

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.

$$z = \frac{V^2}{2g}; \quad V = \sqrt{2gz} = 4,43\sqrt{z}$$

$$V = 4,43\sqrt{z}$$

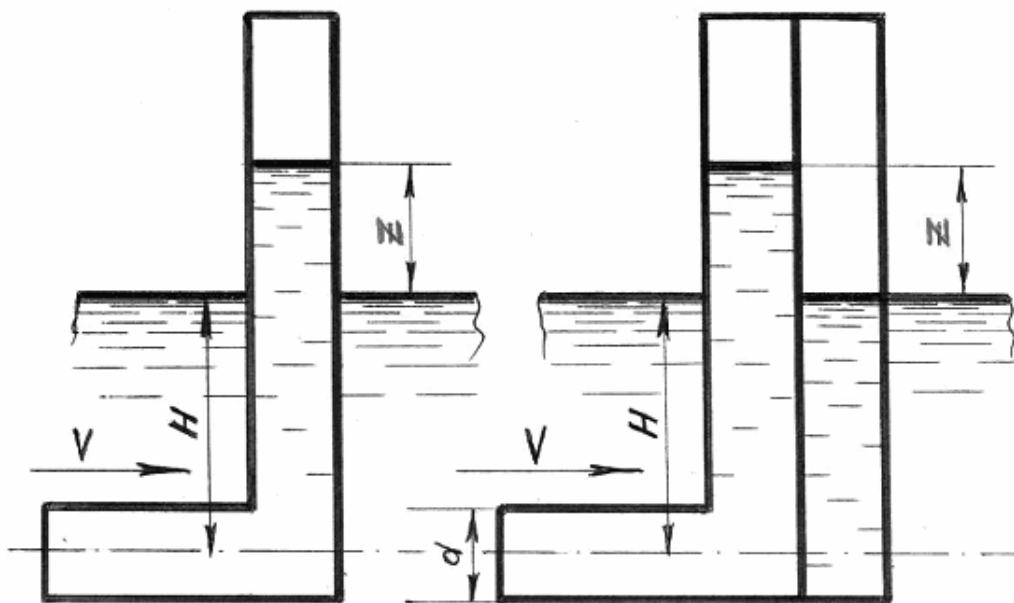


Рис. 1
Трубка Пито

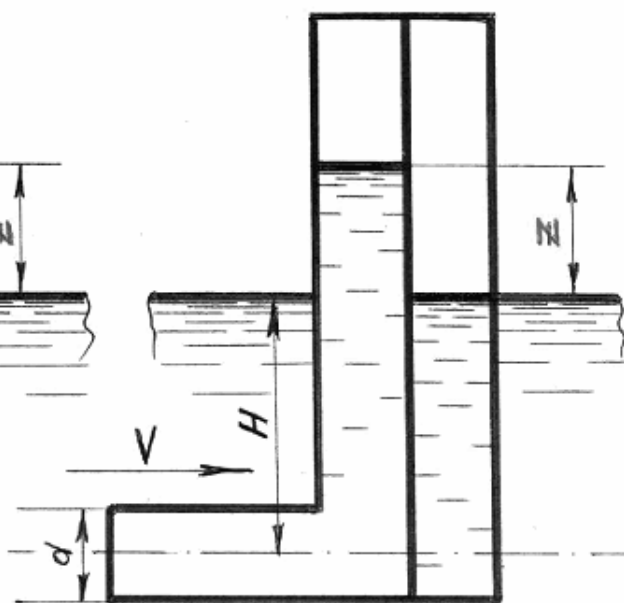


Рис. 2
Трубка Пито-Дарси

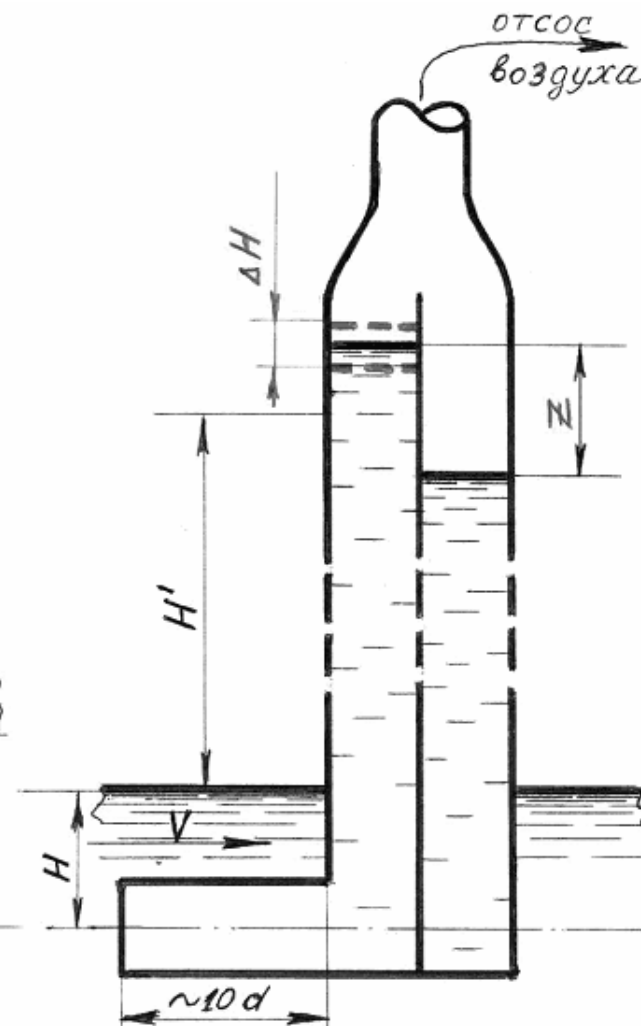


Рис. 3
Дифференциальная трубка Пито

Для устранения отмеченных недостатков известных трубок Пито нами ее конструкция усовершенствована. Усовершенствования заключаются в некотором изменении и дополнении ее конструкции.

Изменения конструкции заключаются в изгибе верхнего конца третьей (вспомогательной) трубки вниз - к свободной поверхности контролируемого потока воды (рис. 4).

Такое выполнение конструкции ГМТ позволяет заполнить (заправить) ее обе измерительные - динамическую и статическую трубки в процессе работы водой до заданного значения по высоте, а также уменьшить габариты - длину измерительных трубок до минимума, и сделать ее не зависящей от глубины контролируемой точки потока, а зависящей только от значения перепада (разности) уровней воды, обусловленной измеряемой скоростью потока воды.

Дополнение конструкции известной ГМТ заключается в снабжении нижних частей обеих измерительных трубок сдвоенным клапаном. Клапаны в исходном состоянии открыты, а в рабочем - закрываются для фиксации рабочих положений уровней воды в трубках. Кроме того, для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих трубок шкалой на рабочем участке.

Таким образом, предлагаемая ГМТ конструктивно состоит (см.рис.4) из трех: двух измерительных - динамической (1) и статической (2), и одной - вспомогательной трубок (3). Динамическая трубка имеет Г-образную форму, и нижним - открытым концом направляется навстречу потоку воды. Статическая трубка - прямая, и нижним - открытым концом направляется перпендикулярно вектору скорости потока воды.

Открытый конец вспомогательной трубки повернут по отношению к измерительным трубкам на 180° и направлен перпендикулярно свободной поверхности потока воды. Все три трубки в верхней части между собой сообщены. Обе измерительные трубки в нижних частях снабжены сдвоенным клапаном (4) одновременно закрывающимся для фиксации рабочих положений уровней воды в измерительных трубках. Для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих измерительных трубок шкалой (она на рис. не показана) на рабочем участке. Длина рабочего участка измерительных трубок изготовленного образца ГМТ - 200 мм, что соответствует максимальной скорости потока воды 2 м/с.

Сдвоенный клапан (4) манипулируются при помощи рычага (5), размещенного на рукоятке (6). Общая конструктивная длина изготовленного образца ГМТ равна 300 мм (без рукоятки).

Для ясности дальнейших рассуждений следует отметить, что нижние концы всех трех трубок - двух измерительных (1) и (2) и одной вспомогательной трубок (3) открыты, а верхние концы всех трех между собой сообщены.

Заправка (заполнение) водой измерительных трубок при работе предлагаемой ГМТ происходит следующим образом. Начнем с рассмотрения случая стоячей воды, т.е. когда скорость V воды равна нулю (см.рис.4). ГМТ будем опускать в воду в вертикальном положении. При этом ввиду открытости нижних концов динамической и статической трубок (1) и (2), открытости и свободы (от воды) нижнего конца вспомогательной трубки (3), а также открытости клапана (4) вода будет входить в обе измерительные трубки (1) и (2) через их нижние открытые концы до тех пор, пока нижний открытый конец вспомогательной трубки (3) не коснется - не сравняется с высотным положением свободной поверхности воды. Причем, ввиду отсутствия течения воды уровень воды в обеих измерительных трубках (1) и (2) одинаковы, а по высоте совпадают с нижним концом вспомогательной трубки (3). При дальнейшем погружении ГМТ в воду уровни воды в них не меняются, т.к. в верхних частях их находится воздушная пробка, образованная в результате касания нижнего открытого конца вспомогательной трубки (3) со свободной поверхностью воды.

Таким образом, можно сказать, что измерительные трубки (1) и (2) заправились водой автоматически до определенного уровня, который зависит от высотного положения нижнего конца вспомогательной трубки (3). Следовательно, назначая его высотное положение можно менять исходное значение уровней воды в обеих измерительных трубках (1) и (2).

При опускании предлагаемой ГМТ в поток воды, направляя открытый конец динамической трубки (1) навстречу потоку воды происходит то же самое, что и в случае со стоячей водой, но лишь с той разницей, что во втором случае уровень воды в динамической трубке (1) будет выше по сравнению с уровнем воды в статической трубке (2), обусловленное скоростью V течения воды. Если при этом закрыть клапан (4) при помощи рычага (5), размещенного на рукоятке (6), то рабочее положение уровней воды в измерительных трубках (1) и (2) окажутся фиксированными и изолированными от потока воды. Вытащив ГМТ из потока воды можно снять отсчеты о рабочих положениях уровней воды в обеих измерительных трубках в их стоячих (в успокоенных) положениях, т.е. безо всяких пуль-

сационных колебаний, что позволяет существенно повысить точность измерения, особенно при малых скоростях, и по значению их разности, пользуясь готовой таблицей, составленной по известной стандартной зависимости

$$V = \sqrt{2gZ} = 4,43\sqrt{Z} \text{ , м/с} \quad (1)$$

где Z - разность отсчетов об уровнях воды в динамической и статической трубках, м;

g - ускорение свободного падения, значение которого принимаемое для обычных технических расчетов, равным $9,81 \text{ м/с}^2$, можно определить скорость течения воды в данной точке потока. После этого можно открыть клапан (4) и она (ГМТ) снова готова для очередного измерения.

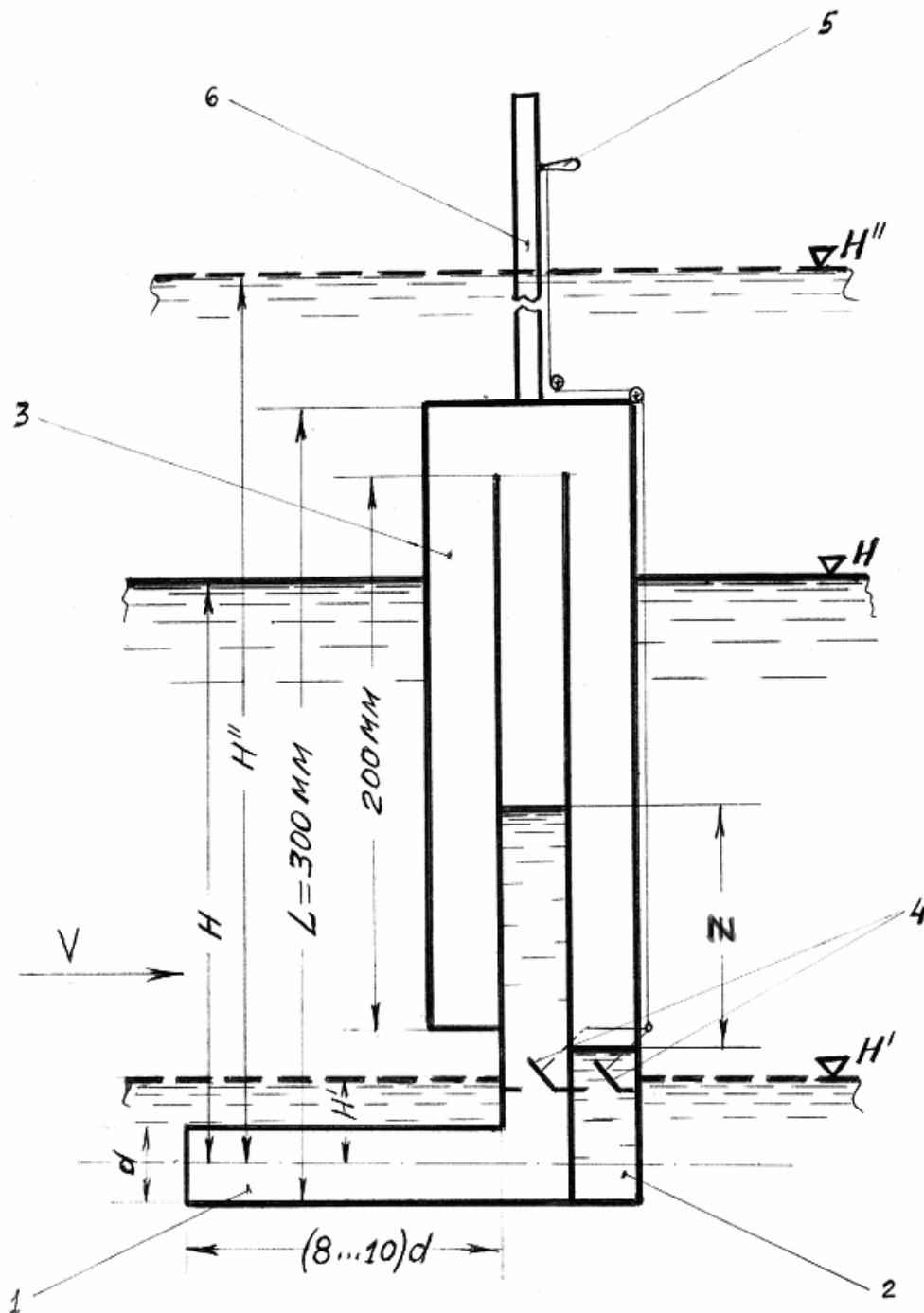


Рис. 4
Усовершенствованная гидрометрическая трубка

Уровни воды на рис. 4 показаны в трех характерных случаях:

- случай, когда глубина контролируемой точки потока воды небольшая и уровень потока воды ∇H находится выше высотного положения клапана (4), но ниже нижнего - открытого конца вспомогательной трубки (3);

- случай, когда глубина контролируемой точки потока воды относительно небольшая - в пределах конструктивной длины (высоты) ГМТ, и она сама находится в полупогруженное в поток воды положение, следовательно, уровень ∇H потока воды находится выше нижнего конца вспомогательной трубки (3), но ниже верхней части ГМТ;

- случай, когда глубина контролируемой точки потока воды больше конструктивной длины ГМТ и она находится полностью в погруженном в поток воды положении, следовательно, уровень ∇H потока воды находится выше верхней части ГМТ.

Перечисленные характерные случаи охватывают практически все возможные варианты измерения локальной скорости открытых водотоков.

Нами изготовлен один из возможных вариантов экспериментального образца предлагаемой ГМТ, общая компоновка и основные конструктивные размеры которой соответствуют с данными рис. 4.

Материал трубок - нержавеющая сталь, наружный диаметр d трубок - 16 мм, внутренний - 14 мм.

Измерительные трубки (1) и (2) на рабочем участке (на участке 200 мм) имеют сквозной продольный вырез, изнутри снабжены (заделаны герметично) прозрачным стеклом и миллиметровой шкалой для возможности снятия отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках. В изготовленном варианте ГМТ в качестве клапана (4) использован сдвоенный кран самоварного типа, манипулируемый при помощи рычага (5) с рукояткой (6). С целью установления работоспособности и предварительного определения основных метрологических характеристик изготовленного образца ГМТ проведены экспериментальные испытания ее в лабораторных и натурных условиях.

При проведении испытаний в лабораторных условиях использовался лабораторный стенд, имеющий в своем составе в качестве открытого водотока бетонный стандартный параболический лоток типа "ЛР-60".

В качестве образцового средства измерения скорости воды использовалась гидрометрическая вертушка (ГМВ), комплектующая электронным блоком преобразования и представления информации о скорости воды в цифровом виде.

Для проведения испытаний ГМВ устанавливалась на фиксированную точку потока воды лотка на определенной глубине осевой вертикали потока.

Испытуемая ГМТ каждый раз опускалась на ту же глубину потока воды осевой вертикали лотка на расстоянии около 0,5 м выше по течению.

В лотке "ЛР-60" создавался установившийся режим течения воды при различных значениях расхода, следовательно, и скорости воды при которых многократно (3...5 раз) снимались отсчеты показаний ГМВ и измерительных трубок ГМТ.

Результаты проведенных экспериментальных испытаний изготовленного образца ГМТ представлены на рис. 5 в табличной и графической формах.

Как видно из представленных материалов лабораторными испытаниями охвачены малые скорости - от 0,2 м/с до 0,44 м/с.

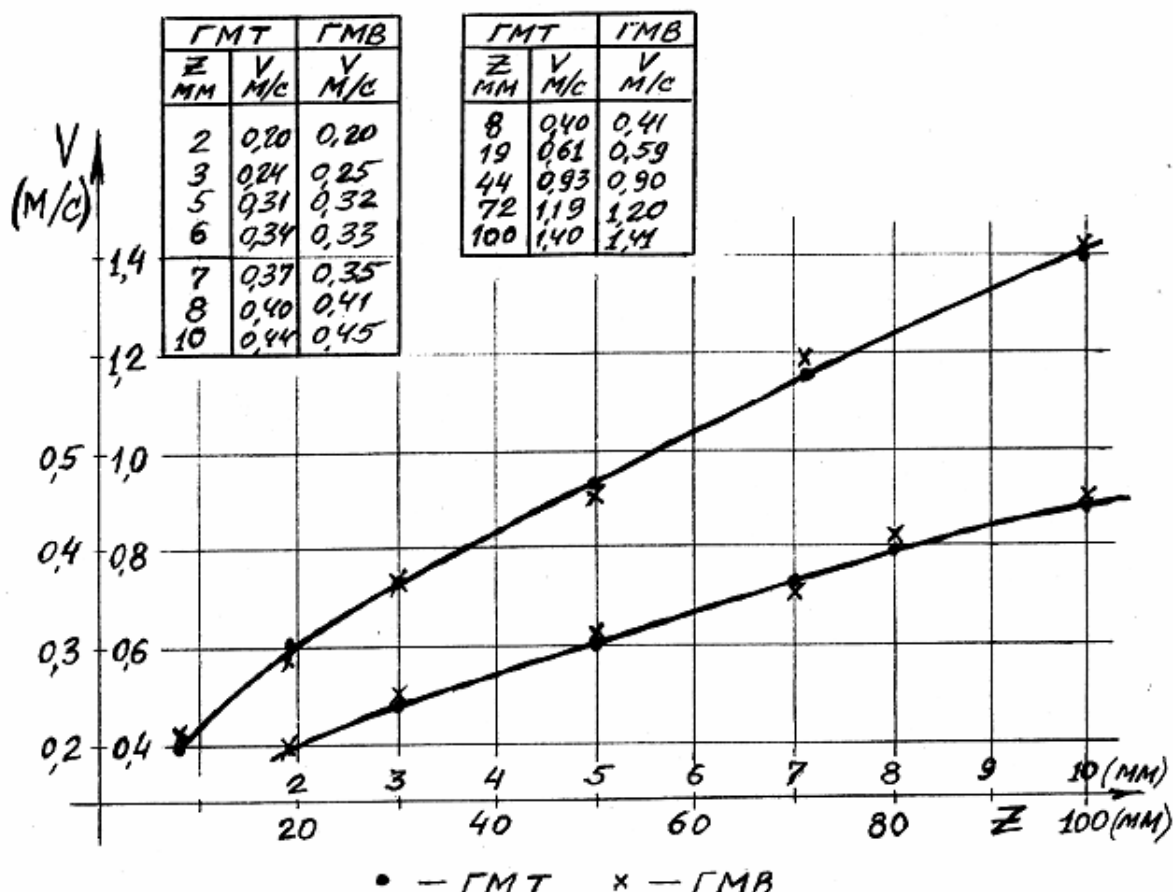
Экспериментальные испытания изготовленного образца ГМТ в натурных условиях проведены на канале Карасу, протекающего по территории НПО "САНИИРИ".

Для этого скорость потока воды в определенных точках канала Карасу измерялась ГМВ и испытываемой ГМТ. Результаты экспериментальных измерений, проведенных в натурных условиях представлены также на рис. 5. Как следует из представленных материалов, натурными испытаниями охвачены относительно большие скорости воды - от 0,4 до 1,4 м/с.

Для определения скорости V воды, измеренной ГМТ по разности уровней Z воды в измерительных трубках для удобства пользовались (табл.1) заранее составленной по зависимости (1).

Как видно из представленных материалов лабораторных и натурных испытаний, результаты измерений скорости воды ГМВ и испытываемой ГМТ в диапазоне скоростей от 0,2 до 1,4 м/с совпадают достаточно хорошо, которые дают основание сказать, что предлагаемая ГМТ работоспособна.

Судя по полученным результатам проверенных экспериментальных испытаний изготовленного образца предлагаемой ГМТ можно сказать, что ее метрологические характеристики (в основном, точность измерения) не хуже метрологических характеристик использованной ГМВ.



Скорость V воды от перепадов Z
уровней воды ($V=4,43\sqrt{Z}$) Таблица 1.

Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с
1	0,14	21	0,64	41	0,90	62	1,10	102	1,41	144	1,68
2	0,20	22	0,66	42	0,91	64	1,12	104	1,43	148	1,70
3	0,24	23	0,67	43	0,92	66	1,14	106	1,44	152	1,73
4	0,28	24	0,69	44	0,93	68	1,16	108	1,46	156	1,75
5	0,31	25	0,70	45	0,94	70	1,17	110	1,47	160	1,77
6	0,34	26	0,71	46	0,95	72	1,19	112	1,48	164	1,79
7	0,37	27	0,73	47	0,96	74	1,20	114	1,50	168	1,82
8	0,40	28	0,74	48	0,97	76	1,22	116	1,51	172	1,84
9	0,42	29	0,75	49	0,98	78	1,24	118	1,52	176	1,86
10	0,44	30	0,77	50	0,99	80	1,25	120	1,53	180	1,88
11	0,46	31	0,78	51	1,00	82	1,27	122	1,55	184	1,90
12	0,49	32	0,79	52	1,01	84	1,28	124	1,56	188	1,92
13	0,51	33	0,80	53	1,02	86	1,30	126	1,57	192	1,94
14	0,52	34	0,82	54	1,03	88	1,31	128	1,58	196	1,96
15	0,54	35	0,83	55	1,04	90	1,33	130	1,60	200	1,98
16	0,56	36	0,84	56	1,05	92	1,34	132	1,61	204	2,00
17	0,58	37	0,85	57	1,06	94	1,36	134	1,62	208	2,02
18	0,59	38	0,86	58	1,07	96	1,37	136	1,63	212	2,04
19	0,61	39	0,87	59	1,08	98	1,39	138	1,65	216	2,06
20	0,63	40	0,89	60	1,08	100	1,40	140	1,66	220	2,08

Рис. 5

Однако для полной оценки метрологических характеристик предлагаемой ГМТ необходимо провести дополнительные и более детальные испытания, проведя сравнительные измерения скорости воды ею и образцовым средством измерения скорости воды с более высокой точностью, чем точность использованной нами ГМВ, а также на специальном стенде.

Проведенные экспериментальные испытания изготовленного образца усовершенствованной ГМТ в лабораторных и натурных условиях показывают, что она имеет следующие основные преимущества по сравнению с известными средствами измерения скорости воды:

- неспособность в индивидуальной градуировке и в дальнейших периодических поверках в процессе эксплуатации, следовательно, и в специальном дорогостоящем тарировочном стенде;
- оперативность информации об измеряемом параметре - скорости воды;
- достаточно высокая точность и надежность измерений, в том числе, и в полевых условиях;
- отсутствие в конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, влияющих на ее метрологические характеристики;
- небольшие габаритные размеры и независимость их от глубины контролируемой точки потока воды;
- простота конструкции и удобство в эксплуатации;
- неспособность в каких-либо посторонних источниках энергии и т.п.

В настоящее время разработана и изготавливается доработанный вариант предлагаемой ГМТ повышенной (до двух раз) чувствительности.

Литература

1. Расулов У.Р. Измеритель скорости воды, WATER-2002, Научно-практическая конференция, Алматы, 2002.
2. Горлин С.М., Слезингер И.И. Аэромеханические измерения, методы и приборы, Москва, 1964.
3. Датчики контроля и регулирования, Москва, 1965.
4. Железняков Г.В. Гидрометрия, Москва, 1964.
5. Карасев И.Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов, Ленинград, 1980.
6. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Ленинград, 1989.

ПРОГРАММА МОНИТОРИНГА ПО КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЛИМИТИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЧИ

О.Я. Гловацкий*, Т.В. Полтарева**

***САНИИРИ им. В.Д. Журина, **Научно-информационный центр МКВК**

В настоящее время в Узбекистане орошается 4220,318 тыс.га земель, сорок процентов из них с машинного орошения. Значительная часть насосных станций (около 40%) введена в эксплуатацию в 60-70 гг. и срок службы насосно-силового оборудования (поставки до 1986 г.) определяемый техническими условиями составлял не более 20 – 25 лет. Сложные условия эксплуатации, ограничения в финансировании ремонтных работ, многолетняя работа практически без замены оборудования привели значительную часть насосных станций в предаварийное состояние. Поэтому на данный момент оборудование фактически выработало свой ресурс.

Значительная часть отказов оборудования насосных станций происходит именно в результате физического износа. Для обеспечения работоспособности оборудования, длительно находящегося в эксплуатации, необходимо улучшить контроль за его состоянием.

Научно-исследовательская работа по разработке функционирования информационно – советующей системы на трансграничных насосных станциях в условиях лимитирования вододачи рассматривает как один из важных вопросов контроль за состоянием оборудования, а также своевременное выявление отказов и причин их возникновения. Для этого разрабатывалась программа мониторинга по контролю за состоянием основного оборудования НС.