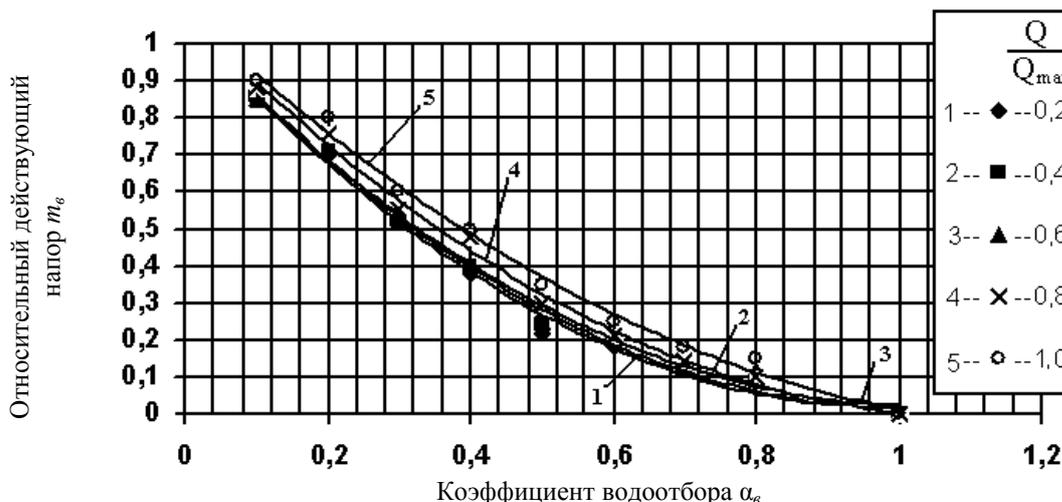


Рис. 2. Зависимость относительного действующего напора над решеткой m_g от коэффициента водоотбора α_g .

В ходе эксперимента была установлена зависимость между изменением относительного действующего напора m_g от коэффициента водоотбора $\alpha_g = Q_{отб}/Q$. Здесь $m_g = H_k/H_n$, где H_n и H_k – относительные напоры в начале и конце донного водоприемного отверстия (рис. 2).

Как видно из данных экспериментов, прослеживается заметное увеличение (до 40% при $\alpha_g=0,8$) относительного напора над решеткой вододелителя m_g при возрастании расхода в старшем канале-быстротоке. Объясняется это, видимо, возрастанием продольной компоненты придонных скоростей с увеличением расхода в подводящем канале.

В связи с таким значительным разбросом величин m_g при одинаковой пропорции отбора α_g в отвод установить общую эмпирическую зависимость для взаимного влияния этих величин в случае с ВКБРТ не удалось. Поэтому на рис. 2 $m_g = f(\alpha_g)$ кривые зависимостей приведены не для одного, а пяти, т.е. расходов воды Q/Q_{max} .

Затем были определены пропускная способность вододелителя – коэффициент расхода вододелителя опытным путем, который из расходной формулы [1] равен:

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

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

Доля отверстий в решетчатой плите p составляла 0,7, длина решетчатой плиты на модели l_n – 0,15 м, а ширина вододелителя равна ширине быстротока $b = 0,2$ м.

Промер глубин потока в начальном и конечном створах (H_n и H_k), необходимых для определения действующего напора H_{cp} , осуществлялся мерной иглой с определением максимальных и минимальных значений колебаний уровней поверхности воды.

Коэффициенты расхода μ колебались от 0,035 до 0,224 в зависимости от параметра Фруда и открытия боковых затворов. Параметр Фруда $Fr_{cp} = av_{cp}^2/gh_{cp}$ определяли для среднего сечения решетчатой плиты, где h_{cp} – глубина, v_{cp} – средняя скорость потока на решетчатой плите. Минимальные по абсолютной величине коэффициенты расхода (от 0,035 до 0,065) регистрировали при малых открытиях бокового щита $a = 0,3 \dots 0,5$ см, что в натуре соответствует открытию $a_{нат} = 6,0 \dots 10,0$ см, когда наблюдается затопленное истечение через решетчатую плиту. При максимальном открытии боковых затворов

$a_{max}=2,5$ см (в натуре 50 см) коэффициент расхода колеблется от 0,224 до 0,29. Данные расчетов величин μ от Fr_{cp} приведены в таблице и на рис. 3.

Вычисленные опытные значения коэффициентов расхода согласуются с величинами, полученными для вододелителя каналов-быстроходов со сверхбурным режимом течения конструкции Н.П. Лаврова [2]. При этом значения μ для стационарного потока получились несколько больше аналогичных коэффициентов при сверхбурном потоке.

Кроме того, на рис. 3 приведены эмпирические формулы для коэффициентов расхода μ 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, т.е. способом наименьших квадратов. Достоверность полученных эмпирических формул оценена по критерию Фишера с доверительной вероятностью 95%, т.е. данные формулы хорошо описывают изучаемый процесс. Из рис. 3 видно, что коэффициент расхода μ 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 прорезы решетки больше при меньших скоростях и параметре Fr_{cp} .

Результаты расчета коэффициента расхода μ ВКБРТ от параметра Фруда Fr_{cp} , a/a_{max}

0,15		0,25		0,35		0,75		1,0	
Fr_{cp}	μ								
5	0,087	3	0,19	4	0,26	8	0,21	10	0,25
10	0,056	8	0,11	9	0,18	15	0,18	14	0,24
15	0,045	13	0,083	15	0,14	20	0,17	18	0,23
20	0,039	20	0,069	19	0,13	23	0,17	22	0,22
25	0,035	23	0,065	25	0,12	25	0,16	25	0,22

При a/a_{max} μ

0,15	$0,02+0,4/1+Fr_{cp}$
0,25	$0,04+0,6/1+Fr_{cp}$
0,35	$0,09+0,80/1+Fr_{cp}$
0,75	$0,13+0,8/1+Fr_{cp}$
1,0	$0,2+0,55/1+Fr_{cp}$



Рис. 3. Зависимость коэффициента расхода истечения через решетчатую плиту и боковые затворы ВКБРТ от кинетичности потока.

Кроме исследований коэффициента расхода вододелителя, была проверена пропускная способность щитовых отверстий на отводе по известной формуле гидравлики [3]

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

где $\mu_{щ}$ – коэффициент расхода щитового отверстия; H_0 – напор с учетом скорости подхода потока 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 плоского затвора, определенный по формуле (2), имеет значения $\mu_{щ} = 0,48 - 0,58$.

Другим показателем пропускной способности вододелителя является относительный расход водоотбора, т.е. отношение забираемого в отвод расхода $Q_{отв}$ к максимальному расчетному расходу быстротока Q_{max} .

Поэтому следующим этапом эксперимента по исследованию пропускной способности ВКБРТ было исследование характера изменения коэффициента водоотбора $\alpha_e = Q_{отв}/Q$ и относительного расхода водоотбора $Q_{отв}/Q_{max}$ с

изменением относительного расхода в канале-быстротоке Q/Q_{max} . Максимальный расход модели Q_{max} составлял 5,6 л/с, наибольшее открытие боковых затворов $a_{max} = 2$ см.

Данные исследования коэффициента водоотбора α_e приведены на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что полный (100%) водоотбор в отвод наступает при малом расходе в быстротоке $Q/Q_{max} = 0,2$ уже при относительном открытии затворов, равном $a/a_{max} = 0,35$. При средних расходах $Q/Q_{max} = 0,6$ полный отбор воды из канала-быстротока происходит при относительном открытии $a/a_{max} = 1,0$.

Модельные исследования пропускной способности показывают, что коэффициент водозабора α_e снижается с увеличением расхода в канале-быстротоке (рис. 4), что объясняется такими же причинами, что и уменьшение коэффициента расхода ВКБРТ с увеличением скоростей потока в подводящем канале.

Стабилизирующие свойства водовыпусков и вододелителей можно проверить, определив изменение расхода в отвод $Q_{отв}$ по отношению не к переменному расходу Q , как в предыдущем эксперименте, а к постоянному расходу, например, к максимальному – расходу старшего канала-быстротока Q_{max} .



Рис. 4. Изменение коэффициента водозабора α_e с изменением расхода старшего канала и открытие затвора вододелителя.



Рис. 5. Зависимость относительного расхода водоотбора $Q_{отв}/Q_{max}$ от относительного расхода водоподачи по быстротоку Q/Q_{max} .

Обобщим данные тех же измерений расхода, но для нового нормирующего показателя (рис. 5).

Из рис. 5 видно, что при относительном открытии $a/a_{max} = 0,15; 0,25$ и $0,35$ (кривые 1, 2, 3) расход отвода $Q_{отв}$ поддерживается практически постоянным и равным соответственно $0,095Q_{max}$, $0,16Q_{max}$, и $0,22Q_{max}$ для всего диапазона изменения расходов ($Q = 1,12$ л/с– $5,6$ л/с) в подводящем канале, т.е. увеличение расхода воды в подводящем лотке при малых фиксированных открытиях боковых затворов ВКБРТ не влияет на постоянство расхода в отводящем канале.

Частичная стабилизация водоподачи в отвод наблюдается и при средних открытиях затворов, $a \leq 0,75a_{max}$, но только когда по быстротоку пропускаются расходы больше $0,6Q_{max}$. При меньших расходах в старшем канале стабильность водоподачи нарушается, так как весь или почти весь расход канала-быстротока забирается в отводящий канал.

Таким образом, данную конструкцию вододелителя можно использовать как стабилизатор расхода воды в отвод при расходах воды в быстротоке $Q > 0,2Q_{max}$ и открытии $a < 0,35a_{max}$.

Литература

1. Лавров Н.П. Теоретическое обоснование конструкции вододелителя для каналов со сверхбурным режимом течения // Пути совершенствования средств гидроавтоматики в мелиорации. – Бишкек, 1995. – С. 33–40.
2. Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С., Олейникова С.А. Экспериментальные исследования пропускной способности вододелителя для каналов-быстротоков со сверхбурным режимом течения // Сб. тр. по матер. междунар. научн.-теор. конф., посвящ. 5-летию КРСУ. – Бишкек, 2000. – С. 33–38.
3. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. Кн.2. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 367 с.