

ном для каждой конструкции) отводимые расходы воды остаются практически постоянными $Q \approx const$.

Использование этого свойства представляется возможным для целей водоучета стабилизаторами расходов воды на оросительных системах.

Проследим инвариантность стабилизаторов расхода воды на ряде примеров.

Запишем формулу истечения через стабилизатор для одной из наиболее перспективных на сегодня конструкций – кольцевого стабилизатора расхода воды:

$$Q = \mu b a \sqrt{2g(H - \varepsilon a)} = Cab. \quad (1)$$

Основываясь на принципе стабилизации водоподачи этими конструкциями [2], можем записать:

$$\mu \sqrt{2g(H - \varepsilon a)} = \frac{Q}{ab} = const. \quad (2)$$

Для кольцевого стабилизатора расхода воды (рис.1) примем:

$$\mu_1 \sqrt{2g(H - \varepsilon a)} = C_1; \quad (3)$$

$$\frac{Q}{ab} = C_2. \quad (4)$$

На основе экспериментальных исследований действующей модели кольцевого стабилизатора были получены водомерные характеристики (табл.1).

Таблица 1
Водомерные характеристики

$a, \text{ мм}$	0,006	0,0115	0,0153	0,0191	0,0235
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,0015	0,0029	0,004	0,0051	0,0063
$C_1, \text{ м/с}$	1,721	1,734	1,730	1,758	1,776
$C_2, \text{ м/с}$	1,689	1,698	1,725	1,740	1,787

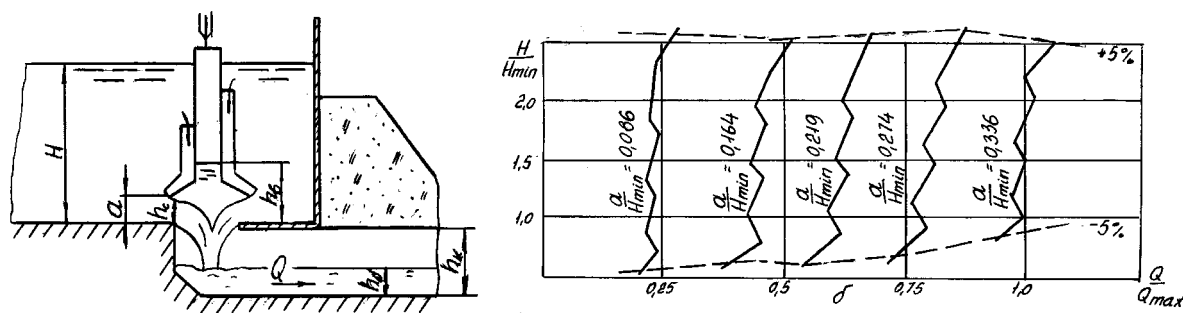


Рис. 1.
Схема кольцевого стабилизатора расхода воды и его расходная характеристика

По результатам табл.1 водомерная константа с учетом допустимой точности ($\pm 5\%$) была принята равной $C = 1,74 \text{ м/с}$.

В рассмотренном случае отводимый расход при нормальном режиме работы выбранной конструкции рассчитывается по формуле

$$Q = Cab = 1,74 \cdot b \cdot a. \quad (5)$$

Зависимость (5) подтверждает предположение об инвариантности стабилизаторов расхода воды.

Расходная характеристика кольцевых стабилизаторов расхода воды (рис. 2) позволяет утверждать о постоянстве отводимого расхода воды с точностью $\pm 5\%$ при напорах перед стабилизатором $H_{\max}/H_{\min} \leq 2,6...2,75$.

Таким образом, водомерную константу для кольцевого стабилизатора можно рассчитать по зависимости

$$C = \mu \sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})}, \quad (6)$$

где $a_{\max}$ – максимальное открытие стабилизатора.

Входящие в формулу (6) значения μ , $H_{\min}$, ε , $a_{\max}$ задаются на стадии проектирования стабилизатора в соответствии с методикой инженерного расчета.

Зная водомерную константу C для конкретного кольцевого стабилизатора, легко установить отводимый расход по формуле:

$$Q = C \pi D a, \quad (7)$$

где D – диаметр кольцевого стабилизатора по кромке истечения.

Рассмотрим зависимости $Q = f(H)$ у некоторых других конструкций стабилизаторов расходов воды.

Одним из первых был стабилизатор, именуемый затвором-автоматом с двойными наклонными стенками типа РД, разработан институтом “Средазгипроводхлопок” (рис. 2) [5].

Этот стабилизатор состоит из неподвижного порога-водослива и перемещающегося в вертикальной плоскости затвора с наклонными козырьками.

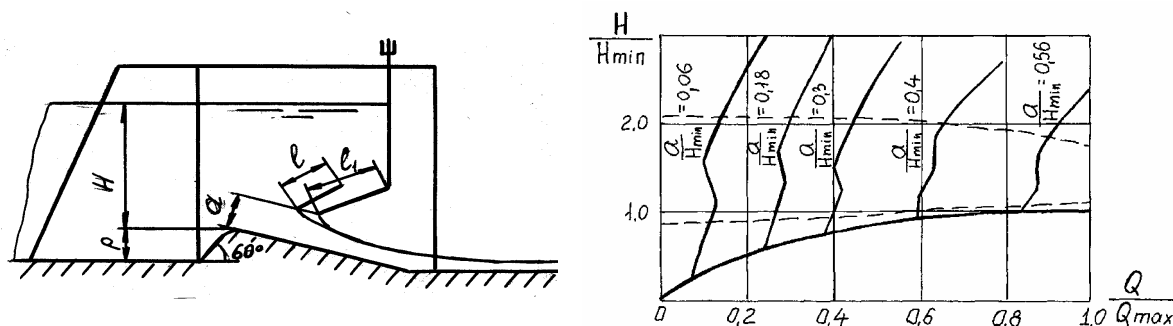


Рис. 2

Автомат с двойными наклонными стенками

Стабилизация водоподачи обеспечивается за счет возрастания гидравлических сопротивлений и потерь напора при повышении уровня воды верхнего бьефа путем создания компактной обратной струи между двойными стенками, направленной навстречу основному потоку, вытекающему из-под затвора. В диапазоне колебаний напоров $H_{\max}/H_{\min} \leq 2,0$ обеспечивается стабильная ($\pm 5\%$) водоподача конструкцией в отводящий канал. Расход истечения определяется по известной формуле истечения из-под затвора:

$$Q = ab\mu \sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = ab \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 9,81((1 - 0,8 \cdot 0,1) - 0,7 \cdot 0,1)} = 2,4ab. \quad (8)$$

Входящая в (8) величина $C = 2,4 \text{ м/с}$ является водомерной константой стабилизатора.

Рассмотрим еще один стабилизатор расхода воды, который называется “ступенчатый секционный коробчатый щит” (ССКЩ) (рис.3) [3].

В основе функционирования ССКЩ лежит также принцип обеспечения постоянства отводимого расхода за счет изменения μ подщитового отверстия обратно пропорционально $\sqrt{H}$. Расходная характеристика ССКЩ приведена на рис.4.

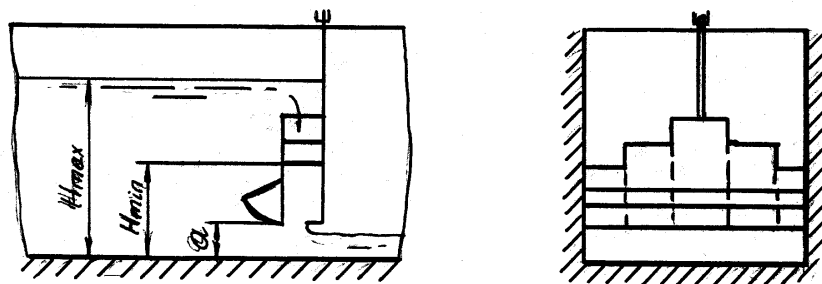


Рис.3
Ступенчатый секционный коробчатый щит

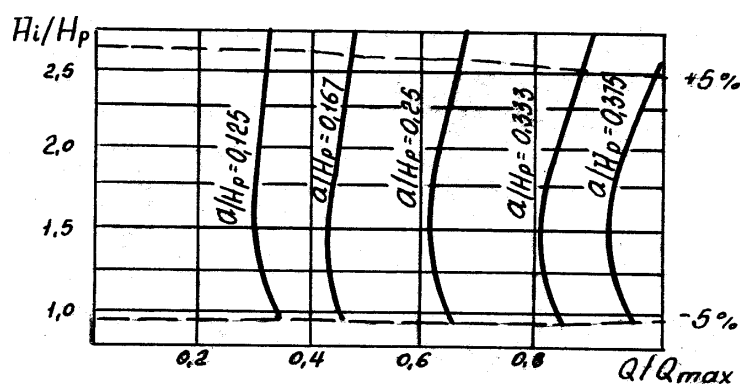


Рис.4
Расходная характеристика ССКЩ

Рассматриваемая конструкция позволяет обеспечить довольно значительный диапазон колебаний напоров перед стабилизатором, при котором обеспечивается постоянство отводимого расхода воды. Стабилизация водоподачи обеспечивается, если $H_{\max}/H_{\min} \leq 2,6$.

Коэффициент расхода стабилизатора $\mu = 0,7 \dots 0,73$, коэффициент сжатия потока $\varepsilon = 0,9 \dots 0,95$, максимальное открытие $a_{\max} = 0,38H_p$ ($H_p = H_{\min}$).

Рассчитаем водомерную константу:

$$C = \mu \sqrt{2g(H_p - \varepsilon a_{\max})} = 0,7 \sqrt{2 \cdot 9,81(0,5 - 0,95 \cdot 0,38 \cdot 0,5)} = 1,75 \text{ м/с}. \quad (9)$$

Расход истечения можно записать

$$Q = Cab = 1,75ab. \quad (10)$$

Таким образом, учет воды стабилизатором расхода ССКЩ, имеющим определенную ширину b , может обеспечиваться согласно формуле (10) в зависимости от величины открытия стабилизатора a .

Один из наименее металлоемких стабилизаторов расхода воды – “коробчатый моноблок” (КМ) с гидродействующей системой управления (рис.5) [1].

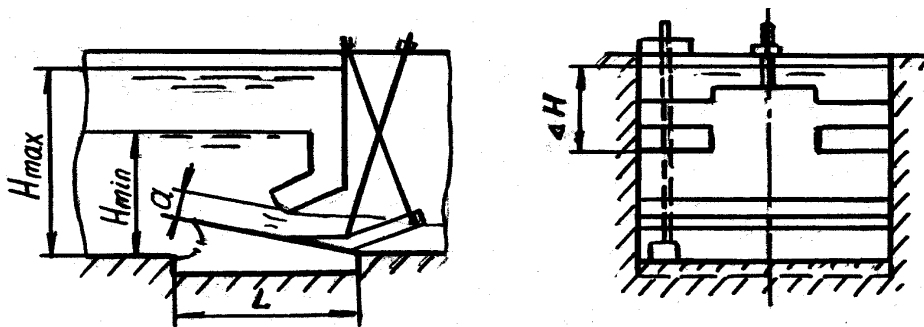


Рис.5

КМ с гидродействующей системой управления

Соотношение напоров перед стабилизатором, при котором обеспечивается стабильная водоподача, у данной конструкции составляет $H_{\max}/H_{\min} \leq 1,8$.

Минимальный напор, при котором обеспечивается стабилизация водопдачи, назначается $H_{\min} = 1,0$ м. Максимальное открытие стабилизатора $a_{\max} = 0,35H_{\min}$. Коэффициент расхода стабилизатора $\mu = 0,56 \dots 0,66$, коэффициент сжатия потока $\varepsilon = 0,61 \dots 0,67$.

Механизм функционирования стабилизатора основан на принципе стабилизации расхода отвода за счет изменения коэффициента расхода μ в функции $\sqrt{H}$.

Расчет отводимого расхода осуществляется по зависимости (1).

Водомерная константа стабилизатора определяется следующим образом:

$$C = \mu \sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = 0,56 \sqrt{2 \cdot 9,81(1 - 0,67 \cdot 0,35)} = 2,1 \text{ м/с}. \quad (11)$$

С учетом (11) расход истечения

$$Q = Cab = 2,1ab. \quad (12)$$

Расходные характеристики стабилизатора приведены на рис. 6.

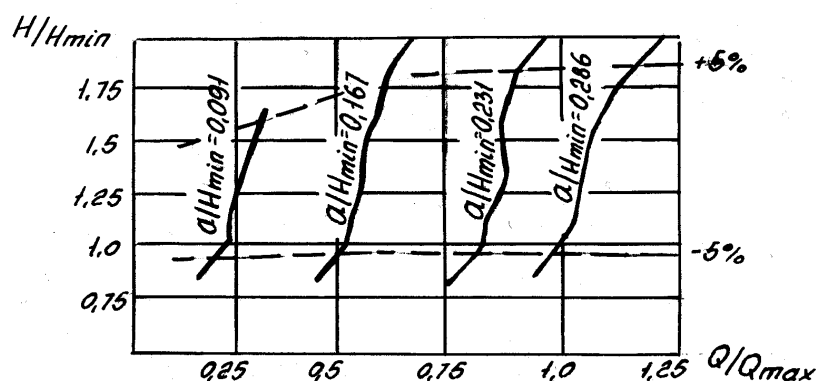


Рис.6

Зависимости $Q/Q_{\max} = f(H/H_{\min})$ стабилизатора КМ

Еще один стабилизатор расхода воды, работающий на принципе стабилизации расхода отвода за счет $\mu = f(\sqrt{H})$, называется моноблочный коробчатый стабилизатор расхода (МКСР) (рис. 7) [4].

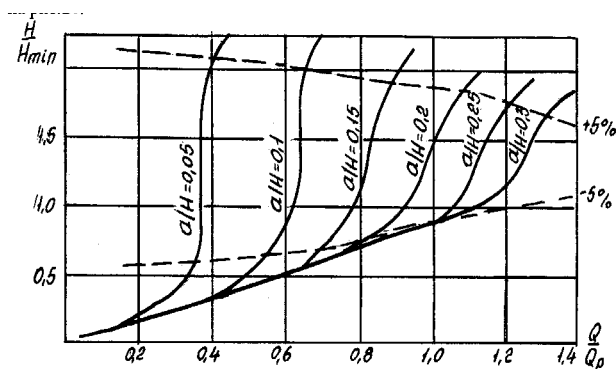
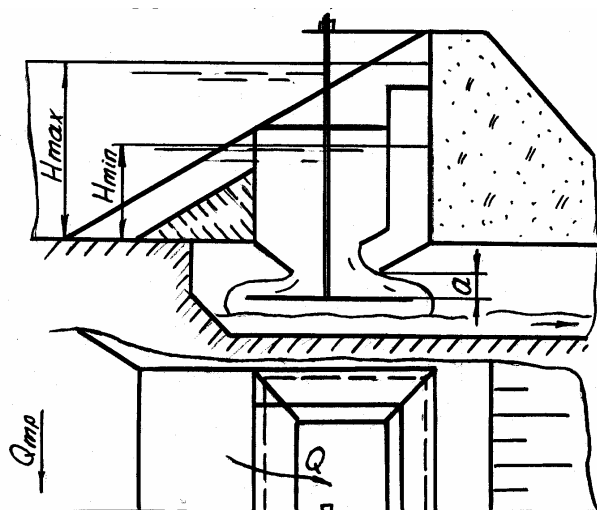


Рис. 7

Стабилизатор расхода воды МКСП и его расходная характеристика

Минимальное наполнение перед стабилизатором $H_{\min} = 1$ м. Максимальное открытие стабилизатора $a_{\max} = 0,25H_{\min}$, коэффициент расхода $\mu = 0,42 \dots 0,6$, коэффициент сжатия потока $\varepsilon = 0,6 \dots 0,7$.

Расход истечения из-под МКСП

$$Q = a\Pi\mu\sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = C\Pi a, \quad (13)$$

где Π - периметр истечения (величина постоянная для конкретного стабилизатора).

Водомерная константа

$$C = \mu\sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = 0,42\sqrt{2 \cdot 9,81(1 - 0,6 \cdot 0,25)} = 1,71 \text{ м/с}. \quad (14)$$

С учетом (14) расход истечения

$$Q = 1,71\Pi a. \quad (15)$$

На рис. 7 наглядно видно, что в диапазоне колебаний напоров от 1 м до 1,8 м стабилизаторы являются водомерами с расходом истечения, определяемым по зависимости (15).

Результаты анализа водомерных характеристик стабилизаторов расхода воды позволяют рекомендовать стабилизаторы в качестве средств водоучета на оросительных системах. При этом в каждом конкретном случае необходимо на стадии проектирования системы водораспределения в зависимости от принимаемых типов стабилизаторов проводить расчет водомерных констант по аналогии с проведенным в настоящей работе.

Литература

1. Бекбоева Р.С. Гидравлические исследования и расчет стабилизаторов расхода воды типа “коробчатый моноблок” с донным гидродействующим приводом управления // Автоматизация оросительных систем на базе ресурсо- и энергосберегающих технологий: Сб. науч. тр. / Кырг. с.-х. ин-т, 1995. – С.166–176.
2. Бочкарев Я.В., Атаманова О.В. Локальные системы стабилизации водоподачи на оросительных системах: Учеб. пособие. –Бишкек: КАА, 1997. –76 с.

3. Рохман А.И. Гидравлические исследования и разработка затворов-автоматов для горных водозаборных узлов на малых реках: Дисс. ...канд. техн. наук. –М., 1983. – 201 с.
4. Фролова Г.П. Гидравлические параметры и расчет моноблочных коробчатых стабилизаторов расхода воды: Дисс. ...канд. техн. наук. – Бишкек, 1998. –161 с.
5. Хамадов И.Б., Гартунг А.А. Автоматические затворы с постоянным расходом воды для водовыпусков оросительных каналов // Гидротехника и мелиорация. –М., 1966. – №8. – С.14–20.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ТРУБКА - НОВОЕ СРЕДСТВО ВОДОУЧЕТА

У.Р. Расулов

САНИИРИ им. В.Д. Журина

Как известно, единственным и самым распространенным на практике средством измерения скорости воды является гидрометрическая вертушка (ГМВ).

Несмотря на широкую распространенность, ГМВ присущ ряд существенных недостатков, к которым можно отнести: неоперативность информации; индивидуальность градуировочной характеристики, составление которой и дальнейшие периодические поверки требуют наличия дорогостоящего специального стенда; неприменимость ее без полной разборки, чистки, сборки и смазки после каждого использования, и т.п.

Основной причиной отмеченных недостатков ГМВ является наличие в ее конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, не защищенных от вредных воздействий воды.

Следует отметить, что, в свое время, были сделаны попытки совершенствования работы ГМВ - разработаны электронные средства обработки сигналов лопастей и представления информации в готовом виде с целью создания удобства при пользовании ею. Однако эти совершенствования касались только обработки сигналов, сформированных ГМВ, а не формирования самих сигналов о скорости воды, поэтому они не нашли широкого практического применения.

Из зарубежных нам известна ГМВ усовершенствованной конструкции в комплекте с электронным блоком обработки сигнала. Отличительным преимуществом этой ГМВ является изоляция (защита) узла подшипников от воды и ее воздействий, которая позволила резко уменьшить трудоемкость эксплуатации. Однако ее стоимость достаточно высокая (около 2000 долл. США). Кроме того, энергоемкость ее электронного блока большая.

В данной работе приводятся основные результаты работ по разработке, изготовлению и экспериментальным исследованиям усовершенствованной гидрометрической трубки (ГМТ), работа которой основана, как и работа традиционных трубок Пито на определении скорости воды по разности динамического и статического давлений (уровней) воды в измерительных трубках, опускаемой в контролируемую точку потока воды, и обусловленной скоростью воды.

Основные разновидности трубок Пито, принципы и особенности их работы достаточно подробно описаны в [1] (рис. 1-3). Поэтому несколько подробнее остановимся только на основных недостатках известных разновидностей традиционных трубок Пито, ограничивающих их широкое практическое применение [2, 4, 5, 6].

Как отмечено и в [1], основными недостатками известных трубок Пито являются следующие:

- недопустимо большая погрешность измерения, особенно при малых скоростях, обусловленная малой чувствительностью, а также из-за невозможности снятия достаточно точных отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках ввиду непрерывных и достаточно интенсивных пульсационных колебаний их в процессе работы;
- относительно большие габариты - длины измерительных трубок, превышающие глубину погружения ГМТ в контролируемую точку потока и вследствие этого, зависимость их от глубины нахождения контролируемой точки, что неудобно при пользовании ими;
- необходимость в вакуумном насосе для поднятия уровней воды в обеих измерительных трубках по высоте, до которых ограничивают возможности их широкого практического применения.