

К.К. Бейшекеев

Способы гидравлического расчета основных видов водомерных сооружений и устройств

Кыргызско-Российский Славянский университет

Важнейшим условием эффективной работы оросительных систем является объективный и оперативный водоучет [1].

Водоучет составляет основу для диспетчерского управления водораспределением и водоподачей на оросительных системах. Он позволяет обеспечить контроль использования водных ресурсов и состояния орошаемых земель, надзор за экологической обстановкой в районе использования оросительной системы.

Технологические приемы, с помощью которых реализуется процесс водоучета, вполне закономерны, поскольку известно, что существуют области изменения местных условий, в которых тот или иной прием наиболее целесообразен [2]. Учитывая специфику условий горно-предгорной зоны, в которой располагается основная часть оросительных систем Кыргызстана, произведем анализ наиболее приемлемых для этой зоны средств водоучета и рассмотрим особенности гидравлического расчета.

Гидравлический расчет любого водомерного сооружения включает в себя расчет его пропускной способности и расчет уровня режима верхнего и нижнего бьефов.

Цель гидравлического расчета пропускной способности - определение основных габаритов сооружения, цель расчета уровня режима - правильная вертикальная привязка водомерного сооружения, обеспечивающая плавное сопряжение уровней воды во всем диапазоне изменения расхода.

Рассмотрим особенности гидравлического расчета наиболее распространенных в Кыргызстане водомерных сооружений.

Расчет пропускной способности фиксированного русла (рис. 1) выполняют по формулам равномерного течения воды в каналах правильной геометрической формы. При этом уровень воды в фиксированной части русла h_1 должен быть совмещен с уровнем h в подводящей и отводящей частях русла.

Как правило, вследствие разности шероховатостей этих частей русла, наполнение в фиксированной части при той же ширине по дну и откосах получается несколько меньше, поэтому для совмещения уровней или уменьшают ширину фиксированной части по дну, или несколько приподнимают дно фиксированного русла, сохраняя ширину по дну. Выбор варианта производят на основании расчетов для всех возможных изменений расхода от

Q_{\min} до Q_{\max} . Предпочтительнее тот вариант, при котором разность уровней во всем диапазоне изменения расходов сводится к минимуму.

При гидравлическом расчете водомерных лотков (рис. 2) особое внимание необходимо обратить на сопряжение уровней нижнего бьефа, поскольку именно здесь возможны нежелательные размывы и, как следствие, потеря водомерности сооружения.

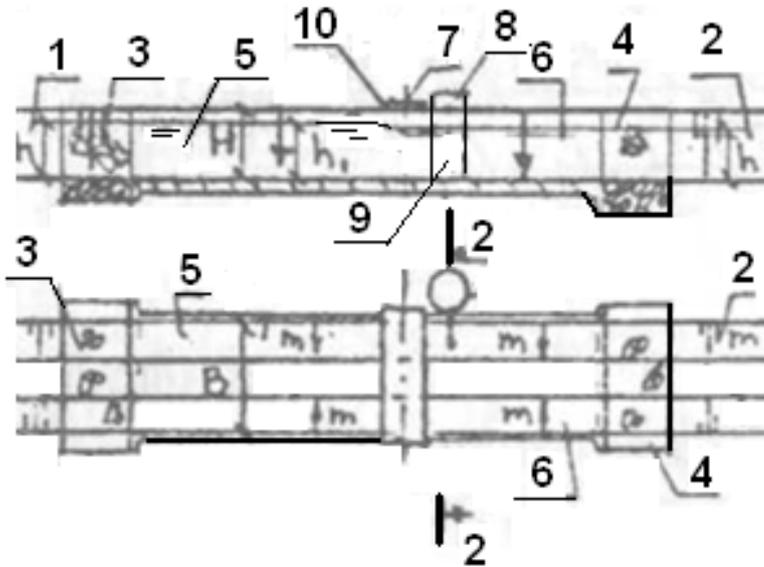


Рис. 1 Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло» конструкции САНИИРИ:

- 1, 2 – подводящее и отводящее русла; 3, 4 – переходные участки;
- 5, 6 – верхняя и нижняя части фиксированного русла;
- 7 – водомерный створ; 9 – труба; 10 – мостик

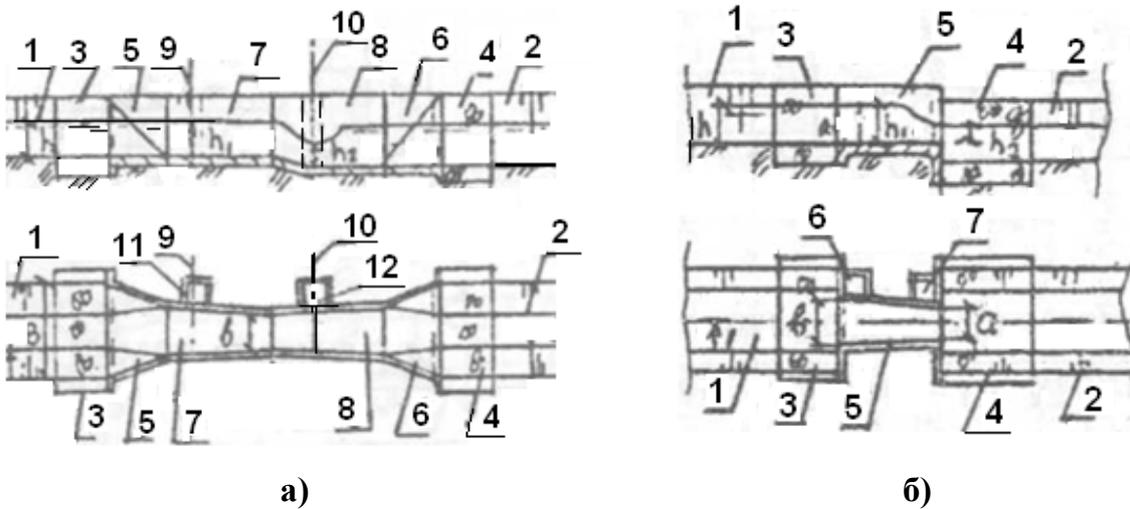


Рис. 2 Водомерные лотки:

а) лоток Вентури-Паршала:

1, 2 – подводящее и отводящее русла; 3, 4, 5, 6 – входной и выходной переходные участки; 7, 8 – конфузорная и диффузорная части лотка; 9, 10 – верхний и нижний створы измерения уровня; 11, 12 – водомерные колодцы;

б) лоток САНИИРИ:

1, 2 – подводящее и отводящее русло; 3, 4 – переходные участки; 5 – лоток; 6 – водомерный колодец ВБ; 7 – водомерный колодец НБ

Для уменьшения вероятности местных размывов в нижнем бьефе в сомнительных случаях рекомендуется увеличить длину каменного крепления в 1,5-2 раза.

Гидравлический расчет водомерного сооружения с водосливом треугольного профиля (см. рис. 3) выполняется по формуле:

$$Q = 1,96 \cdot C_v \cdot b \cdot h^{1,5}, \quad (1)$$

где C_v - коэффициент, учитывающий влияние скорости в подводящем канале;

b - ширина водомерного лотка, м;

h - напор над порогом водослива, м; $h = h_1 - p$, здесь h_1 – уровень воды на сооружении перед водосливом; p - высота порога водослива.

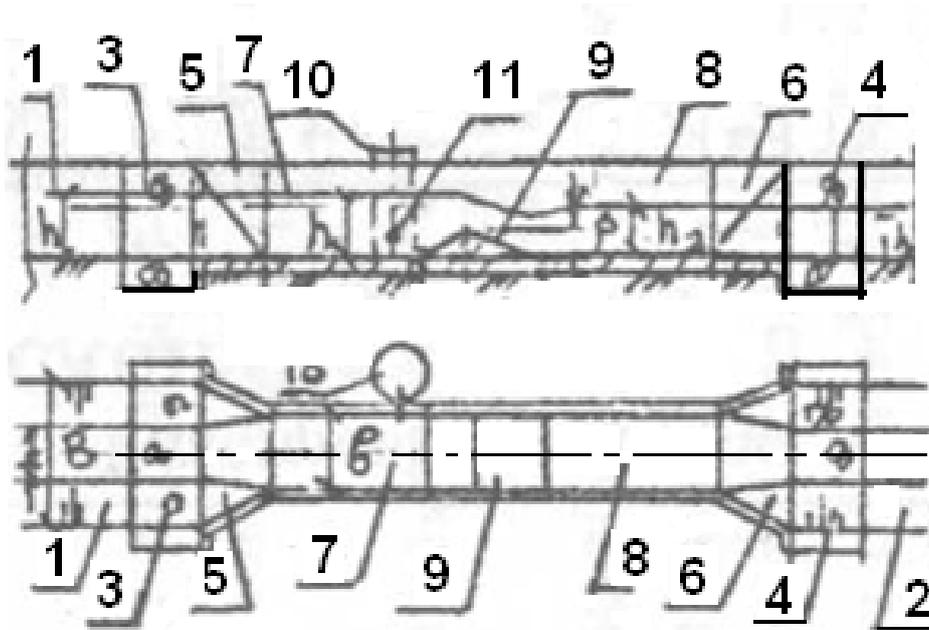


Рис.3. Лоток-водомер с водосливом треугольного профиля

- 1, 2 – подводящее и отводящее русло; 3, 4, 5, 6 – переходные участки;
 7, 8 – входная и выходная части лотка; 9 - треугольный водослив;
 10 – водомерный колодец; 11 – труба колодца.

Сопряжение уровней в подводящей и в отводящей частях русла выполняется по принципу «горизонт в горизонт», а величина подтопления не должна превышать 2-2,25 м. При этом, кроме ширины русла и его вертикальной отметки, можно варьировать высоту порога p . Согласно рекомендациям ТП 820-1-054.86, высота порога должна быть в пределах $p=(0.2...0.3)h_p$.

Пропускная способность водосливов с тонкой стенкой (см. рис. 4) определяется по формуле:

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{1,5}, \quad (2)$$

где Q - расчетный расход воды, проходящий через сооружение, м³/с;

m - коэффициент расхода сооружения;

b - ширина порога (водосливного фронта) сооружения, м;

H_0 - напор над порогом сооружения с учетом скорости подхода, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с².

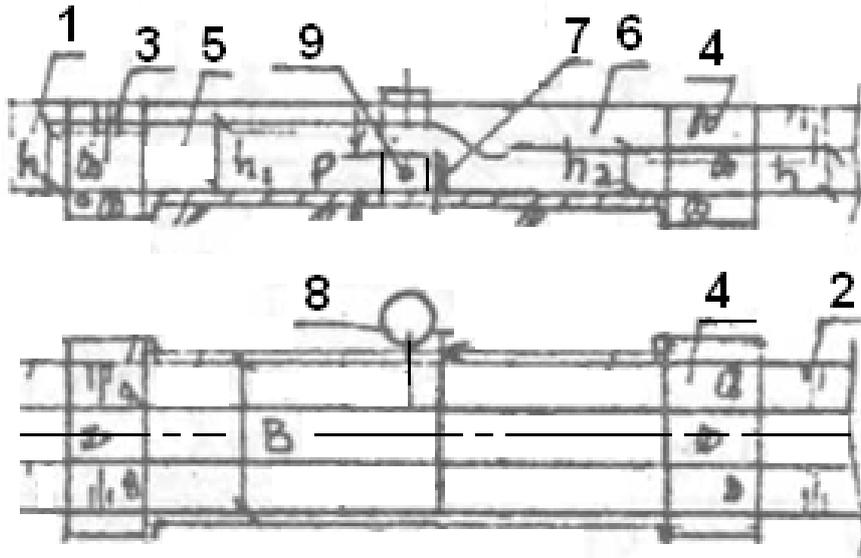


Рис.4. Лоток-водомер с водосливом треугольного профиля

1, 2 – подводящее и отводящее русло; 3, 4 - переходные участки;
 5, 6 – верхняя и нижняя части фиксированного русла; 7 – водослив;
 8 - колодец; 9 – труба

Вертикальная привязка порога водослива должна обеспечивать его неподтопление со стороны нижнего бьефа при пропуске максимального расхода, то есть $h_2 \leq p$, а длина крепления в нижнем бьефе должна быть достаточной для защиты основания сооружения от размыва при пропуске всего диапазона расходов воды.

Расчет пропускной способности сходящегося насадка (рис. 5) выполняют по формуле:

$$Q = m \cdot \omega_{\text{вых}} \cdot \sqrt{2gz} \quad (3)$$

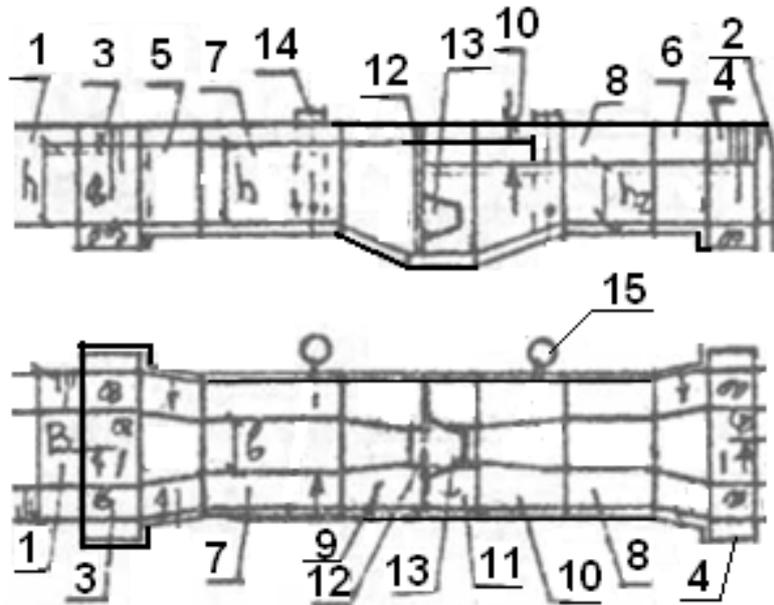
где Q - расчетный расход воды, проходящий через сооружение, м³/с;

m - коэффициент расхода насадка, зависит от его формы и угла схождения граней;

$\omega_{\text{вых}}$ - площадь выходного сечения насадка, м²;

g - ускорение силы тяжести, м/с²

z - перепад уровней верхнего и нижнего бьефов, м.



**Рис. 5. Водомерный сходящийся насадок САНИИРИ
в отдельной стенке**

- 1, 2 – подводящее и отводящее русло; 3-6, 9-11 – переходные участки;
7, 8 – входная и выходная части русла; 12 – диафрагма;
13 – насадок; 14, 15 – водомерные колодцы

При вертикальной привязке диафрагмы 12 с насадком 13 в водомерном сходящемся насадке САНИИРИ (см. рис. 5) необходимо, чтобы верх насадка со стороны верхнего бьефа был затоплен не менее чем на $(0,2-0,3)h_b$, а уровень нижнего бьефа был бы не менее чем на $0,05$ м выше верхней части насадка и $0,15-0,20$ м выше нижней части насадка. Эти требования и определяют вертикальную привязку дна участка 11.

Привязка уровня верхнего бьефа к уровню воды в подводящей части русла должна обеспечивать минимальное подтопление канала со стороны диафрагмы с насадком во всем диапазоне изменения расходов, то есть $h_1/h < (1,1-1,3)$.

Пропускную способность сужающего устройства конструкции УкрНИИГиМ (см. рис. 6) определяют по формуле (3), здесь коэффициент расхода сужающего устройства m зависит от формы поперечного сечения канала (лотка), в котором установлено сужающее устройство и от угла наклона β его выходной полки 4.

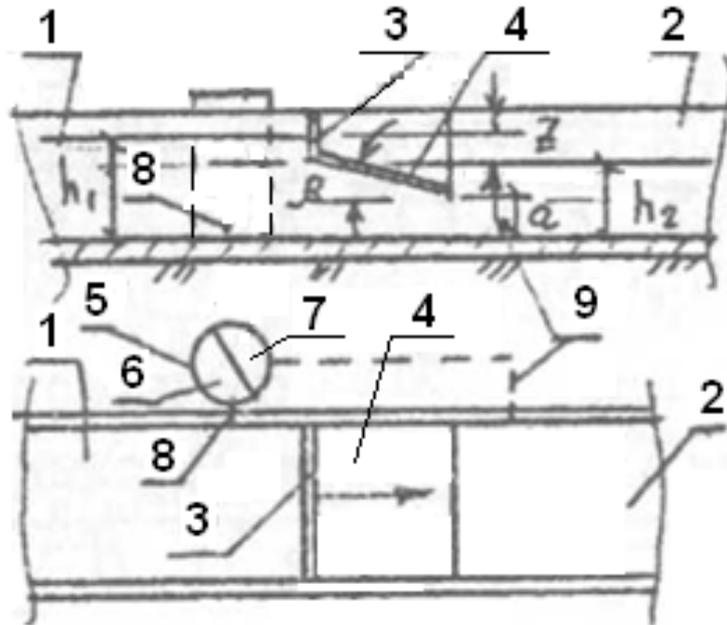


Рис. 6. Сужающееся устройство УкрНИИГиМ

- 1, 2 – подводящее и отводящее русла; 3 – диафрагма;
 4 – сужающая часть; 5 - водомерный колодец;
 6, 7 – части колодца, соединенные с бьефами; 8, 9 – трубы

Длина сужающего устройства определяется по формуле:

$$L = (A - a) \cdot \sin \beta, \quad (4)$$

где A - высота входной части сужающего устройства, м;

a - высота выходной части сужающего устройства, м;

β - угол наклона выходной полки к горизонту, град.

Вертикальная привязка гидротехнического сооружения с сужающим устройством конструкции УкрНИИГиМ должна обеспечивать обязательность затопления входной части со стороны верхнего бьефа на величину, не менее $(0,1-0,3)A$, истечение в нижний бьеф может быть как затопленным (с затоплением не менее 0,1-0,3 м), так и свободным. Подтопление верхнего бьефа должно ограничиваться 10-30 %.

Гидравлический расчет регуляторов, оборудованных водомерными приставками, выполняют по формуле:

$$Q = C \cdot \omega \cdot \sqrt{2gz_0}, \quad (5)$$

где Q - расход воды, м³/с;

C – коэффициент расхода водомера;

ω - площадь живого сечения приставки, м²;

G – ускорение силы тяжести, м/с²;

Z_g - водомерный перепад, м.

Принимая максимальные значения расхода Q_{\max} и Z_g определяют значение ω , затем, принимая стандартную ширину затвора b по ГОСТ, определяют величину a и все остальные параметры приставки по рекомендациям по расчету и проектированию указанных водомерных устройств.

При вертикальной привязке сооружения необходимо обеспечить затопление верха водомерной приставки со стороны верхнего бьефа. Расчет нижнего бьефа и его вертикальная привязка выполняются по известным формулам гидравлики в зависимости от вида истечения из-под затвора в нижний бьеф.

Пропускную способность регулятора с водомерным насадком САНИИРИ (см. рис. 5) определяют по формуле (5). Вертикальную привязку сооружения выполняют так, чтобы обеспечивалось затопление выходной части насадка со стороны нижнего бьефа и напорный режим течения в насадке.

Размещение датчиков приборов на водомерном сооружении может быть выполнено в нескольких вариантах: в отдельных колодцах (см. рис. 5), в совмещенном колодце непосредственно на водомерных приставках. Выбор варианта размещения датчиков производится по технико-экономическому расчету с учетом местных условий, в том числе и антропогенного фактора.

Проведенный анализ зависимостей, положенных в основу гидравлического расчета современных средств водоучета на открытых оросительных каналах Кыргызстана, позволяет отметить предпочтительность использования указанных устройств на каналах с уклонами меньше критических. Расчет сооружений на каналах с большими уклонами требует расчета высокоскоростных нестационарных потоков в открытых каналах. Это объясняется тем, что устройство на каналах-быстротоках водомерных устройств не должно вносить недопустимые возмущения в поток и приводить к ухудшению технологических характеристик водоучета, снижая надежность функционирования сооружения.

Вышесказанное подтвердило необходимость разработки новых усовершенствованных средств водоучета на каналах горно-предгорной зоны, имеющих уклоны больше критических.

Литература

1. Бочкарев Я.В. Эксплуатационная гидрометрия и автоматизация оросительных систем. – М.: Агропромиздат, 1987. – 175 с.
2. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. - 384 с.