

*Мамбетов Э.М.*

**«СУУ КУЙМА-КЫСКА ТҮТҮК» ТҮРҮНДӨГҮ СУУ ӨЛЧӨГҮЧТҮН  
ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫК КӨРСӨТКҮЧТӨРҮ**

*Мамбетов Э.М.*

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОМЕРА ТИПА ВОДОСЛИВ-  
НАСАДОК»**

*E.M. Mambetov*

**«EXPLOITATION INDICES OF «WEIR-NOZZLE» TYPE WATER METER**

УДК: 626.823.6 (045/046)

*Макалa ички чарба каналдардагы суу өлчөгүч курулмаларды жабдуу суроолоруна арналган. Бул максатты ишке ашыруу үчүн «Беттелген нук» жана «Тик кырлуу (дубалы жука) суу куйма» белгилүү бир суу өлчөгүчтөрдүн ордуна суунун эркин агымында да, ошондой эле суу баскан (чөмүлгөн) агымында да иштей турган «Суу куйма-кыска түтүк» деген жаңы курулма сунушталат.*

**Негизги сөздөр:** *ички чарба каналдары, сууну эсепке алуу, чыгым, суу өлчөгүч, тереңдик, ылдамдык, түздүк аймактардагы жана тоо этектердеги зоналары, горизонталдар.*

*Статья посвящена вопросу оснащения внутрихозяйственных каналов водоизмерительными сооружениями. Для этой цели, вместо известных водомеров типов «Фиксированное русло» и «Водослив с тонкой стенкой», рекомендуется новое сооружение типа «Водослив-насадок», работающее как при свободном, так и подтопленном режиме истечения.*

**Ключевые слова:** *внутрихозяйственные каналы, водоучет, расход, водомер, глубина, скорость, предгорная и равнинная зоны, горизонталы.*

*The article focuses on equipping farm canal water metering facilities. For this purpose, instead of the known types of water meters "Fixed channel" and "thin-walled weir," the construction of a new type of "weir-nozzle", working both in the free and flooding conditions of outflow.*

**Key words:** *farm canals, water accounting, consumption, water meter, depth, speed, foothill and lowland areas, horizontals.*

Территория Чуйской долины Кыргызской Республики покрыта густой сетью внутрихозяйственных каналов (их протяженность составляет более 5330км), преобладающее большинство которых (3719 км) построено в земляном русле. При этом трассы таких каналов проходят:

- в равнинной зоне – вдоль и поперек горизонталей;
- в предгорной зоне – в основном вдоль горизонталей.

Как показали исследования [1], внутрихозяйственные каналы в земляном русле в указанных зонах,

как правило, быстро заиливаются наносами (илом, песком, мелкими фракциями донных наносов) и интенсивно зарастают растительностью (разными травами, камышом), благодаря этим построенные на них водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водослив с тонкой стенкой» быстро (в течение 1-2 года) выходят из строя [2]. Из-за этого учет воды на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом ведется в основном «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования.

То, что широко применяемые в Киргизии дорогостоящие водомеры типа «Фиксированное русло» [3] зря строятся на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом можно показать на следующем примере.

Для учета воды на канале КРВХ-2 распределителя Р-24 системы ЗБЧК был построен водомер типа «Фиксированное русло» со следующими параметрами: ширина по дну 0,7м; откосы полуторные, уклон 0,003; облицован бетоном.

Чтобы проверить на этом примере влияние только изменяющейся шероховатости канала в процессе его эксплуатации проведен гидравлический расчет пропускной способности гидростата при следующих значениях коэффициента шероховатости [4].

- $n=0,015$  – поверхность ложа гидростата бетонная, хорошо отделанная;
- $n=0,023$  – земляные каналы, находящиеся в условиях содержания и ремонта выше средних;
- $n=0,040$  – каналы в исключительно плохих условиях (заросли камыши, густые корни и т.д.).

Данные гидравлического расчета приведены на рис. 1 в виде графиков зависимостей  $v = f(H)$  и  $Q = f(H)$ , которые свидетельствуют о том, что с увеличением коэффициента шероховатости отводящего (от гидростата) канала уменьшаются не только скорости течения воды (графики на рис. 1а) на водомерном сооружении, но и его пропускная способность (графики на рис. 1б).

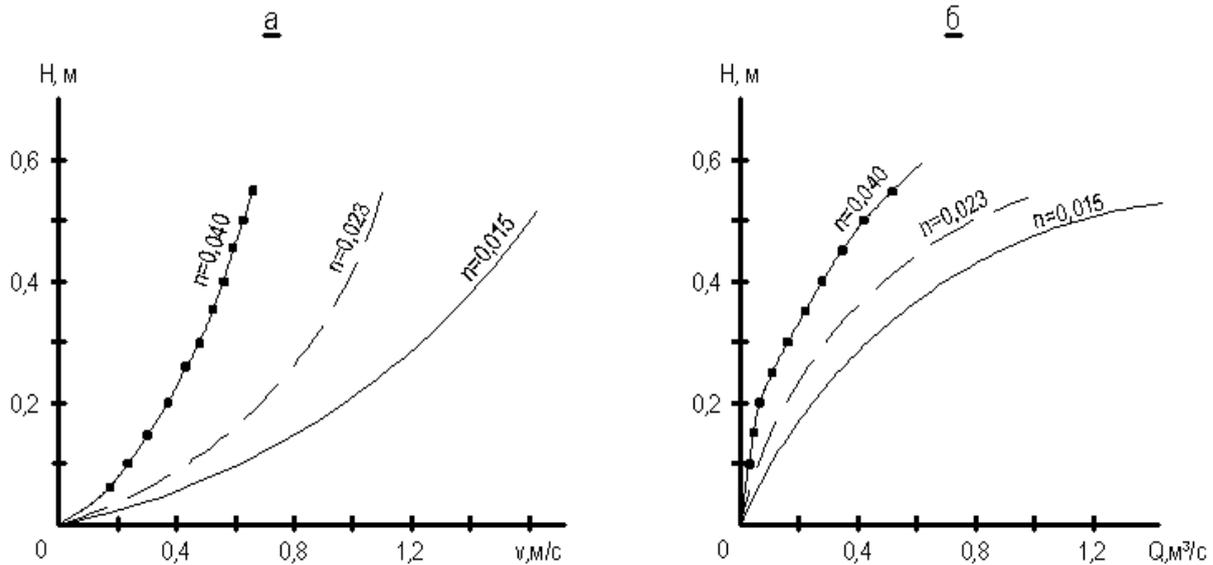


Рис. 1. Графики зависимостей  $v = f(H)$  и  $Q = f(H)$  гидропоста на канале КРВХ-2 Р-24 системы ЗБЧК

И, наоборот, при одних и тех же расходах воды увеличение коэффициента шероховатости отводящего в земляном русле канала приводит к увеличению глубины воды на гидропосту (таблица 1).

Увеличение глубины воды в отводящем канале (по сравнению с глубиной потока на гидропосту) отрицательно сказывается на работе сооружения – равномерный режим истечения нарушается и переходит в подтопленный и, как следствие этого, перестают использовать гидропост в качестве средства для измерения расходов воды, что и произошло рассмотренным водомером.

Таблица 1 - Изменение глубины воды под влиянием шероховатости отводящего в земляном русле канала

Расходы воды, м³/с	Глубины воды при равномерном режиме течения, м			Отношение Глубин	
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	$\frac{H_2}{H_1}$	$\frac{H_3}{H_1}$
	при шероховатостях сооружения и канала				
	n=0,015	n=0,023	n=0,040		
0,2	0,19	0,25	0,33	1,32	1,74
0,3	0,25	0,31	0,40	1,24	1,60
0,4	0,29	0,36	0,47	1,24	1,62
0,5	0,33	0,41	0,53	1,24	1,61
0,6	0,36	0,44	0,58	1,22	1,61

Трудности применения водомеров на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом усугубляется еще и тем, что в виду малой скорости течения воды эти водотоки заливаются наносами, с одной стороны, увеличивая шероховатости самих каналов и, с другой, уменьшая их пропускную способность. При этом очистка самих сооружений от наносов и растительности не дает желаемого эффекта, так как в этом случае сохраняется подпор, возникаемый за

счет заиление и зарастание отводящих в земляном русле каналов.

По указанным выше причинам фактически все дорогостоящие водомеры типа «Фиксированное русло», построенные в Чуйской долине на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом в выше отмеченных зонах, простаивают без пользы. Выходят из строя и водомеры типа «Водослив с тонкой стенкой», правда, через 1,5-2 годичной эксплуатации.

Возникает закономерный вопрос – можно ли вообще вести учет воды во внутрихозяйственных каналах с земляным руслом?

Ответ должен быть только положительным, ибо в основном именно через эти каналы вода подается тысячи – и тысячи водопользователям – дехканам на полив их сельхозкультур, за доставку которой они расплачиваются деньгами. Иначе говоря, вода стала товаром.

В целях решения указанной задачи были проанализованы все существующие водомерные сооружения и, на основе этого анализа, были уточнены требования, предъявляемые к водомерам с земляным руслом. Эти требования заключаются в следующем:

- водомеры должны работать в подпорном режиме истечения;
- у сооружений должны быть условия для их градуировки, к которым, в первую очередь, относятся параллельноструйное течение воды по водотоку;
- учет воды должен вестись при прохождении по сооружениям как малых, так и больших расходов воды;
- промыв наносов из верхнего бьефа сооружений должен осуществляться самим потоком, причем непрерывно;
- при усовершенствовании конструкций водомеров должно быть обращено особое внимание на водосливы с тонкой стенкой, ибо они считаются более точными средствами измерения расходов воды (погрешность измерения не превышает ±2%);

предлагается использовать их в качестве образцовых средств при проверке погрешностей измерения других водомеров [5]; они стандартизованы [6], поэтому могут применяться без индивидуальной градуировки; пропускная их способность определяется по приведенным в [6] формулам.

Этим требованиям, на наш взгляд, может отвечать только комбинированное водомерное сооружение, в составе которого будет водослив, измеряющий расходы воды при свободном режиме истечения и второй водомер, измеряющий расходы воды при подтопленном режиме истечения. Такое решение, видимо, положительно скажется не только на метрологические характеристики сооружений, но и экономические их показатели.

Поставленная задача решилась разработкой (автором статьи совместно с С.С.Сатаркуловым и А.Ж.Батыковой) приведенного на рис.2 комбинированного водомерного сооружения, в составе которого имеются и водослив с тонкой стенкой, и водомер типа «Прямоугольный насадок». Иначе говоря, в составе сооружения имеются два средства измерения расходов воды, а именно:

- водослив с тонкой стенкой используется при свободном режиме истечения, то есть до появления подпора с нижнего бьефа;

- прямоугольный насадок включается в работу с момента появления подпора.

Благодаря изложенным, сооружение на рис. 2 именуется как комбинированный водомер или водомер типа «Водослив-насадок».

Разработанное сооружение содержит прямолинейный в плане измерительный участок 1 на канале с прямолинейным продольным профилем его дна 2, регулируемый вертикальный щит 3, полностью перекрывающий канал и состоящий из верхней и нижней частей, в верхней части которого имеется водослив 4 прямоугольного сечения, а нижняя часть выполнена в виде горизонтальной полки 5, в верхнем и нижнем бьефах участка 1 установлены равномерные колодцы 6 и 7, имеющие соответственно равномерные рейки 8 и 9 для определения действующих напоров  $H$ ,  $Z$  и по ним – расход воды, в верхнем бьефе равномерный колодец 6 соединен с каналом трубой 10, а в нижнем бьефе между равномерным колодцем 7 и каналом имеется щель 11. При поднятии вертикального щита 3 между дном 2 и горизонтальной полкой 5 образуется водопропускное отверстие 12 для пропуска воды. Для поднятия и опускания щита 3 предусмотрено подъемное устройство с винтовым подъемником 13.

Равномерные колодцы 6 и 7, в которых размещены равномерные рейки 8 и 9, предназначены для стабилизации уровней воды.

Прямоугольный водослив 4 выполняется в соответствии с требованиями нормативного документа МВИ 12-10[6].

Регулируемый вертикальный щит 3 обеспечивает пропуск различных расходов воды через водопропускное отверстие 12 напорного водовода.

Пропускная способность водомерных сооружений определяется:

- при пропуске воды через водослив 4 – по приведенным в МВИ 12-10 формулам;

- при прохождении воды под горизонтальной полкой 5 – по следующей формуле:

$$Q = W \cdot V,$$

где  $W = l \cdot a$  – площадь водопропускного отверстия,  $l, a$  – длина и высота водопропускного отверстия;

$V$  – скорость потока при выходе из водопропускного отверстия напорного водовода, определяемая путем замеров при помощи скоростных приборов (вертушек).

Водослив не градуируется, градуируется только прямоугольный насадок.

При градуировке напорного прямоугольного насадка (она осуществляется при каждом открытии щита 3) измеряется действующий напор  $Z$ .

Малые (близкие к минимальным показателям) расходы воды (они подаются в тех случаях, когда высота водопропускного отверстия 12 не превышает диаметра лопастного винта вертушки) измеряются при помощи водослива 4, его пропускная способность устанавливается расчетом по их расходным формулам, далее по данным расчета строится график зависимости  $Q = f(H)$ , по которому и определяются расходы воды при замеренных величинах  $H$ .

Расходы воды через водослив 4 измеряются при наличии на нем свободного режима истечения воды.

Водомерное сооружение работает следующим образом. Высота водопропускного отверстия 12 устанавливается на величину  $a_{min} = 1,5D$  (где  $D$  – диаметр лопастного винта вертушки). Затем осуществляется запуск воды. Если водоток начинает работать в подпорном режиме, то проводятся работы по измерению расходов воды для градуировки сооружения.

При подпорном режиме истечения воды проводится фиксация уровней воды в обоих бьефах по равномерным рейкам 8 и 9, по показаниям которых определяется действующий напор  $Z$  и по нему – расход воды, используя в этом случае отградуированный график  $Q = f(Z)$ .

Если в водотоке при  $a_{min} = 1,5D$  наблюдается не подпорный режим истечения воды, то щит 3 опускается на дно 2 участка 1 канала и в нижний бьеф вода подается через водослив 4. В этом случае измеряется напор воды над водосливом 4, по которому впоследствии определяется расход воды по составленному расчетным путем графику  $Q = f(H)$ . Этот график может использоваться и при пропуске по водосливу 4 повышенных расходов воды.

Предлагаемое водомерное сооружение является устройством с улучшенными метрологическими характеристиками и позволяющее осуществлять учет воды при всех режимах истечения воды, пропускаемой через данное сооружение.

В целях проверки работоспособности водомера, приведенного на рис. 2, в 2014-году на распределителе Р-8 системы ЗБЧК было построено экспериментальное сооружение со следующими параметрами:

- в верхней части плоского щита размещен прямоугольный водослив, а в нижней – прямоугольный насадок;

- параметры водослива – ширина 1,0; высота 0,4м и высота порога 0,63м;

- параметры насадка – длина напорного водопропускного отверстия 1,0м и его высота – 0,1м, длина насадка 0,4м.

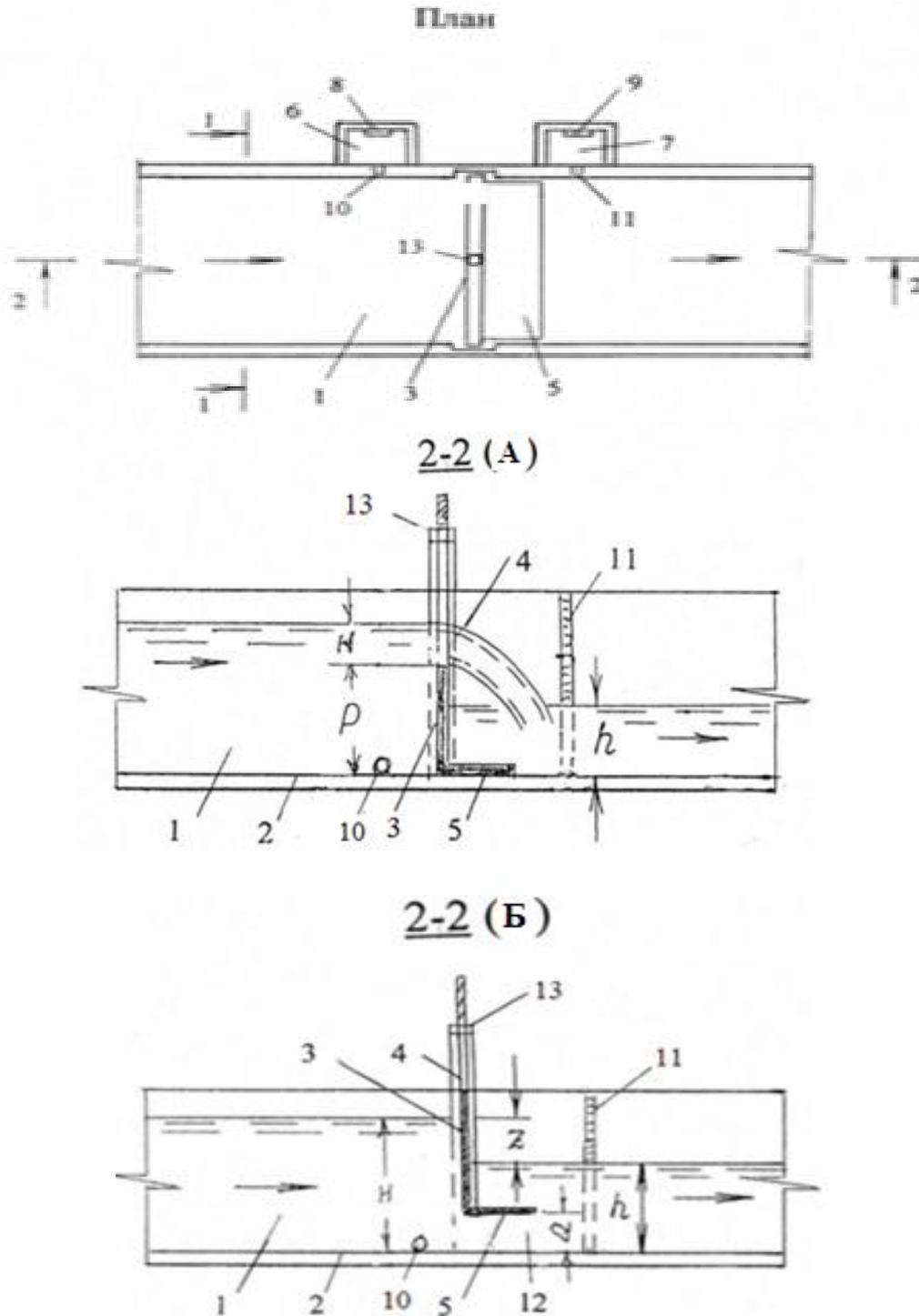


Рис. 2. Схема комбинированного водомера типа «Водослив-насадок» применительно к водотокам прямоугольного сечения

Эксплуатация экспериментального водомера в течение 3 лет показала следующие результаты.

Пропускная способность и работа водослива сооружения характеризуются данными таблицы 2 и рис. 3а.

**Таблица 2 - Пропускная способность прямоугольного водослива на Р-8 системы ЗБЧК**

Напор H, м	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Расход Q, м³/с	0,019	0,053	0,102	0,157	0,220	0,289	0,365

Однако, из-за заилиения верхнего бьефа наносоми служба эксплуатации работу водослива перевела на насадок, при котором промыв наносов из верхнего бьефа осуществляется самим потоком. Работа насадка и его пропускная способность характеризуются данными таблицы 3 и рис.3б.

**Таблица 3 - Результаты замеров расхода воды на гидропосту на Р-8 системы ЗБЧК**

Напор Z, м	Площадь водопропускного отверстия напорного водовода $\omega = l \cdot a, \text{ м}^2$	Скорость при выходе из напорного водовода, м/с		Расход $Q_{из}$ , м³/с	Кoeffициент расхода $\mu$
		$v_{из}$	$v_{т}$		
0,03	0,10	0,75	0,77	0,076	0,99
0,06	0,10	1,06	1,09	0,107	0,98
0,08	0,10	1,21	1,25	0,124	0,98
0,10	0,10	1,36	1,40	0,137	0,98
0,15	0,10	1,67	1,71	0,169	0,99

В этой таблице:

$v_{из}$  – измеренные скорости потока при выходе из напорного водовода;  $v_{т} = \sqrt{2gZ}$  – теоретически рассчитываемые скорости потока [7];

Z – разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефах сооружения;

$Q_{из} = w \cdot v_{из}$  – измеренные расходы воды;

$\mu = \frac{Q_{из}}{w \cdot \sqrt{2gZ}}$  – коэффициент расхода [7].

Из данных таблицы 3 следует, что:

- измеренные  $v_{из}$  и теоретические  $v_{т}$  скорости мало отличаются друг от друга;

- коэффициент расхода  $\mu = 0,98 - 0,99$  и в среднем составляет 0,984.

Кроме того установлено, что по мере накопления наносов в верхнем бьефе – они промываются в нижний бьеф самим потоком воды через водопропускное отверстие насадка.

По данным таблиц 2 и 3 были построены график зависимостей  $Q_{п} = f(H)$  и  $Q_{из} = f(Z)$ , в соответствии с которыми заполнены рабочие таблицы и по их данным осуществляется подача воды в водопотребителям – дехканам.

а)



б)



**Рис.3** Водомер типа «Водослив-насадок» на Р-8 системы ЗБЧК. а – вид с нижнего бьефа (замер воды осуществляется водосливом); б – участники выездного семинара на сооружении (вид с верхнего бьефа) - обсуждается увиденное. (замер воды осуществляется водомером типа «Прямоугольный насадок»)

Следует отметить, что пропускная способность напорного водовода насадка градуируется по методу «скорость-площадь», что относится к положительным его сторонам. Кроме того, направив замеренные насадком расходы воды на водослив, с нашей точки зрения, можно проверить пропускную способность и этого средства учета воды.

**Литература:**

1. Э.М.Мамбетов, Д.К.Садыбакова. К вопросу учета воды во внутрихозяйственных оросительных каналах с земляным руслом //Вестник КГУСТА имени Н.Исанова. №2. г. Б., Кыргызская Республика, 2015. -С.73-77.
2. Э.М.Мамбетов. Расходомерное сооружение для внутрихозяйственных каналов с земляным руслом // Вестник «Символ науки».№5. В 3 ч. Ч.2. г.Уфа, 2016.-С.76-79.
3. Водомерное сооружение для точек выдела в хозяйства. «Фиксированное русло». Рабочий проект для повторного применения. Фонды ПКТИ «Водавтоматика и метрология». 1992г.
4. Справочник по гидротехнике. М., 1955 г.
5. Филиппов Е.Г. Гидравлика гидрометрических сооружений. Л. Гидрометеоздат. 1990 г. С.288.
6. Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расхода воды при помощи стандартных водосливов и лотков. МВИ 12-10. С.36.
7. Э.М.Мамбетов. К вопросу определения пропускной способности расходомера типа «Водослив-диафрагма» // Вестник «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана».№3. Г.Бишкек, Кыргызская Республика, 2016. С.26-28.

**Рецензент: к.т.н., доцент Суюнтбекова И.А.**