

Новый метод и средство измерения расходов воды для открытых каналов гидромелиоративных систем

У.Р. Расулов, И. Ибрагимов

В связи с проводимыми реформами в области сельского и водного хозяйства, перед водохозяйственниками нашей Республики стоит колоссальная работа по организации и обеспечению коммерческого водоучета между многочисленными водопользователями и водохозяйственными организациями. Это означает оснащение всех точек водозабора отрасли, служащих для коммерческого взаиморасчета по воде между водопользователями и водохозяйственными организациями, метрологически аттестованными средствами водоучета - гидропостами, построенными и оснащенными в соответствии с требованиями нормативно-технических документов. Таких средств в отрасли практически нет. Основная причина – нерешенность до сих пор задачи надежного и достаточно точного измерения расходов и стоков воды открытых каналов гидромелиоративных систем (ГМС).

Как известно, для измерения расходов воды открытых каналов ГМС строят гидропосты, представляющие собой участок канала с водомерным сооружением того или иного типа. Основная функция водомерных сооружений при этом – переформирование существующей структуры потока воды так, чтобы максимально упростить процесс измерения и определения расходов воды.

Известны также методы измерения расходов воды при помощи щитовых водовыпусков. Их различают на теоретический и градуировочный методы.

При теоретическом методе измерения, расход воды определяют по гидравлическим формулам, с использованием справочных значений коэффициентов расхода.

При градуировочном методе измерения, расход воды определяют по градуировочной кривой щитового водовыпуска, которую составляют заранее индивидуально для каждого гидросооружения путем натурных измерений ряда значений расходов воды на гидропосту, организуемого выше или ниже по течению при различных значениях открытия щита и гидравлических параметрах потока воды. При этом используют гидропост типа «фиксированное русло» и расходы воды определяют методом «скорость – площадь», погрешность которого, как известно, достаточно большая.

Поэтому известные методы измерения расходов воды щитовыми водовыпусками считаются приближенными методами измерения расходов воды без точного определения погрешности измерения, следовательно, непригодными для использования при вододелении, тем более при коммерческом вододелении. По этой причине и нормативные документы не рекомендуют их для практического применения.

В данной работе делается новый подход к решению задачи измерения расходов воды для открытых водотоков. Он заключается в измерении расходов воды открытых водотоков щитовыми водовыпусками с обтекаемой формой нижней кромки щита в процессе забора воды с подводящего канала в отводящий. Для этого при организации водоучета предлагается использовать принцип унификации гидросооружений созданием ряда типоразмеров по максимальным расходам воды, а для коренного улучшения их метрологических характеристик использовать более точные методы и средства определения коэффициента расхода, а также более совершенный вариант конструкции щита.

Предлагаемый метод измерения расходов воды открытых водотоков при помощи щитового водовыпуска-водомера можно вкратце сформулировать следующим образом. Вычисление расходов воды через щитовой водовыпуск, путем определения площади поперечного сечения потока воды по открытию щита, скорости потока воды - по разнице уровней воды верхнего и нижнего бьефов, с учетом численного значения коэффициента расхода для каждого значения открытия щита, экспериментально установленного во всем рабочем диапазоне относительных открытий щита и гидравлических параметров потока воды для данного типоразмера щитового водовыпуска.

Как известно, расчетная формула расходов воды через щитовой водовыпуск при свободном и затопленном режимах истечения воды из-под щита имеет следующий вид:

$$Q = \mu a v \sqrt{2gZ_0} = \mu a v \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon a)} = \mu a v \sqrt{2g(H_0 - h_c)}, \quad (1)$$

где μ - коэффициент расхода,
 a - значение открытия щита,
 v - ширина щита,
 $Z_0 = (H_0 - \varepsilon a)$ - разность уровней воды верхнего и нижнего бьефов, с учетом скорости подхода воды верхнего бьефа к сооружению,
 H_0 - уровень (напор) воды верхнего бьефа с учетом скорости подхода,
 $h_c = \varepsilon a$ - значение сжатой глубины потока воды,
 ε - коэффициент вертикального сжатия потока воды.

Как видно из зависимости (1), в правой части ее имеются два неизвестных члена – коэффициент расхода μ и значение сжатой глубины потока воды h_c . Как известно, такое уравнение с двумя неизвестными не имеет своего решения.

Однако известно, что, если форму нижней кромки щита выполнить обтекаемой (например, в виде четверти круга), то, во-первых, значение сжатой глубины h_c потока воды, практически будет равно значению открытия щита a (то-есть, оно из неизвестного члена уравнения превратится в известный), во-вторых, коэффициент расхода μ тоже превратится из неизвестного в известный коэффициент. Кроме того, при этом значение μ будет более стабильным. Тогда с учетом выше изложенных соображений, уравнение (1) можно переписать для обоих режимов истечения в следующем виде:

$$Q = \mu a v \sqrt{2gZ_0} = \mu a v \sqrt{2g(H_0 - h)}, \quad (2)$$

где h - уровень воды нижнего бьефа, который при затопленном режиме истечения равен текущему значению уровня, а при свободном режиме истечения – значению открытия щита a .

Однако необходимо иметь в виду, что численное значение коэффициента расхода μ в зависимости (2) хотя известно и относительно стабильно, но в то же время оно достаточно переменное и может привести к недопустимо большим для практики погрешностям измерения расходов. Особенно это касается крайних участков диапазона изменения расходов, следовательно, и диапазона изменений открытий щита и других гидравлических параметров потока воды.

Вообще, и, в данном случае в частности, о коэффициенте расхода μ можно сказать следующее.

Его значение не постоянное, зависящее от значения открытия, следовательно, и от относительного открытия щита. В то же время можно определенно и однозначно сказать, что он не может меняться случайно и скачкообразно. Характер зависимости его от изменения параметров потока воды не линейная, а – кривая. Но эта кривая, по идее, не должна иметь большую кривизну, особенно, в средней части диапазона изменения параметров. Однако на крайних участках характеристики может привести к недопустимо большим для практики погрешностям измерения расходов воды.

Поэтому с целью повышения точности измерения предлагается экспериментально устанавливать его численные значения для каждого значения открытия щита, во всем рабочем диапазоне изменения относительных открытий щита и гидравлических параметров потока воды для каждого типоразмера щитового водовыпуска-водомера, что позволит определить при необходимости, и границы участка работы щитового водовыпуска-водомера с допустимой погрешностью.

Кроме того, в данном случае, появляется возможность в качестве образцового средства измерения расходов воды через щитовой водовыпуск, использовать более точные, в том числе, и современные средства измерения расходов воды. Для простоты, можно пользоваться водосливами с тонкой стенкой, точность измерения которых, как известно, в несколько раз выше по сравнению с точностью гидропостов, типа «фиксированное русло».

Каждый типоразмер конструкции щитового водовыпуска-водомера (в дальнейшем – **шлюза-водомера**), определяется расчетным путем, по максимальному значению регулируемых и измеряемых расходов воды, пользуясь зависимостью (2).

По максимальным значениям расходов воды выбирается и типоразмер водослива с тонкой стенкой. В данном случае в качестве водосливов с тонкой стенкой могут служить прямоугольные, трапецеидальные и т.п. водосливы.

Экспериментальное установление численных значений коэффициента расхода выбранного типоразмера шлюза-водомера, для каждого значения открытия щита во всем рабочем диапазоне относительных открытий щита и гидравлических параметров потока воды для данного типоразмера шлюза-водомера осуществляют следующим образом.

Для водоотводов с небольшими расходами воды (например, для водоотводов с расходами воды до $1 \text{ м}^3/\text{сек}$) разрабатывается конструкция опалубки-шаблона для выбранного типоразмера шлюза-водомера, и она изготавливается с максимальной выдержкой его основных геометрических параметров. Конструкция опалубки-шаблона должна быть такой, чтобы при его помощи можно было многократно отлить бетоном шлюз-водомер выбранного типоразмера с возможностью установки в него металлической рамы для щита данного типоразмера.

При помощи изготовленного опалубки-шаблона строится (отливается) шлюз-водомер на выбранном месте участка открытого водотока, и он оснащается соответствующими средствами определения открытий щита и гидравлических параметров потока воды через щит (линейкой для измерения значений открытий щита, рейками для измерения уровней воды верхнего и нижнего бьефов).

Для водоотводов со средними и большими расходами воды (например, с расходами воды более $1 \text{ м}^3/\text{сек}$), выбирается типоразмер будущего шлюза-водомера по максимальным расчетным расходам воды, пользуясь зависимостью (2). Он проектируется и строится по общеизвестной методике проектирования и технологии строительства подобных гидросооружений на выбранном участке водотока. При

строительстве необходимо будет максимально выдержать его основные расчетные геометрические параметры, так как в данном случае строящийся шлюз-водомер должен выполнять не только функцию пропуска и регулирования, но одновременно функцию и измерения проходящих через него расходов воды.

Для возможности проведения экспериментов по определению коэффициента расхода выбранного типоразмера шлюза-водомера, устанавливается соответствующим образом (соблюдая основные требования, предъявляемые к установке их) выбранный типоразмер водослива с тонкой стенкой на расчетный расход.

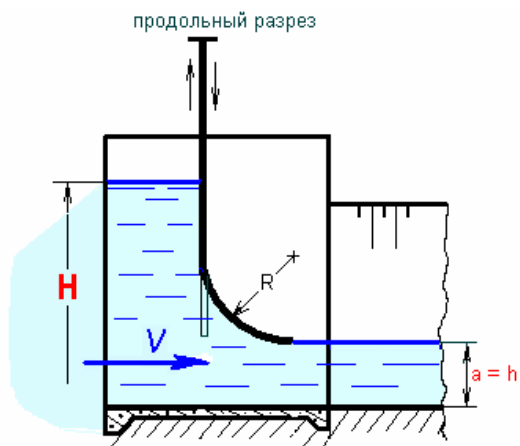
Следует отметить, что подобные мероприятия по экспериментальному установлению численных значений коэффициента расхода шлюза-водомера на малые расходы воды, целесообразно организовать в стационарных, например, в лабораторных условиях.

После этого приступают к самим экспериментам, которые проводят по общеизвестной методике.

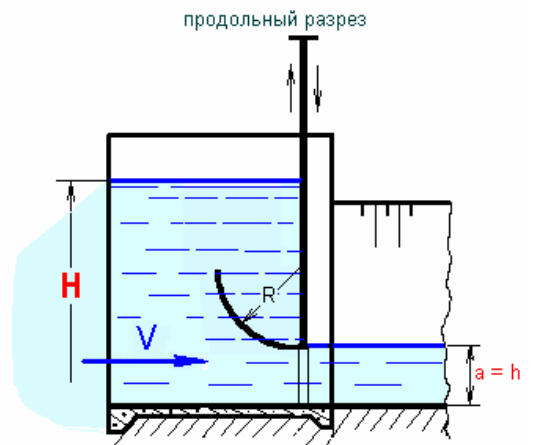
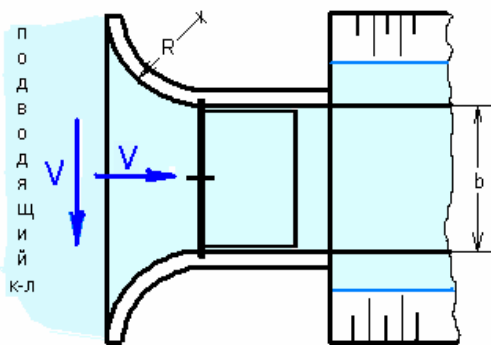
Внедрение предлагаемого метода и средства измерения расходов воды открытых водотоков ГМС позволят значительно экономить материальные ресурсы, а также сокращать площади, отводимые для строительства и организации гидростов, так как отпадает необходимость в строительстве отдельного гидростова для измерения расходов воды. Кроме того, при этом узлы водоотводов (например, водоотводов на поля фермерских хозяйств) будут компактными и не мешающими фермерам, сельскохозяйственной технике и транспорту, а сами сооружения – унифицированными - технологичными в изготовлении, строительстве, установке и эксплуатации, что упрощает их строительство, эксплуатацию и метрологическое обеспечение.

В настоящее время, изготовлены два варианта одного типоразмера опалубки-шаблона шлюза-водомера, на расход воды до 100 л/сек, при помощи которых построены на конкретных объектах несколько штук шлюза-водомера, которые проходят испытания в производственных условиях.

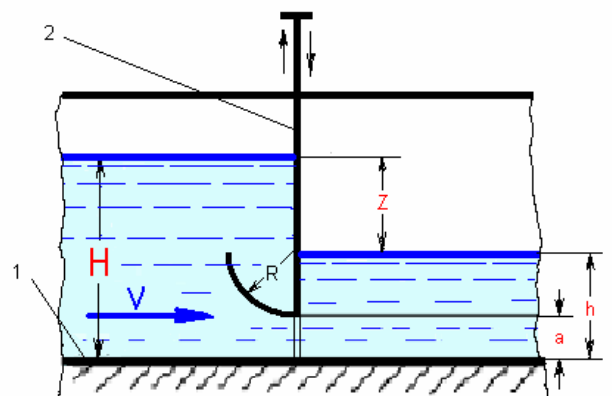
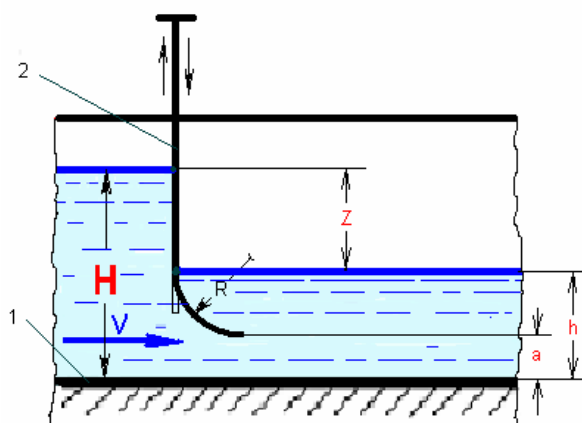
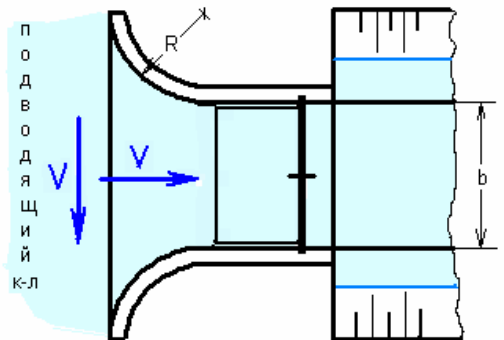
На представленных рисунках приведены конструкции обоих вариантов шлюза-водомера и схемы их работы при свободном и затопленном режимах истечения воды из под щита.



п л а н

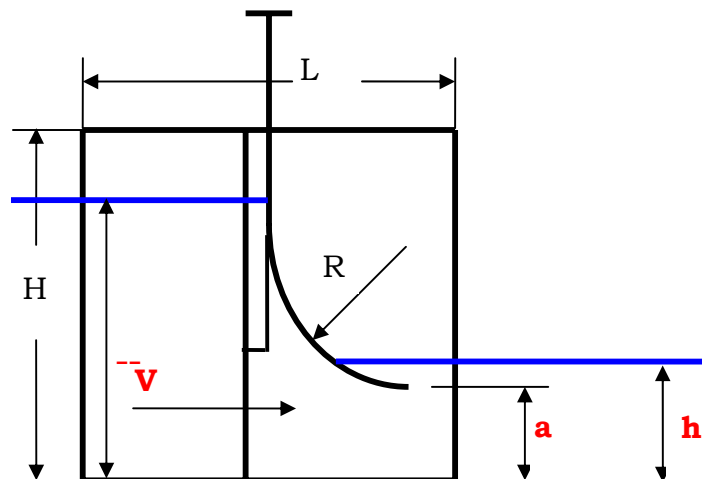


п л а н

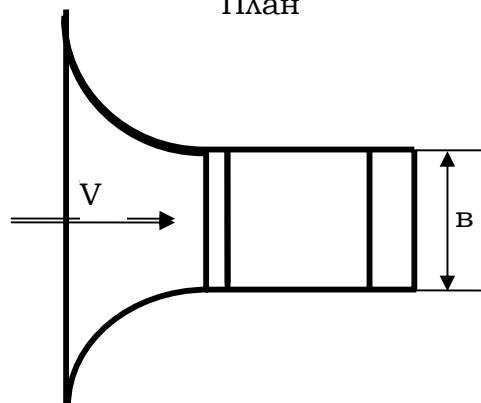


Щитовой водовыпуск-водомер

Продольный разрез



План



$$Q = \mu \omega \sqrt{29Z} = \mu a B \sqrt{29(H-h)}$$