

Сатаркулов С.С., Батыкова А.Ж.

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ ВОДОСЛИВОВ
ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

S.S. Satarkulov, A.Zh. Batykova

**TO THE QUESTION RELATED TO THE CHOICE OF SPILLWAY
DESIGN IN WATERMETER CONSTRUCTION**

УДК. 627.432.7.03.

В статье излагаются вопросы выбора параметров (поперечного сечения, ширины, высоты порога) водосливов, выполнения порогов с регулируемой высотой, очистки верхнего бьефа от наносов и др. Все материалы и реконструкции, приведенные в статье, относятся только к самим водосливам сооружений.

This article discloses the questions of spillway parameters (such as cross-section, width, height, and crest) choice, fulfillment of crests with regulated height, cleaning of head water from drift, etc. All materials and recommendations given in this article refer to the spillways of constructions only.

Общие положения.

Наименование параметра	Сечение водосливов		
	Треугольное	Трапецидальное	Прямоугольное
Допустимые значения напора, м: h _{min} h _{max}	0,05 0,40	0,05 1,00	0,03 1,00
Допустимые значения ширины порога, м: B _{min} B _{max}	- -	0,25 3,00	0,15 3,00
Минимальная высота порога, м: P _{min}	0,10	0,30	0,10
Максимальное значение параметра кинетичности потока в подводящем канале (число Фруда), FR	0,45	0,45	0,50
Истечение воды ч/з водосливы	незатопленное	незатопленное	незатопленное
Дополнительные граничные условия:	$h/p \leq 0,1-1,0$ $P/Bn = 0,1-1,0$	$H_{max} = (0,10-0,35)$ в $(Bt-b)/2 \geq 0,2$	Без бокового сжатия $h/p \leq 1,5; v \geq 0,2$ м. С боковым сжатием $h/p \leq 2,5; v \geq 0,15$ $(Bn-b)/2 \geq 0,1$

В настоящей статье рассматриваются вопросы конструирования водосливов с тонкой стенкой, полагая, что подводящий и отводящий участки каналов, условия подхода потоков к водосливам и истечение воды через них и другие будут отвечать предъявляемым к ним (в соответствии с [1]) требованиям, способствуя нормальной работе

водомерных сооружений с хорошими метрологическими характеристиками.

Из многообразия форм поперечного сечения, к настоящему времени нормированы (поэтому они применяются без индивидуальной градуировки);

- треугольный водослив Томсона (ВТ);
- трапецидальный водослив Чиполетти (ВЧ);
- трапецидальный водослив Иванова (ВИ);
- прямоугольный водослив (ПВ).

Из этих средств измерения расхода воды в республике получили применения ВТ и ВЧ - для лабораторных исследований и ВЧ и ВИ - в натуральных условиях; при этом ВЧ применяется чаще, чем ВИ. Водосливами прямоугольного поперечного сечения практически не пользуются.

В состав водосливов входят щит, в верхней части которого имеется вырез, треугольного, трапецидального или прямоугольного поперечного сечений, диафрагма и одно или два окна для промыва наносов с верхнего бьефа в нижний. Водосливы изготавливаются из листового железа, толщиной 3-10 мм, Устанавливаются они стационарно в диафрагмах из монолитного бетона. Наносопромывные окна в диафрагмах имеют размеры от 10x10 см до 25x25 см. В условиях эксплуатации эти окна часто не закрываются, в результате появляются так называемые "неучтенные расходы воды", в количественном отношении составляющие, в зависимости от напоров, порядка 10-50 л/с и более.

Водосливами оснащаются гидросты межхозяйственных и хозяйственных каналов, участковых и временных оросителей. При расходах воды, меньше 150- 200 л/с, могут применяться полустационарные и переносные водосливы.

Условия применимости водосливов с тонкой стенкой характеризуются данными следующей таблицы [1].

Таблица 1.

В таблице 1: $Fr = V^2/gh$; V - скорость потока; Bn - ширина каналов прямоугольного поперечного сечения; Bt - ширина каналов по дну трапецидального поперечного сечения.

В [2], дополнительно к приведенным в таблице 1.1. условиям, рекомендуется использовать водосливы с тонкой стенкой:

а) в конструктивном исполнении с регулируемой высотой порога;

б) не только в каналах [1], но и на водовыпусках из водоемов, резервуаров, работающих в режиме свободного истечения из емкости.

Из выше приведенных сведений вытекает следующее:

а) применяются водосливы с тонкой стенкой, имеющие треугольное, трапециевидное и прямоугольное поперечные сечения;

б) водосливы могут быть стационарными и переносными;

в) водосливы могут выполняться с нерегулируемой и регулируемой высотой порога;

г) водосливы должны отвечать условиям их применимости, при которых учет водных ресурсов будет осуществляться с приемлемой погрешностью.

Имея эти сведения, можно перейти к вопросам усовершенствования конструкции самих водосливов.

Выбор поперечного сечения водосливов

На оросительных системах республики применяются в основном водосливы, имеющие трапециевидное сечение. Прямоугольные водосливы практически не используются, хотя они, как это следует из данных следующей таблицы, имеют ряд преимуществ по сравнению с трапециевидной формой поперечного сечения.

Водосливы с прямоугольным поперечным сечением имеют широкие пределы применимости, менее металлоемкие, просты в изготовлении, дешевле при строительстве, точны при водоучете. Имеется в республике положительный опыт их эксплуатации. Поэтому, при оснащении оросительных систем водосливами с тонкой стенкой, предпочтение должно отдаваться прямоугольному их поперечному сечению.

Таблица 1.1.

Наименование показателя	Поперечное сечение водосливов	
	Трапециевидное	Прямоугольное
1	2	3
1. Область применимости: а) поперечное сечение каналов б) по максимальному расходу, м ³ /с	Трапециевидное. 5-6	Прямоугольное, трапециевидное до 8
2. Относительная погрешность коэффициента расхода, %	2,5	1,0
3. Минимальная допустимая ширина водослива, м	0,25	0,15
4. Минимальная высота порога водосливов, м	0,30	0,10
5. Минимальный допустимый напор, м	0,05	0,03
6. Максимальное число Фруда	0,45	0,50

7. Металлоемкость	Металлоемкий из-за выполнения боковых стен и порога из листового железа	Менее металлоемкий из-за отсутствия боковых стен (водослив без бокового сжатия) или выполнения их узкими (порядка 5 0-100мм при боковых сжатиях 0,90-0,95)
8. Отходы металлические	Большие из-за выполнения боковых стен с наклонными откосами	Практически нет из-за выполнения боковых стен с вертикальными откосами.
9. Изготовление и контроль	Сложное, в виду присутствия элементов с наклонными линиями	Проще, в виду отсутствия элементов с наклонными линиями
10. Вес	Тяжелее. Этим осложняется условие их эксплуатации при съемном или регулируемом по высоте порогом выполнении	Легче, этим облегчается условие их эксплуатации при съемном или регулируемом по высоте порогом выполнении
11. Стоимость	Дороже из-за металлоёмкости, наличия металлических отходов, выполнения значительных сварочных работ	Дешевле из-за минимизации металлоемкости, сварочных и других видов работ.

Выбор ширины водосливов.

В документе [1] рекомендуемые (допустимые) значения ширины трапециевидного водослива составляют 0,25-3,00 м (фактически на практике 0,5-1,5 м и редко 2,0 м), прямоугольного - 0,15 - 3,00 м (на экспериментальных сооружениях - 1,20-2,92 м).

Ширина водосливов зависит от многих факторов (таблица 2) и определяется гидравлическим расчетом.

Таблица 2.

Наименование показателя	Водомерные сооружения.	
	С широкими водосливами	С обычными и узкими водосливами
Ширина водосливов, м	2 и более	1,5-0,5 и менее
Пропускная способность водосливов, м ³ /с	1,5 -2,0 и более	1,5- 0,5 и менее
Подпоры с нижнего бьефа	Водосливы должны работать со свободным истечением. Поэтому, с учетом опасностей возникновения подпоров, водосливы могут быть выполнены широкими, а пороги - высокими.	При отсутствии опасности появления подпоров

Командование старшего канала над младшим	Для пропуска максимальных расходов воды при слабом командовании	При отсутствии ситуации по ухудшению командования.
--	---	--

Водомерные сооружения с обычными и узкими водосливами могут быть возведены на водотоках (в т.ч. на отводах из водоемов и резервуаров) трапецидального и прямоугольного поперечных сечений. Что же касается сооружений с широкими водосливами, то рационально применять их только с водосливами прямоугольного сечения, при этом они могут быть размещены на водотоках (в т.ч. на водовыпусках из емкостей) различных поперечных сечений. Такое мнение вытекает из технико-экономических

аспектов, т.к. применение широких водосливов с трапецидальным сечением вызовет строительство водотоков в пределах измерительных участков с весьма широкими руслами.

К недостаткам широких водосливов трапецидального сечения относится также снижение точности измерения при прохождении по водотокам минимальных расходов воды. В частности на них не рекомендуется измерять расходы воды с напором менее допустимых его значений, т.е. $h < h_{\min}$, где $h_{\min} = 0.05$ м (табл. 1). Но в тоже время, по [4], величина h_{\min} на водосливах трапецидального сечения зависит от ширины самого водослива и она характеризуется данными следующей таблицы [3].

Таблица 3.

Ширина водослива по дну, м		0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00
Минимально* допустимый напор, м		0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
Расходы м ³ /с	ВЧ	0,020	0,030	0,060	0,100	0,160	0,330	0,600	0,970
	ВИ	0,010	0,030	0,070	0,100	0,170	0,350	0,600	1,000

Из данных этой таблицы следует, что на обоих водосливах:

а) минимально допустимый предел изменения напора h_{\min} изменяется с изменением ширины водослива по дну;

б) с изменением ширины по дну и минимального напора изменяются и расходы

Q_{\min} измеряемые с заданной точностью. При этом минимальные расходы изменяются, в зависимости от ширины водосливов и напора, в пределах от 0,01 до 1,0 м³/с;

в) расходы, находящиеся ниже указанных Q_{\min} значений, практически не подлежат к измерению, а если и измеряются, то с большой погрешностью, что недопустимо в условиях платного водопользования.

Учитывая важность повышения точности водоучета и расширения диапазона использования трапецидальных водосливов (за счет измерения расходов ниже минимальных), предложено водомерное сооружение выполнять по конструкции, приведенной на рис. 1. Следует отметить, что она подробно описана в [3.5], поэтому здесь описывается только ее сущность: в водотоке устанавливается трапецидальный водослив, одна стенка 1 которого выполнена неподвижно, а другая 2 с возможностью горизонтального перемещения в направлении, перпендикулярной оси водослива; в зависимости от величины расхода трапецидальное сечение водослива может быть изменено на треугольное. Иначе говоря, предложенный

водослив - двухпозиционный и может иметь трапецидальное и треугольное сечения.

В целях упрощения конструкции подвижный элемент 2 водослива (рис.1) может быть заменен съемным щитком (рис.2а), внутренняя стенка которого 4 выполнена в виде ребра водослива, наружная 5 - под углом ребра водослива, но вместе с нижней частью (дном) щитка имеют пазы для установки на водослив. При установке этого съемного щитка на водослив, последний, вместо трапецидального сечения, приобретает треугольное (рис.2,б), при котором, с одной стороны, увеличивается напор воды и, с другой, повышается точность водоучета.

Такой же съемный щит может устанавливаться на широкий водослив, имеющий прямоугольное сечение (рис.2,б).

Сужающие ширину водослива подвижный 2 (рис.1) и съемный 3 (рис.2) щитки могут не устанавливаться на водомерных сооружениях с обычными и узкими водосливами, т.к. на них отсутствует опасность ухудшения водоучета при напорах, близких к минимальным их значениям.

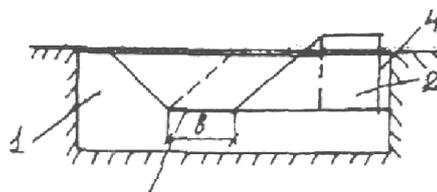


Рис.1. Схема водомерного устройства (водослива).
1 – неподвижный элемент с одним ребром водослива;
2 – подвижный элемент с другим ребром водослива;
3 – порог водослива; 4 – перегородка.

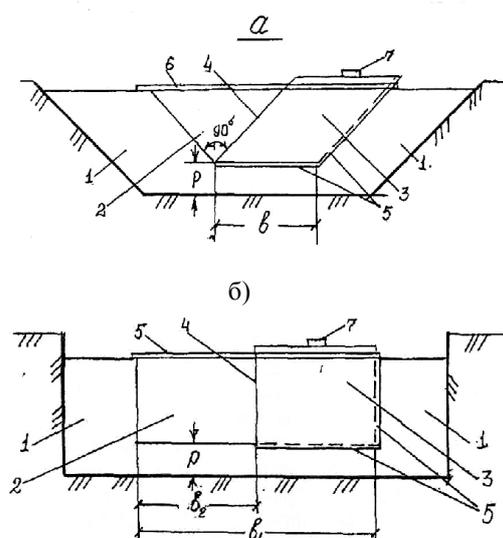


Рис.2.Схемы водомерного устройства (водослива) трапецидального (а) и прямоугольного сечений.
1 – стенки водослива; 2 – водопропускное отверстие, 3 – съемные щитки; 4 – ребра водосливы; 5–ребра щитков с пазами; 6 – арматура для упора щитков; 7– ручки.

Выбор высоты порога водосливы.

Из данных таблицы 1 следует, что минимальная высота порогов треугольного и прямоугольного водосливы составляет 0,10м, трапецидального – 0,30 м. Максимальная высота порогов не регламентируется нормативными документами и составляет в натуральных условиях для водосливы трапецидального сечения – 0,30 – 1,0 м и прямоугольного (на экспериментальных сооружениях) - 0,10-0,70 м.

Высота порогов зависит от ряда факторов и прежде всего от условий протекания воды через водосливы и командования старшего канала над младшим, а также от степени гашения кинетической энергии потока в верхнем бьефе и пропускной способности самих сооружений.

В отношении влияния наносов в [1] отмечено следующее: в верхнем бьефе не должно быть отложений наносов слоем более $0,01 h_{стр}$, где $h_{стр}$ - строительная высота канала. Однако, толщину отложения наносов следует увязывать с минимальными высотами порогов, значения которых над призмами отложения

наносов не должны составлять менее принятых в таблице 1 рекомендаций.

Опыт эксплуатации действующих водомерных сооружений с водосливами указывает на то, что [3]:

а) чем выше высота порогов, тем точнее осуществляется учет водных ресурсов, т.к. благодаря ей создаются благоприятные условия по гашению кинетической энергии потока в верхнем бьефе и обеспечению свободного истечения через водосливы;

б) при наличии подтопленных истечении через водосливы (они возникают в результате заиливания и зарастания отводящих каналов) приходится предпринимать меры по наращиванию высоты порогов, что вообще-то трудно выполнимо в условиях эксплуатации и особенно в вегетационный период.

Оптимальная высота порога водослива для каждого водомерного сооружения своя и определяется с учетом особенностей водного

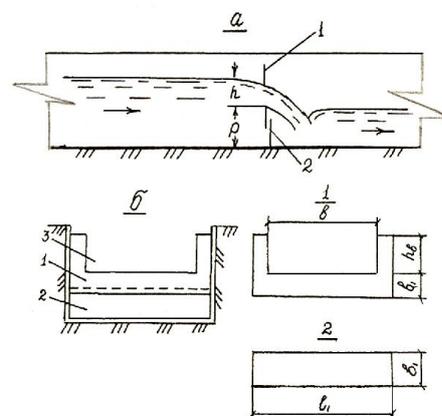


Рис.3. Схема водослива с регулируемой высотой порога.
1- водослив; 2-щиток; 3-водопропускное отверстие;
а - продольный разрез;
б – вид с верхнего бьефа.

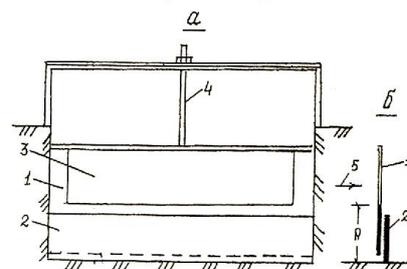


Рис.4. Схема затвора-водомера с регулируемой высотой порога-водослива.
1- водослив; 2-щиток; 3-водопропускное отверстие
4-подъемное устройство; 5-направление течение;
б-направление течение;
а - вид с нижнего бьефа; б - продольный разрез.

объекта, принимая во внимание и условия его эксплуатации.

Водосливы с регулируемой высотой порогов.

На действующих водомерных сооружениях республики водосливы установлены со стационарными высотами порогов. При этом большинство их имеют оптимальные высоты, благодаря чему работают нормально. Однако, на многих из них высота порогов установлена без учета особенностей водных объектов, в результате:

а) создаются подпоры со стороны нижнего бьефа, снижающие точности измерения расходов воды;

б) ухудшаются условия командования старших каналов над младшими, в результате подачи воды водопотребителям осуществляется через наносопромывные отверстия в диафрагмах, учет воды, осуществляя "на глаз", что недопустимо в условиях платного водопользования.

Указанные недостатки водомерных сооружений могут быть устранены при использовании приведенной на рис. 3 конструкции, в соответствии с которой водосливы по высоте выполняются составными, т.е. они состоят из двух частей: верхней - самого водослива 1 и нижней - щитка 2. Здесь водослив выполняется подвижными и перемещается по пазам, предусмотренным в стенках или боковых устоях сооружения. Щиток 2 выполняется стационарным или подвижным, при этом его ширина принимается равной $v_1=(0,5-0,6)r$, где r - принятая высота порога водослива. Ширина верхнего щитка $v_1=(0,7-0,8)r$. Водомерное сооружение с регулируемой высотой порога также может быть выполнено в виде затвора - водомера с подъемным устройством (рис.4) или по предложенной в [6] конструкции.

Утечки воды между элементами 1 и 2 устраняются применением уплотнителей из гидромелиоративной или прорезиненной ткани.

Предлагаемые водосливы с регулируемой высотой порога позволяют:

а) при ухудшении командования - водоподача будет осуществляться путем опускания щитка 1 с водосливом;

б) при подтоплении с нижнего бьефа - путем поднятия того же щитка 1 с водосливом.

Следует отметить, что работоспособность водомерных сооружений с регулируемой высотой порога была проверена на восьми экспериментальных гидропостах и как показывает опыт их эксплуатации, результаты положительные [3].

Очистка верхнего бьефа от наносов.

При занесении верхнего бьефа сооружений наносами, последние могут быть удалены ручной очисткой или промывкой потоком воды, из которых к более эффективной относится гидравлическая промывка.

При промывке наносов, последние могут быть отведены в сторону от основного водотока (в этом случае перед водосливом устраиваются боковые промывники в виде песко- и гравиеловок) или сбрасываются снова в него же (в этом случае водосливы должны иметь устройство для промыва наносов). В качестве промывного устройства по конструкции на рис. 3 и 4 служит нижний щит 2, выполненный подвижным. При занесении верхнего бьефа наносами, последние промываются потоком воды путем поднятия щитка 2, который, по завершении смыва, опускается для перекрытия наносопромывного отверстия.

Эффективность промыва наносов устройством на рис. 3 и 4 проверялось на восьми экспериментальных сооружениях, ее результатами является следующее: наносы, достигшие сооружений, легко промываются потоком воды при открытых нижних щитках водосливов, при этом длины промыва призмы отложений составляют $(1,5-3,0)v$, где v - ширина водослива [3].

Для борьбы с наносами в [7] предлагается подъемный водослив, представляющий металлический щит с трапециевидным вырезом - водосливом в верхней части. Передвигается он вверх и вниз по пазам рамы, аналогично затвору регулятора. Когда не производится измерение воды, водосливной щит находится в приподнятом состоянии. При этом положении водосливного щита осуществляется промыв наносов. Во время измерения расхода воды водосливной щит опускается, он плотно входит в нижний и боковые пазы рамы, устраняя тем самым утечки воды.

Измерение расхода воды при последнем варианте, названного подъемным водосливом Алма - Атинского УОС, производится после стабилизации уровня воды в верхнем бьефе сооружения.

Следует отметить, что и водомерные сооружения с регулируемой высотой порога водослива (рис.3 и 4) и подъемный водослив Алма-Атинского, УОС представляют практический интерес и заслуживают внедрения их в производство.

Литература.

[1]. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков. МИ 2122-90. Казань. 1990.

[2]. Методика выполнения измерений расхода и количества воды при помощи водосливов с тонкой стенкой и регулируемой высотой порога для специальных условий применения. МВИ 4755559-13-93 (дополнение к МИ 2122-90). Бишкек. 1993.

[3]. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М. Водомерные сооружения и пути улучшения их работы. Бишкек. 2000.

[4]. Водомерные устройства для гидро-мелиоративных систем.

Бутырин М.В., Киенчук А.Ф., Краснов В.Б. и др; под редакцией А.Ф. Киенчука. "Колос". М. 1982.

[5]. А.С. №1735715 СССР. О 01 Р. 1/00. Водомерное устройство (авторы Сатаркулов С, Акимжанов А.) Бюл. №19. 1992.

[6]. А.С. №1714037. СССР. Е 02 В 13/00. Затвор - водомер (авторы Сатаркулов С, Акимжанов А.)- Бюл. №7. 1992.

[7]. Инструкция по учету водозабора оросительными и обводнительными каналами из источников орошения (для гидрометров оросительных систем).

Рецензент: к.тех.н., доцент Бекбоева Р.С.
