

**НАУЧНО ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ  
КООРДИНАЦИОННОЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КОМИССИИ  
(НИЦ МКВК)**

**План мероприятий по совершенствованию  
регионального водного сотрудничества  
(проект)**

**III. ПРОГРАММЫ ПО КОНКРЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ БАЗОВЫХ НУЖД ЧЕЛОВЕКА, КЛЮЧЕВЫХ СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ И  
ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКОСИСТЕМ**

**Повышение благосостояния населения и экономики, оздоровление экологической  
обстановки через обеспечение устойчивого водоснабжения**

Директор НИЦ МКВК  
Д.т.н., проф.

В.А. Духовный

Исполнитель, специалист  
НИЦ по водочету к.т.н.

Р.Р. Масумов

Ташкент 2020г

## С о д е р ж а н и е

№ п/п	Наименование разделов	Стр.
1	Введение. Обобщение существующей практики учета вод и отчетности	1
2	Национальный водный совет	2
3	Как ведется учет воды на всех уровнях	3
4	Стандартные водомерные устройства	8
5	Измерение расхода воды на КДС	18
6	Зарубежные способы и методы измерения расхода воды в реках и каналах	18
7	Новые технологии и возможности измерения расхода в России	25
8	Измерение расхода воды на трубопроводах большого диаметра	26
9	Измерение расхода воды в трубопроводах малого диаметра	29
10	Измерение расхода воды без контактным радарным методом	30
11	Погружной датчик скорости (доплеровский метод)	32
12	Ультразвуковой метод измерения расхода воды в безнапорных трубопроводах	34
13	Электромагнитный метод	35
14	Одноканальный расходомер	36
15	Что необходимо для внедрения ИКТ в Узбекистане (законодательство, нормативная база	37
16	Заключение и выводы	39
17	Формы отчетности 2-ТП ВОДХОЗ	41

### Введение

Обзор существующих способов и методов измерения расхода воды выполнен в соответствии Плана мероприятий по совершенствованию регионального водного сотрудничества (проект) и (во исполнение решений Саммита Глав государств учредителей Международного Фонда спасения Арала 24 августа 2018 года в г.Туркменбаши).

В обзор включены традиционные методы и способы измерения расходов воды на открытых водных источниках (реки, каналы), а также зарубежные современные технические средства, предназначенных для этих целей, включая измерение расходов в больших и малых напорных и безнапорных трубопроводах. Обзор будет полезен не только для работников водного хозяйства, но и для работников Министерств жилищного и коммунального хозяйства при проектировании сооружений питьевого водоснабжения.

## **1. Обобщение существующей практики учета вод и отчетности**

В водном хозяйстве Центрально-Азиатских Республик (ЦАР) водоучет на гидромелиоративных системах (ГМС) осуществляется на пяти уровнях, это:

**Межгосударственный** – распределением и контролем водных ресурсов занимаются Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия и т.п.;

**Региональный** - распределением и контролем водных ресурсов занимаются Бассейновая водохозяйственная организация «Сырдарья», Бассейновая водохозяйственная организация «Амударья»;

**Национальный** – распределением и контролем водных ресурсов занимаются главные водные министерства и ведомства государства;

**Национальный бассейновый** – этой задачей занимаются бассейновые управления водохозяйственных организаций (БУИСы);

**Локальный** – этим занимаются областные (районные) водохозяйственные управления (РВХ), внутри ассоциаций водопользователи, кластеров и фермерских хозяйств мирабы и гидрометры.

## **2. Национальный водный совет Республики Узбекистан**

Для координации работ в водном секторе на всех уровнях указом Президента РУз от 28 июня 2019г, было принято решение о создании Национального водного совета Республики Узбекистан. Основными задачами и направлениями деятельности Национального водного совета Республики Узбекистан является:

разработка и представление для утверждения Президенту Республики Узбекистан предложений по общей национальной водной политике;

подготовка и исполнение водного законодательства, разработка Национального плана по управлению водными ресурсами и бассейнами рек, охране вод и устойчивому водопользованию;

обеспечение реализации государственной политики в сфере управления водными ресурсами;

согласование и утверждение государственных проектов реконструкций, строительства и развития инфраструктур водных ресурсов и сточных вод;

обеспечение реализации государственных программ (Стратегий, Концепций и т.п.) в сфере водоснабжения и водоотведения, осуществление руководства и контроля над своевременным и качественным их исполнением;

обеспечение контроля за качественной и своевременной подготовкой проектов нормативно-правовых актов министерствами и ведомствами, отвечающими за управление водными ресурсами государства, а также их полноценной реализацией;

представление водных интересов Узбекистана во всех международных коллективных органах.

Национальный водный совет Республики Узбекистан имеет право создавать рабочие группы из числа специалистов министерств и ведомств, ответственных за управление, мониторинг качества и безопасности водных ресурсов страны в целях своевременного и качественного исполнения задач, поставленных Руководством государства.

## **3. Как ведется учет водных ресурсов на всех уровнях**

Практически на всех уровнях учетом воды занимаются следующие организации: на реках это национальные гидрометеорологические службы (НГМС), на магистральных каналах: бассейновые управления ирригационных систем (БУИСы), на межхозяйственных и внутрихозяйственных каналах райводхозы (РВХ). Вне зависимости от ведомственной принадлежности учет воды на всех крупных водных источниках производится на типовых гидрометрических постах различного конструктивного исполнения.

## Методы измерения расходов воды на реках.

В зависимости от поставленных задач и требований точности при измерении расхода воды применяют:

**Многоточечный (детальный) способ** предусматривает измерение расхода воды по увеличенному против обычного числу скоростных вертикалей 10-15 с измерением скорости на вертикали в 5-10 точках (пов.: 0,2; 0,6; 0,8; дно-при свободном русле; пов.: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; дно-при несвободном русле) на каждой вертикали. Многоточечный способ даёт наиболее точное значение расхода.

**Основной способ**, когда число скоростных вертикалей уменьшается в 1.5-2 раза по сравнению с детальным, а скорости течения измеряются в 2-3 точках на каждой вертикали (более подробно ниже).

**Интеграционный способ** по вертикалям применяется при глубинах более 1 м и скоростях течения более 0.2 м/с. Измерение производится с помощью интегральной установки ГР-101.

**Ускоренный способ** применяется при быстрых изменениях уровня за время измерения расхода воды при интенсивной деформации русла, при наличии переменного подпора и в других неблагоприятных условиях.

**Сокращенные способы** предусматривают измерение расхода воды по средней скорости на 1-2 репрезентативных вертикалях или единичной скорости в точке 0.2h, её рабочей глубины. Иногда для измерения средней скорости течения применяют поплавковый метод.

### Измерение расхода воды поплавками

**Измерения поверхностными поплавками.** Точность поплавочных измерений существенно ниже, чем вертушечных. При интенсивном засорения водными растениями русла при очистке земснарядами, когда вертушечные измерения становятся невозможными, а в качестве поплавков служат отдельно плавающие предметы.

### Измерение расхода воды глубинными поплавками и поплавками-интеграторами

Поплавки этого вида используются для измерения сравнительно малых скоростей течения (до 0,15-0,20 м/с), когда вертушечные измерения мало надежны.

### Измерение расхода воды гидравлическим способом

Этот метод используется, когда измерить расход воды другими способами не представляется возможным. Расход воды вычисляется по формуле

$$Q=V_{cp}F, \quad V_{cp}=C R J,$$

где R-гидравлический радиус; J-продольный уклон; C-скоростной коэффициент или коэффициент Шези  $C=1/nR^{x-1,5}$  n при  $R<1$  м;  $x-1,3$  n при  $R>1$  м.

На современном этапе водоучет как в системе ГМС так и МСиВХ стран ЦАР осуществляется основным методом «скорость x площадь».

$$Q = \omega * \bar{V}; \quad (1)$$

где:  $\omega$ - площадь живого сечения  $m^2$ ,  $\bar{V}$  - средняя скорость течения воды,  $m/c$

Сущность этого метода заключается в определении расхода воды путем измерений площади поперечного сечения потока и средней скорости течения.

### Основной метод измерения расходов воды

Основной способ измерения расходов воды, применяется в водохозяйственных организациях (ВХО) при периодических контрольных замерах расходов воды на балансовых или контрольных гидростаях ГМС. Методика выполнения измерений расхода воды основным способом различается от детального (пятиточечного), лишь следующими показателями:

- При основном способе допускается принимать сокращенное число точек установки первичного измерителя скорости на каждой вертикали, в том числе при глубине потока до 0,5м – в одной точке на расстоянии 0,4 $h_n$  от дна или 0,6 $h_n$  от поверхности воды;
- при глубине потока свыше 0,5м – измерение производится в двух точках на расстоянии 0,2 $h_n$  и 0.8 $h_n$  от дна канала.

$$V_{cp} = \frac{U_{0,4h} + U_{0,6h}}{2}; \quad (2)$$

где :  $U_{0,2h}$ -скорость на глубине 0.2h,  $U_{0,6h}$ -скорость на глубине 0.6h.

Для получения осредненной скорости потока в точке, измерение ведут непрерывно не менее 100с, как требует инструкция проведения измерений.

На рисунке 1. изображена схема разбивки вертикалей при различных способах измерения расхода воды.

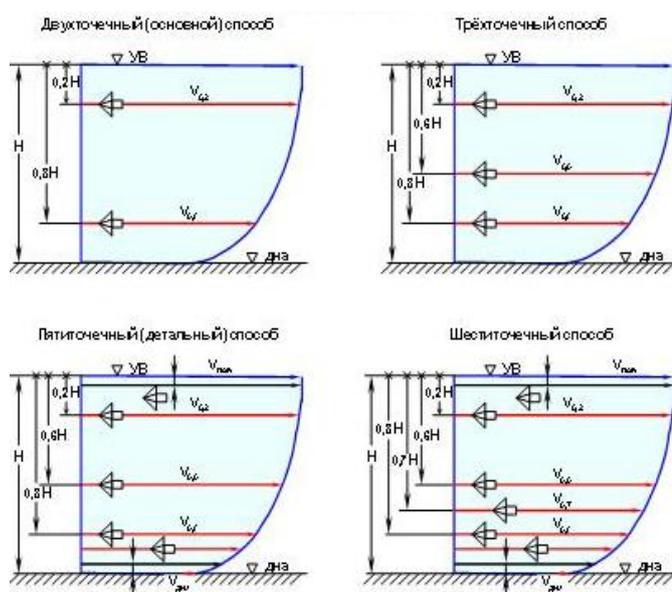


Рис 1. Схема разбивки вертикалей по поперечному сечению канала при различных способах измерения расхода воды.

Для увеличения точности измерения расходов воды при систематических и контрольных замерах русловым методом, используют средства измерения расхода (СИР) типа фиксированное русло, т.е. русло с облицованным дном и откосами.

Участок канала, где предполагается оборудовать гидропост должен быть прямолинейным, с постоянной формой поперечного сечения. Допускаются отклонения от средних геометрических размеров (ширины, строительной высоты, величины заложения откосов русла) не более чем на  $\pm 2,0\%$ , для участков с постоянным уклоном дна. При скорости потока менее 2,0 м/с, длина участка на котором должны быть выдержаны указанные условия, в зависимости от ширины канала по верху (В), должна быть в пределах указанной в таблице 1, смотреть рис 2.

**Таблица.1**

**Длина прямолинейного участка канала в зависимости от ее ширины**

Максимальный расход воды в канале, м <sup>3</sup> /с	От 0,2 до 5	от 5 до 10	от 10 до 25	от 25 до 100	выше 100
Минимально-допустимая длина прямолинейного участка.	от 6В до 8В	от 4В до 6В	от 3В до 5В	от 2В до 3В	не менее 1,5В

Где - В ширина канала по верху.

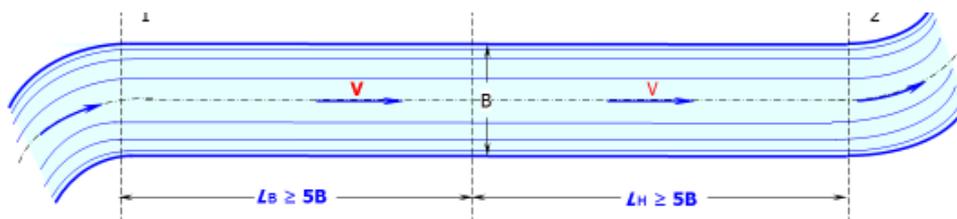


Рис 2. Продольный план выбранного участка канала для оборудования гидропоста

При скорости потока в канале более 2,0 м/с, длина участка канала должна приниматься в 1,5 раза больше, по сравнению с данными таблицы 1.

Требования, предъявляемые к выбору участка канала для оборудования гидропоста:

- Измерительный участок канала должен быть доступен для проведения измерений, возможности подъезда автотранспорта для перевозки обслуживающего персонала и оборудования;
- При оборудовании гидропоста, на новых и реконструируемых каналах не допускается оборудовать гидрометрический створ на измерительном участке без фиксирующей облицовки. Конструкция облицовки должна обеспечивать постоянства формы и геометрических размеров по длине измерительного участка с отклонениями не более  $\pm 2,0\%$  от средних размеров;

### **Гидрометрические посты типа фиксированное русло, основное и вспомогательное оборудование**

В водохозяйственной практике в качестве средств измерения расхода (СИР) большое распространение получили конструкции речных гидропостов с обычными фиксированными руслами «ФР» с постоянной формой поперечного прямоугольного,

трапецидального или др. сечений, с установившимся режимом движения потока воды. Для лучшего понимания и восприятия на рис.3 изображена абстрактная модель расхода воды, на которой векторами обозначены скорости потока воды по всему поперечному сечению потока.

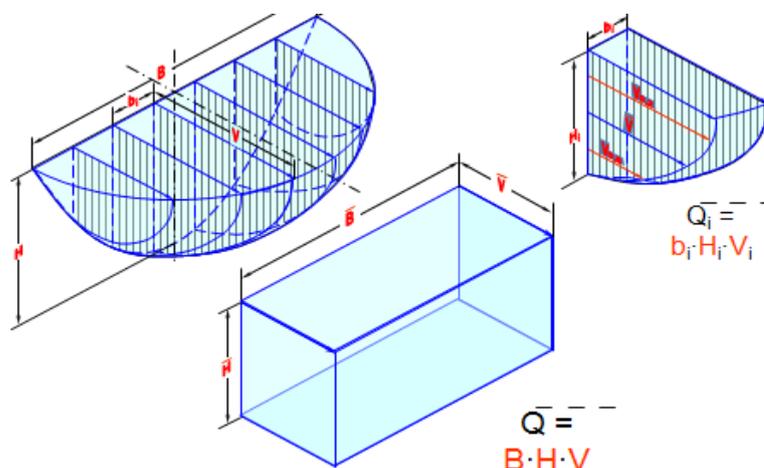


Рис.3. Абстрактная модель расхода воды

### Оборудование гидрометрических постов типа «ФР»

Гидрометрические посты типа «ФР» должны быть оснащены вспомогательным гидрометрическим оборудованием. Гидрометрическим оборудованием считаются различные средства переправы, которые рекомендуется выбирать в зависимости от ширины канала по верху таблица 2.

Таблица 2.

#### Выбор конструкции вспомогательного оборудования в зависимости от ширины канала

Средства переправы	Ширина канала по верху, (м)
Гидрометрический мостик жёсткой конструкции	До 20
Подвесная гидрометрическая люлька на стальных канатах	От 20 до 50

Для размещения стандартной уровне мерной гидротехнической рейки служат различные конструкции успокоительных ниш или колодцев рисунок 4.



Рис.4. Успокоительный колодец с уровня мерной рейкой на гидрометрическом посту магистрального канала.

В зависимости от глубины воды в канале ВХО могут применять и трехточечный способ измерения расхода воды. Пяти и семи точечные способы измерения расходов воды применяются при первичной калибровке гидрометрических постов. Измерения уровня производится на специальных гидрометрических (речных) постах оборудованных стандартной гидротехнической уровне мерной рейкой. Все речные гидропосты на реках и каналах оборудуются успокоительными нишами или колодцами для размещения в них стандартной гидротехнической рейки. (см.Рис. 4).

#### ***Средства измерения скорости потока***

Для измерения скорости потока применяются гидрометрические вертушки различной модификации. В Узбекистане производством, ремонтом, поверкой гидрометрического оборудования (гидрометрические вертушки, датчики уровня, гидротехнические рейки и т.д.) занимается специализированное предприятие, которое в настоящее время является подразделением специализированного завода по производству гидрометрического оборудования г.Ташкент ОАО «Электрощит». Другим производителем гидрометрического оборудования является ПКТИ «Водавтоматика и Метрология» г. Бишкек, Кыргызская Республика, где, также налажена производство и поверка измерителей скорости воды типа ИСВ-01 и других приборов гидрометрического назначения (Рис. 5 а; б).



а) ГР-21



б) ИСВ-01

Рис.5. Измерители скорости потока (гидрометрические вертушки)

В смежных странах Таджикистан, Казахстан и Туркменистан отсутствуют производители гидрометрического оборудования, и поставка их осуществляется из России.

Сегодня, ВХО стран ЦАР обеспечивают забор воды из государственных источников с помощью специально построенных водозаборных гидротехнических сооружений, которые улучшают ее качество, обеспечивают заданный режим водоподачи и транспортировку воды по сети каналов, ведут постоянный межхозяйственный водоучет на границах областей, районов в пределах гидрографических границ бассейновых управлений оросительных систем (БУИС). Учет воды на балансовых и контрольных гидропостах БУИС осуществляется в соответствии нормативного документа *«Руководство по проведению градуировки и поверки средств измерения расхода воды в открытых каналах методом «скорость x площадь» ВТР-М-1-80*, при этом погрешность измерения расхода воды методом «площадь x скорость» не должна превышать значения  $\sigma \leq 5\%$ .

Наряду измерения расхода воды традиционным основным методом, на малых каналах и водных источниках разработаны стандартными водомерными устройствами.

### СТАНДАРТНЫЕ ВОДОМЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Стандартные водомерные устройства, предназначенные для измерения расходов воды на объектах водного хозяйства, значительно облегчают процесс измерения расхода воды. Эти водомеры позволяют определять расход воды только по уровню мерной рейке. К ним относятся водосливы с тонкой стенкой (Томсона, Чиполетти, Иванова); расходомерные пороги САНИИРИ; лотки Вентури; Паршала; расходомерные лотки САНИИРИ, изготовленные по требованиям Стандарта или Правил, все они имеют готовые расчетные уравнения расхода в зависимости от уровня на пороге, благодаря чему обеспечивается возможность расчета расхода воды без индивидуальной градуировки.

#### *Водослив Томсона (ВТ)*

Водослив ВТ-50 предназначен для измерения расходов воды до 50 л/с. Водослив ВТ изготавливается как переносной, так и стационарной конструкции. Конструкция его состоит из водослива треугольной формы, сходящимися кромками под углом  $90^\circ$ , изготовленного из листовой стали толщиной 3 мм; уголка жесткости и уровне мерной рейки, укрепленной на стенке водослива наклонно под ( $45^\circ$ ) или вертикально ( $90^\circ$ ). Кромка порога водослива ВТ, обращенная к подводящему каналу, должна быть острая, с фаской ( $45^\circ$ ).

#### *Водослив Чиполетти (ВЧ)*

Водослив Чиполетти ВЧ-50 предназначен для оросителей с диапазоном измерения расхода от 5 до 80 л/с; а ВЧ-75, для оросителей с диапазоном измерения расхода от 15 до 230 л/с.

Водослив ВЧ-50 относится к трапецеидальным водосливам с тонкой стенкой с боковыми откосами 1:4. Он изготавливается, из листовой стали толщиной 3–4 мм; и уголков для обеспечения жесткости конструкции. Ширина гребня водослива ( $b = 50$  см) выполняется с допуском  $\pm 2-3$  мм, остальные размеры – с допуском  $\pm 5-10$  мм; кромка водосливного отверстия должна быть ровной, чистой, без зазубрин и выступов. Уровне мерная рейка должна быть изготовлена на специализированном заводе из металла с покрытием водостойкой краской. Деления и числа не должны стираться, а нули реек должны совпадать с отметкой гребня водослива; всю металлоконструкцию окрашивают в три слоя противокоррозионной краской. Водослив ВЧ-75 изготавливают из стали толщиной 4 мм, водосливное отверстие должно быть ровным без зазубрин и выступов. Основной размер гребня  $b = 75$  см, выполняется с допуском  $\pm 5$  мм, остальные размеры с допуском  $\pm 10$  мм.

Уровнемерная рейка должна изготавливаться из металла с антикоррозийным покрытием рис. 1.



Рис. 1. Водослив Чиполетти (вид с верхнего бьефа) с уровнемерной рейкой в успокоительной нише

### ***Водослив САНИИРИ (ВС)***

Водослив ВС (Иванова) относится к трапецидальным водосливам с тонкой стенкой с боковыми откосами 1:1. Он изготавливается из листовой стали толщиной 3–4 мм и уголков для обеспечения жесткости конструкции.

Ширина гребня водослива выполняется с допуском  $\pm 2-3$  мм, остальные размеры – с допуском  $\pm 5-10$  мм; кромка водосливного отверстия должна быть ровной, чистой, без зазубрин и выступов. Уровнемерная рейка должна быть изготовлена на специализированном заводе из металла с покрытием водостойкой краской. Деления и числа не должны стираться, а нули реек должны совпадать с отметкой гребня водослива; всю металлоконструкцию окрашивают в три слоя противокоррозионной краской.

*Кромка порога водосливов ВТ, ВЧ, ВС должна быть острой с фаской  $45^{\circ}$ , обращенной навстречу потоку.*

### ***Требования для установки водосливов ВТ, ВЧ, ВС***

- участок канала для установки водослива должен быть прямолинейным с длиной не менее  $L = 10 * B$ , с симметричным поперечным сечением.
- водослив следует устанавливать строго вертикально, врезая в дно и откосы канала на середине выбранного участка с предварительно подготовленным основанием.
- порог (гребень) водослива должен быть строго горизонтальным, вертикальная стенка перпендикулярной основанию, ось водослива должна совпадать с осью канала;
- высота порога водослива  $P$  должна быть больше максимальной глубины  $h_{max}$  в канале за водосливом;

- при скорости течения более 0,5 м<sup>3</sup>/с подводящий участок канала перед водосливом следует расширить, а дно углубить для уменьшения скорости потока.

**Примечание:** для установки порога водослива в строго горизонтальное положение и привязки отметки его порога к нулю гидротехнической рейки, рекомендуется использовать нивелир или гидроуровень, используя для этой цели наполненный водой длинный прозрачный шланг малого диаметра (принцип сообщающихся сосудов).

### *Уравнения для определения расходов воды водосливами*

Значения расходов воды производится по рабочим формулам:

для треугольного водослива ВТ

$$Q = 1.4 * H^2 \sqrt{H}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

для трапецеидальных водосливов ВЧ,

$$Q = 1.9 * b * H \sqrt{H}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2)$$

где: b – ширина порога водослива, (м);

H – напор воды над порогом водослива, (м);

Для удобства определения расходов воды по уровню рейки значения расходов воды для всех типов водосливов приведены в таблице 1.

**Таблица 1.**

Уровень по рейке Н (см)	ВЧ-50 Расход Q (л/с)	ВЧ-75 Расход Q (л/с)	ВТ-50 Расход Q (л/с)	Уровень по рейке Н (см)	ВЧ-50 Расход Q (л/с)	ВЧ-75 Расход Q (л/с)	ВТ-50 Расход Q (л/с)
3,0	5,0	-	-	16,5	64,0	94,0	15,0
3,5	6,0	-	-	17,0	61,0	98,0	17,0
4,0	7,0	-	-	17,5	70,0	103,0	18,0
4,5	9,0	-	-	18,0	73,0	108,0	19,0
5,0	10,0	16,0	0,8	18,5	76,0	114,0	20,0
5,5	12,0	18,0	0,9	19,0	79,0	120,0	22,0
6,0	14,0	21,0	1,3	19,5	82,0	124,0	23,0
6,5	16,0	23,0	1,5	20,0		128,0	25,0
7,0	18,0	26,0	1,8	20,5		132,0	26,0
7,5	20,0	30,0	2,1	21,0		136,0	28,0
8,0	22,0	33,0	2,5	21,5		140,0	30,0
8,5	24,0	36,0	2,9	22,0		145,0	32,0
9,0	26,0	39,0	3,3	22,5		150,0	33,0
9,5	28,0	42,0	3,9	23,0		154,0	36,0
10,0	30,0	46,0	4,5	23,5		160,0	38,0
10,5	32,0	49,0	5,0	24,0		166,0	40,0
11,0	35,0	52,0	5,6	24,5		170,0	42,0
11,5	37,0	55,0	6,2	25,0		175,0	44,0
12,0	40,0	59,0	7,0	25,5		180,0	

12,5	42,0	63,0	7,7	26,0		186,0	
13,0	44,0	66,0	8,5	26,5		191,0	
13,5	47,0	70,0	9,3	27,0		197,0	
14,0	50,0	74,0	10,0	27,5		202,0	
14,5	52,0	78,0	11,0	28,0		208,0	
15,0	55,0	82,0	12,0	28,5		214,0	
15,5	58,0	86,0	13,0	29,0		220,0	
16,0	61,0	90,0	14,0	29,5		225,0	

### **Эксплуатация водосливов (ВТ, ВЧ, ВС)**

Для нормального допустимо точного ( $\sigma \pm 5\%$ ) учета воды необходимо соблюдать следующие правила:

- систематически проверять горизонтальность порога и вертикальность стенки; следить, чтобы нули реек совпадали с уровнем порога;
- очищать в случае заиливания подводящий участок канала (порог **Р** должен быть выше дна канала в верхнем бьефе); не допустимо затопление гребня водослива со стороны нижнего бьефа (рис. 1);
- производить не реже 1 раза в год ремонт водосливной установки (очистка от наносов, исправление дефектов, окраска, замена реек и т. д.).

К стандартным водомерным устройствам относятся также следующие типы водомеров, это лотки Паршала, Вентури и лоток САНИИРИ.

#### **Лоток Паршала**

Лотки Паршала предназначены главным образом для измерения расхода воды в ирригационных каналах и естественных водотоках. Лоток Паршала состоит из трех основных частей: приемного раструба с вертикальными стенками, сходящимися в виде конфузора к горловине с горизонтальным дном; горловины, с параллельными вертикальными стенками и дном, имеющим уклон 3:8 в сторону движения воды; отводящего раструба (диффузора), с расходящимися вертикальными стенками.

Эмпирическая формула для подсчета расхода через лоток Паршала:

$$Q = 0,372 * b (3,278 * h)^n \quad (3)$$

где  $n = 1,569 * b^{0,026}$ ;

**Примечание:** Действие «Правил» распространяется только на существующие лотки Паршала. Вновь проектировать эти лотки не рекомендуется, т.к. в дальнейшем стандартизация их не предусмотрена.

#### **Водомерный лоток Вентури**

Лотки Вентури (ЛВ) могут быть выполнены с горловиной и подводящим каналом прямоугольного, трапецеидального поперечного сечения. Правилами нормированы лишь лотки с горловиной прямоугольного сечения, как наиболее распространенные и изученные. Рекомендуются к применению два типа лотков Вентури: первый тип, в котором сжатие потока осуществляется вследствие сужения боковых стенок при

горизонтальном дне и второй тип - с образованием порога при параллельных в плане боковых стенках. Для измерения расхода взвесь несущих жидкостей следует применять лотки первого типа. Лоток Вентури состоит из четырех основных частей: *входной части, сужающей части, горловины, выходного диффузора.*

Входная часть представляет собой отрезок подводящего канала длиной  $4-5 * h_{\max}$ , в боковой стенке которого размещены отверстие или щель для сообщения с успокоительным колодецом или нишей для измерения уровня.

Сужающая часть выполняется в виде криволинейного в плане конфузора с вертикальными стенками, очерченными по радиусу  $R = 2 * (B - b)$ ;  $l = 1,32 * (B - b)$ .

Горловина имеет вертикальные параллельные стенки, горизонтальное дно; длина горловины  $l = 1,5 * h_{\max}$ .

Выходной диффузор длиной по оси  $D = 3 * (B - b)$  с расходящимися вертикальными стенками служит для уменьшения потери напора в лотке. Наклон стенок по отношению к оси лотка (в плане) составляет 1:6.

По описанию конструкции ЛВ можно сделать вывод, что этот водомер сложной конструкции и строительство его требует определенных навыков. Описание конструкции лотков Вентури приведены для того, чтобы гидрометры каналов и АВП не путали его с лотком Паршала (в большинстве случаев это имело место).

В практике водоучета наибольшее распространение получили водомерные лотки САНИИРИ (ВЛС). Эти водомерные устройства не имеют криволинейных стенок, просты в изготовлении и эксплуатации. При заводском способе изготовления, качество ВЛС очень высокое.

### ***Водомерный лоток САНИИРИ (Ярцева)***

Водомерный лоток САНИИРИ – представляет собой короткий лоток, со сходящимися к нижнему бьефу вертикальными стенками и горизонтальным дном. Сопряжение лотка с каналом в верхнем и нижнем бьефах осуществляется открылками; при этом в водобойной части устраивается колодец. Превышение порога  $P$  над дном канала необязательно. Уровнемерная рейка прикрепляется к передней стенке лотка, ноль рейки должен совпадать с отметкой дна лотка рис. 2.



Рис.2. Водомерный лоток САНИИРИ (Ярцева). Вид с верхнего бьефа.

Размеры лотков и их пропускная способность в зависимости от принятой выходной ширины лотка приведены в таблице 2.

**Таблица 2.**

Размеры лотка	Ширина выходной части лотка $b_l$ (м)							
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Ширина входной части лотка $B_l=1,76 b_l$	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,76
Длина лотка $l=2b_l$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Высота вертикальных стенок лотка $H_l=(1.5-2)b_l$	0,4	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5
Высота порога $P \geq 0,5$ $H_{max}(H_{max} \leq 0.8H_l)$	0,16	0,26	0,28	0,32	0,40	0,40	0,40	0,50
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	0,051	0,157	0,28 6	0,55 5	0,91 6	1,06 4	1,21 7	2,14 0
Глубина воды, $H_{max}$ , м	0,25	0,40	0,50	0,65	0,80	0,80	0,80	1,0

Уравнение расхода для ВЛС при свободном истечении ( $h/H < 0.2$ ) имеет вид:

$$Q = C * b * H * \sqrt{2gH}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

где:  $C = 0.5 - \frac{0.109}{6.26 * H + 1}$  - коэффициент расхода;

$b$  – ширина выходной части горловины лотка (м);

$H$  – глубина воды над порогом лотка в верхнем бьефе (м);

Рабочая формула имеет вид:

$$Q = 1,72 * b * H^{1.55}; \text{ л/с} \quad (5)$$

Для удобства расчетов значения расходов воды в зависимости от глубины воды приведены в таблице 3.

**Таблица 3.**

Глубина воды $H$ , см	Выходная ширина лотка $b$ , см						
	20	30	40	50	60	70	80
1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4
2	1,0	1,5	2,0	2,3	3,0	3,5	4,0
3	1,9	2,8	3,8	4,7	5,7	6,6	7,6
4	2,9	4,4	5,9	7,4	8,8	10,3	11,8
5	4,2	6,3	8,3	10,4	12,5	14,6	16,7
6	5,5	8,3	11,1	13,8	16,6	19,4	22,1
7	7,0	10,5	14,0	17,6	21,1	24,6	28,1

Глубина воды H, см	Выходная ширина лотка в, см						
	20	30	40	50	60	70	80
8	8,6	13,0	17,3	21,6	25,9	30,2	34,5
9	10,4	15,5	20,7	25,9	31,1	36,3	41,5
10	12,2	18,3	24,4	30,5	36,6	42,7	48,8
11	14,1	21,2	28,3	35,4	42,4	49,5	56,6
12	16,2	24,3	32,4	40,5	48,6	56,7	64,8
13	18,3	27,5	36,7	45,8	55,0	64,2	73,3
14	20,0	30,8	41,1	51,4	61,7	72,0	82,2
15	22,9	34,3	45,8	57,2	68,6	80,1	91,5
16	25,3	37,9	50,6	63,2	75,9	88,5	101,2
17	27,8	41,7	55,6	69,5	83,3	97,2	111,1
18	30,4	45,5	60,7	75,9	91,1	106,2	121,4
19	33,0	49,5	66,0	82,5	99,0	115,5	132,0
20	35,7	53,6	71,5	89,4	107,2	125,1	143,0
21	38,5	57,8	77,1	96,4	115,6	134,9	154,2
22	41,4	62,1	82,9	103,6	124,3	145,0	165,7
23	44,4	66,6	88,8	111,0	133,2	155,3	177,5
24	47,4	71,4	94,8	118,5	142,2	165,9	189,6
25	50,5	75,8	101,0	126,3	151,5	176,8	202,0
26		80,5	107,3	134,2	161,0	187,9	214,7
27		85,4	113,8	142,3	170,7	199,2	227,6
28		90,3	120,4	150,5	180,6	210,7	240,8
29		95,4	127,4	158,9	190,7	222,5	254,3
30		100,5	134,0	167,5	201,0	234,5	268,0
31		105,7	141,0	176,2	211,5	246,7	282,0
32		111,1	148,1	185,1	222,2	259,2	296,2
33		116,5	155,3	194,2	233,0	271,8	310,7
34		122,0	162,7	203,4	244,0	284,7	325,4
35		127,6	170,2	212,7	255,3	297,8	340,3
36		133,3	177,8	222,2	266,7	311,1	355,5
37		139,1	185,5	231,9	278,2	324,6	371,0
38		145,0	193,3	241,6	290,0	338,3	386,6
39		150,9	201,3	251,6	301,9	352,2	402,5
40		157,0	209,3	261,6	314,0	366,3	418,6
41			217,5	271,8	326,2	380,6	434,9
42			225,7	282,2	338,6	395,1	451,5
43			234,1	292,7	351,2	409,7	468,3
44			242,6	303,3	363,9	424,6	485,3
45			251,2	314,0	376,8	439,6	502,5
46			259,9	324,9	389,9	454,9	519,9

Глубина воды H, см	Выходная ширина лотка в, см						
	20	30	40	50	60	70	80
47			268,7	335,9	403,1	470,3	537,5
48			277,7	347,1	416,5	485,9	555,3
49			286,7	358,3	430,0	501,7	573,4
50			295,8	369,7	443,7	517,6	591,6
51				381,3	457,5	533,8	610,0
52				392,9	471,5	550,1	628,7
53				404,7	485,6	566,6	647,5
54				416,6	499,9	583,2	666,5
55				428,6	514,3	600,1	685,8
56				440,7	528,9	617,0	705,2
57				453,0	543,6	634,2	724,8
58				456,4	558,5	651,5	744,6
59				477,9	573,5	669,0	764,6
60				490,5	588,6	686,7	784,8
61				503,2	603,9	704,5	805,2
62				516,1	619,3	722,5	825,7
63				529,0	634,8	740,6	846,4
64				542,1	650,5	758,9	867,4
65				555,3	666,3	777,4	888,5
66					682,3	796,0	909,7
67					698,4	814,8	931,2
68					714,6	833,7	952,8
69					731,0	852,8	974,6
70					747,4	872,0	996,6
71					764,1	891,4	1018,8
72					780,8	910,9	1041,1
73					797,7	930,6	1063,6
74					814,7	950,5	1086,2
75					831,8	970,4	1109,1
76					849,1	990,6	1132,1
77					866,4	1010,9	1155,3
78					883,9	1031,3	1178,6
79					901,6	1051,8	1202,1
80					919,3	1072,5	1225,8

***Требования по изготовлению и эксплуатации лотка САНИИРИ***

- Расходомерные лотки в каналах < 600 мм, рекомендуется устраивать, используя конструкции заводского изготовления, которые монтируются в канале после или в процессе его сооружения;
- Смещение плоскости лотка или его отверстия относительно осевой плоскости подводящего канала не должна превышать 5 мм при ширине подводящего канала  $B_k < 500$  мм. При  $B_k = (500–1500)$  мм - 10 мм. И, наконец, при  $B_k > 1500$  мм - 15 мм;
- Отклонение боковых стенок горловины лотка, от вертикали не должно превышать 2 мм на 1 м высоты стенки.
- Дно горловины или входного раструба лотка должно быть строго горизонтально. Отклонение допускается не более 1 мм на 1 м длины (или ширины) горловины.
- Не допускается подтопление дна лотка со стороны нижнего бьефа.

При правильно установленном ВЛС поток воды поступает в водобойный колодец отводящей части канала (рис. 4 на вкладке).

### **Водомерный порог САНИИРИ**

Водомерный порог САНИИРИ (ВПС) предназначен для измерения расхода жидкости с большим количеством взвешенных частиц (до 40-50 г/л) в каналах трапецеидального сечения. Размеры ВПС должны удовлетворять следующим условиям:

$$0,3 \leq b_0 \leq 3 \text{ м}; p \geq 0,15; h_{\text{мин}} = 0,08 \text{ м}; \frac{h}{p} \leq 2; \frac{h_0}{p} \geq 2;$$

Уравнение расхода для порога САНИИРИ:

$$Q = C [b_0 + (m * h)] * \sqrt{2gh^{\frac{3}{2}}}$$

где: С – коэффициент расхода, m – заложение откоса,  $b_0$  – ширина порога по верху, h – глубина воды над порогом.

Коэффициент расхода следует принимать по таблице 5.

**Таблица . 4**

$\frac{h}{p}$	С	$\frac{h}{p}$	С	$\frac{h}{p}$	С	$\frac{h}{p}$	С
0,1	0,374	0,30	0,381	0,50	0,390	0,70	0,398
0,15	0,376	0,35	0,384	0,55	0,392	0,75	0,40
0,20	0,378	0,40	0,386	0,60	0,394	0,80	0,402
0,25	0,38	0,45	0,388	0,65	0,396	0,85	0,404

Измерение уровня **h** производится от верховой плоскости порога, рис. 3.

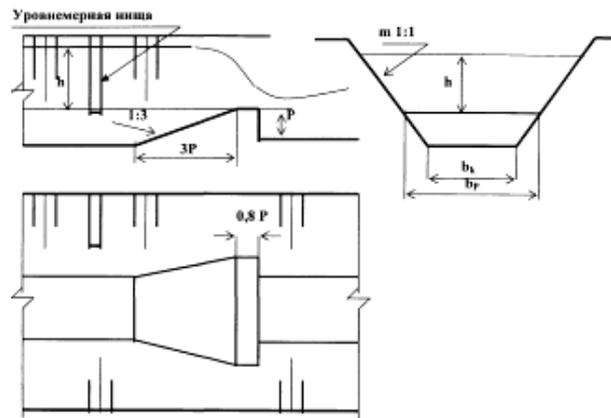


Рис. 3. Водомерный порог САНИИРИ

***Калиброванный параболический лоток «ГПЛ».***

Большое распространение в водохозяйственной практике получили параболические лотки типа ЛР-40; 60; 80; 100. Учет расхода воды на этих лотках проводится после проведения калибровки для получения расходной характеристики  $Q=f(H)$ . Только после проведения градуировки параболический лоток «ГПЛ» может служить как гидропост, для систематического учета расхода воды. Для параболических лотков, проложенных ниже отметки земли в створе ГПЛ, сбоку оборудуется колодец с уровнемерной рейкой, для параболических лотков проложенных выше отметки земли на откосе ГПЛ, наносится уровнемерная шкала (Рис. 4 а,б).



а) с успокоительным колодцем

б) с расходомерной шкалой

Рис. 4. Калиброванный параболический лоток

Для калибровки с целью построения кривой  $Q=f(H)$  и расчета таблицы зависимости расхода от глубины воды «ГПЛ», рекомендуется применять одноточечный способ.

#### **Одноточечный способ измерения расхода воды САНИИРИ**

Одноточечный способ измерения расхода воды предназначается для местных систематических измерений расхода на внутривоздушных каналах, собранных из стандартных параболических лотков ЛР – 40; 60; 80 и 100 с расходами соответственно 80; 150; 250 и 500 л/с. Зависимость для определения расхода воды в параболических лотках рекомендуемым способом имеет вид:

$$Q = K * h * 2\sqrt{2Ph} * V_{0,6}, \text{ (л/с)}; \quad (6)$$

где: К – постоянный коэффициент, Р - параметр параболы.

Для лотков ЛР – 40; 60; 80, Р = 0,2; для лотка ЛР – 100, Р = 0,35.

Скорость течения воды ( $V_{0,6}$ ) измеряется гидрометрической вертушкой или другой модификацией измерителя скорости потока на средней вертикали в точке, расположенной на глубине  $0,6 * h$  от поверхности воды.

#### **5. Измерение расходов воды на коллекторно-дренажных системах**

Для открытой дренажной сети с расходами до 250 л/с применяются сужающие насадки САНИИРИ «НС» круглого или прямоугольного сечения (Рис. 5).

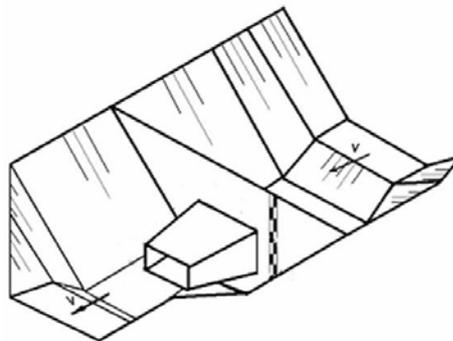


Рис. 5. Водомерная насадка САНИИРИ

Расход воды определяется по зависимости:

$$Q = 4,1 * a * b * \sqrt{Z}; \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (7)$$

Где: 4,1 – постоянный коэффициент;

a – высота выходного сечения, м;

b – ширина выходного сечения, м;

Z = H-h (разность уровней) перепад, м.

Для измерения расходов воды в открытых коллекторах с большими расходами воды оборудуется гидрометрический пост типа спаренных насадок САНИИРИ «СНС». Конструкция «СНС» состоит из стенки, в которую на определенной отметке заподлицо встраиваются два или три «НС» круглого или прямоугольного сечения. К стенке сверху устанавливается гидрометрический мостик для снятия показаний с двух уровнемерных реек. Конструкция гидростата, изготавливается из бетонной стенки, а насадки изготавливаются из металла. Вся конструкция возводится поперек русла в пологом котловане обеспечивающего затопление отверстия «СНС» с нижнего бьефа при минимальном расходе воды (Рис.6).

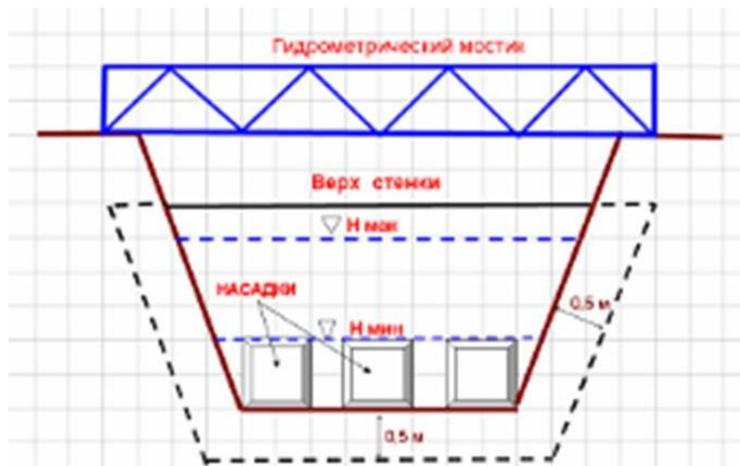


Рис.6. Водомерное устройство типа «СНС»

Расход воды «СНС» определяется по приведенной выше зависимости (7) для «НС» умноженной на количество насадок.

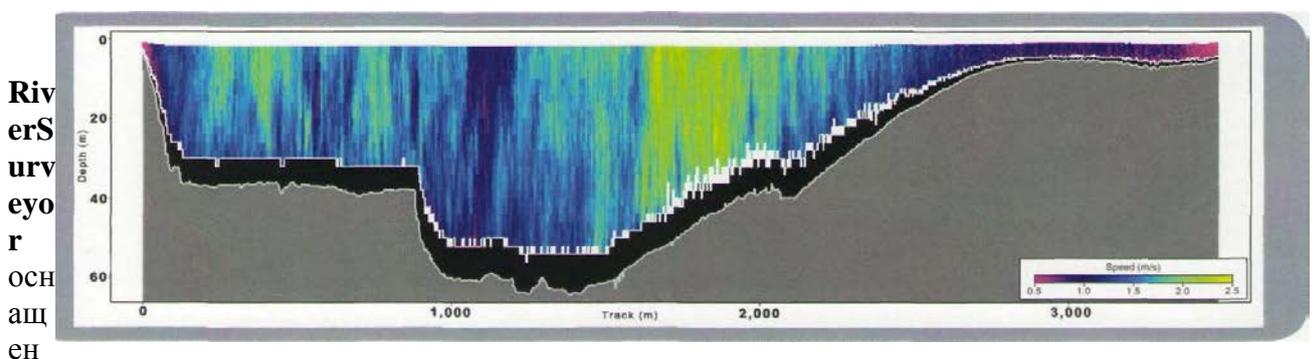
$$Q = 4.1 * a * b * \sqrt{Z} * n ; \quad (8)$$

Где:  $n$  – количество насадок.

Метрологический контроль за всеми водомерными устройствами и сооружениями в ЦАР осуществляется головным координационным метрологическим центром КМЦ при МКВК дислоцированном в г.Бишкеке, Кыргызская республика. В каждой республике метрологический контроль осуществляют национальные Агентства Стандартов, или метрологические центры являющимися филиалами КМЦ.

## 6. Зарубежные способы и методы измерения расхода в реках и каналах

Из зарубежных аналогов расходомеров, к этому типу приборов следует отнести расходомер **RiverSurveyor**. **iverSurveyor** оснащенные датчиками S5 / M9 который является устройством для измерения речного стока без ограничений. Маленький, портативный и простой в использовании прибор, запатентован и отмечен наградами. **RiverSurveyor** помогает принять меры в экстремальных ситуациях при наводнениях или засухе в рамках одного инструмента, без изменения пользовательских настроек. Результаты говорят сами за себя - **RiverSurveyor S5 / M9** коренным образом изменил подходы при измерении расходов воды в реках и каналах.



экслюзивные датчиками **SonTek** – работающие на нескольких акустических частотах как на малых так и больших глубинах воды (Прим. в принципе это типовой эхолот, совмещенный с датчиками скорости потока). Датчик собран из четырех детерминированных микроконтроллеров, которые распределяют соответствующие акустические сигналы, так что вы можете сосредоточиться на измерении - не отвлекаясь на настройки инструмента. Система имеет вертикальную установку для точного

определения глубины канала. Измерение глубины и скорости течения система RiverSurveyor датчиками S5 / M9 производит непрерывно в автоматическом режиме.

Комплектация:

Многополосный акустический датчик (имеет несколько акустических частот) – производит вертикальное акустическое сканирование SmartPulseHD® для определения глубины русла в точке измерения.

Микропроцессор вычисляет скорость течения за счет разности отраженного сигнала в текущем потоке.

Стандартный 360 ° компас укомплектованный двумя сенсорами контроля для определения оси наклона реверберации с частотой сигнала до 70Hz Bottom-слежения.

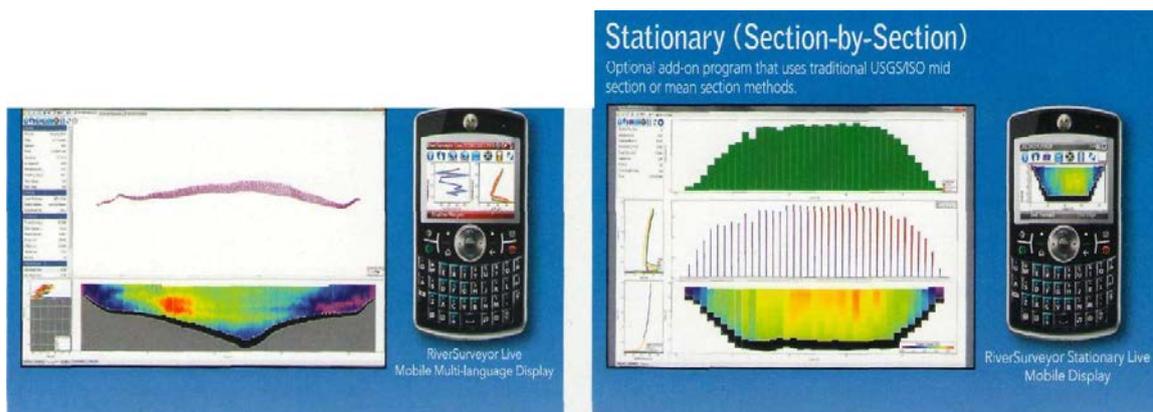
В комплект входит RTK GPS для показания координаты точки измерения, имеющее самое высокое разрешение в наибольшем диапазоне глубин.

Преимущества:

Устройство имеет самое высокое разрешение при сканировании больших глубин в диапазоне измерения. Имеется канал для передачи как батиметрических так и газоразрядных сигналов. Также имеется возможность измерения максимальной глубины увеличением мощности разряда, когда точка слежения находится вне диапазона.

Система запрограммирована интеллектуальным алгоритмом, которая позволяет измерять глубину, скорость и турбулентность одновременно. Акустический сигнал преобразуется и адаптируется в импульсный когерентный, широкополосный, сигнал.

Все вычисления производятся одновременно и передаются от датчиков S5 или M9, на хост-компьютер. Система снабжена защитой сохранения данных, если происходит потеря



коммуникации.

Прибор снабжен системой компенсации движения судна в зависимости от скорости течения. Высокие скорости передачи и обработки данных обеспечивают чрезвычайно надежный сбор данных.

Акустический сигнал измеряет дрейф и скорость судна относительно земли независимо от его положения DGPS. Также производится непрерывное измерение глубины потока. Ультра точное измерение как альтернативное, можно производить с движущихся плотов или других плавучих средств.

Прибор **RiverSurveyor** удовлетворит все ваши ожидания, как во время, так и после измерений! Набор программного обеспечения для ПК позволит производить измерения при помощи мобильных передающих систем (телефонов). Все программы в полной мере адаптированы для SmartPulseHD, а интеллектуальное программное обеспечение обеспечивает защиту потери данных во время передачи информации. Устройство имеет возможность простого переключения от компьютера на мобильное устройство во время проведения измерения.

Устройство снабжено обратной связью, возможностью статистической обработки и построения графиков при обработке данных. Устройство поддерживается несколькими языками включая африканский, каталонский, китайский, английский (Великобритания & США), французский, немецкий, венгерский, итальянский, японский, корейский, польский, португальский, испанский и турецкий.



### Измерения с лодки или парома

Программу, разработанную для этого устройства, можно использовать для проведения измерений, из движущегося судна.

Устройство позволяет эффективно перемещаться при помощи лодки из одного места в другое с полным сканированием контура участка и измерением эпюры скорости на вертикали.

Устройство позволяет также производить просмотр нескольких измерений (глубины - вертикальный луч, и местоположения лодки GPS-GGA, и GPS -VTG) одновременно.

Устройство снабжено поддержкой USGS Loop метода для корректировки данных при перемещении лодки.

### Стационарные (измерения)

Устройство снабжено дополнительным модулем с программой, которая использует традиционные методы измерения USGS / ISO. Для сильно турбулентных течений метод измерения с лодке или перемещение плота не подходит, для этих случаев GPS неприменима.

Собственно устройство **RiverSurveyor**, позволяет собирать батиметрические данные, профиль эпюры скорости водяного столба, и данные акустического отслеживания дна. Информация включает в себя:

Полное отображение эпюры скорости водяного столба, эксклюзивную глубину. Акустическое сканирование дна и измерения скорости дрейфа, относительно земли, когда GPS теряется. Звуковая интеграции скорости и интерполяции (при использовании с CaSTaway-CTD®).

2. Другим современным устройством для измерения расхода воды является расходомер **SonTek-IQ** и его модификации.



SonTek-IQ разработано при содействии комитета Государственных исследований кооперативного, образования, и передано для эксплуатации в Министерства сельского хозяйства США.

**SonTek-IQ** выдает продукцию, которое обеспечивает большое качество, при определении расхода, объема, уровня и значений скорости в сложных условиях, относительно не дорог. Алгоритмы на измерение параметров потока,

тщательно разработаны и протестированы, что обеспечивают получение достоверных данных для принятия важных решений. Система состоит из четырех независимых

датчиков генерирующих акустические сигналы, которые сканируют поперечный и продольный профили потока, чтобы точно отобразить скорость потока и форму поперечного сечения. Эти данные позволяют по заданному алгоритму вычислять расход. Кроме того, встроенный датчик давления работает в тандеме с вертикальным акустическим лучом для измерения уровня воды, так что вы всегда будете уверены в своих измерениях. Устройство полностью автономное, и изготовлено в одном обтекаемом корпусе.

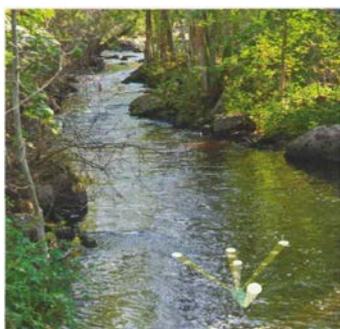
**Устройство SonTek – IQ** предназначено для измерения расхода в искусственных или естественных каналах, трубах и ручьях глубиной от 8 см (3 дюйма) до 5 м (16 футов). Четыре датчика RS-232, SDI-12 генерируют импульсные акустические пучки и методом Доплера измеряют скорости течения на больших расстояниях. Устройство оснащено программой для измерения расхода в открытых каналах и / или закрытых трубопроводах. Программа разработана по эксклюзивной SmartPulseHD \* технологии адаптивной дискретизации. Для измерения уровня воды SonTek, используя вертикальную штангу и датчик давления. Стандартный набор SonTek-IQ Software включает в себя легкое монтажное оборудование, кабели, адаптеры и источники питания.

Если вам нужно практическое и экономичное решение для мониторинга водораспределения одного канала, или необходимостью управлять большой ирригационной системой с десятками участками мониторинга, то устройство SonTek-IQ идеально подходит для решения этой задачи. Для этого достаточно ввести геометрию канала, используя программное обеспечение SonTek-IQ и вы будете иметь точные данные о расходах в канале за считанные минуты!

Пакет программного обеспечения **SonTek-IQ** является универсальным для сопряжения с мобильным устройством "Смарт Page" который может собирать необходимые данные пользователю в зависимости от конфигурировании. Если хотите получать некоторые статистические данные? Вы можете сделать это, только одним нажатием кнопки.

**Устройство SonTek-IQ Стандарт:** Устройство изготовлено в стандартном исполнении и является устройством "без излишеств" для малобюджетных пользователей. Но низкие бюджеты SonTek-IQ, не имеют в виду низкое качество данных! В устройстве также используются те же мощные Smart Pulse технологии HD, который используется в SonTek-IQ Plus систем, и вы будете контролировать свой поток без снижения качества.

Стандартное исполнение позволит измерять расходы в открытых каналах, и передавать базовые выходные параметры данных для отображения динамической, единой интегрированной эпюры скорости.



**Устройство SonTek-IQ Plus** разработано для работы в сложных условиях.

Версия SonTek-IQ Plus предлагает измерение параметров потока для больших каналов и рек с глубины до 5 м. Устройство предназначено для сбора данных скорости потока с шагом до 2 см в русле канала по горизонтали и вертикали.

Эта версия предлагает пользователю полную гибкость в получении скоростных параметров в сечении потока для тех случаев, когда "значение средней скорости потока" не

достаточно.

SonTek-IQ Plus способен проводить измерения не только в каналах с трапециевидным сечением, но и любых каналах различного поперечного сечения, с глубиной до 5 м, где необходимо измерять уровень, скорость и расход. С гибким программным обеспечением возможности SonTek-IQ, безграничны.

**SonTek-IQ Pipe** предназначен для измерения расхода в безнапорных и напорных трубопроводах.



SonTek-IQ можно использовать в большинстве промышленных или сельскохозяйственных трубопроводов. В отличие от многих других расходомеров, SonTek-IQ автоматически определяет расход, даже если труба полностью или частично заполнена. SonTek-IQ использует лучшую методику по измерению скорости воды. Эта информация затем используется для вычисления расхода, а также точных данных по уровням воды. Для этого предусмотрена вертикальная штанга и / или датчик давления. Все это не требует дополнительной настройки.

3. Одним из наиболее продвинутых зарубежных автоматизированных систем для управления ирригационными системами является: **Интеллектуальное управление водными ресурсами и принятия решений «SWaN – Smart Water management solution»** (компания-Nanango telekom Южная Корея).

Система SWaN – Smart Water состоит из комплекта сенсоров, телекамер, уровнемеров, измерителей скорости воды, датчиков качества и засоленности воды, осадкомеров.

Область применения: водохранилища, каналы, реки и другие водные объекты.

Весь комплекс станции оборудуется непосредственно на водном объекте.

Принцип работы: информация, собранная по всем датчикам и сенсорам передается через спутник на мобильную связь в формате 2G и 3G.

В комплект входит стандартный набор данных:

- Информация ГИС;
- Информация о возможных паводках;
- Информация о положении затворов и регулирование ими при чрезвычайных ситуациях.

Мониторинг водных ресурсов ведется в режиме реального времени, который передается в мониторинговый центр, который в свою очередь передает ее через сеть Интернета всем заинтересованным пользователям через SMS оповещение.

Управлять системой можно через веб-сайт Интернета. Питание датчиков осуществляется через солнечные батареи.

Станция укомплектована стандартным оборудованием и запрограммирована на получение и передачу четырех видов данных:

1. Информации ГИС – данные о расходах воды, состоянии оборудования и метеорологические данные;
2. Отчетная информация - составление суточных, недельных, месячных и годовых отчетов. Построение различных диаграмм и графиков;
3. Информация о нештатных ситуациях и автоматическое оповещение пользователей;
4. Информация по дистанционной диагностики, сброс данных. Составление отчетов за время работы, передача данных пользователю.

Станция также может комплектоваться дополнительным продвинутым модулем, который запрограммирован на:

1. Предупреждение о наводнениях, засухах или каких либо нештатных (аварийных) ситуациях;
2. Обеспечением дистанционного управления орошением или дренажом.

Система SWaN – Smart Water успешно внедрена на водных объектах Таиланда, Вьетнама и других объектах юго-восточной Азии.

## **7. Новые технологии и возможности измерения расхода в России**



В связи с ростом численности населения, стремительно стали расти площади столичных, областных и районных городов. В последние годы в связи массового переселения жителей сельских районов в города, рост численности населения привело к тому, что старые системы водоснабжения и канализации не были в состоянии обеспечить нормальную работу этих систем. Особенно это проявилось, когда началось массовое строительство новостроек в зоне обжитых благоустроенных районов городов с существующей инфраструктурой. Старые системы водоснабжения не были в состоянии обеспечить новые массивы новостроек чистой водой, а система отвода сточных вод особенно при проливных ливнях, заполнялись и выбрасывала нечистоты на поверхность, ввиду ограниченной пропускной способности. Такое положение дел потребовало реконструкции, или проектирование новых систем водоснабжения и канализации.

На сегодняшний день промышленность СНГ и зарубежных стран освоило выпуск современных устройств как для подачи чистой воды, так и для отвода грязных сточных вод. В том и другом случае очень важным является учет всех видов вод. В нижеприведенном обзоре собрана выборка современных средств учета чистой воды, а также подборка расходомеров для сточных вод, которые будут необходимы при реконструкции и проектировании новых систем.

Ниже приведен перечень водомерных систем выпуск которых освоен на российском пространстве.

## 1. Накладные ультразвуковые расходомеры

В последнее время российский рынок постепенно начали завоевывать накладные ультразвуковые расходомеры, которые обладают одним неоспоримым достоинством – они позволяют производить измерения без врезки в трубопровод. Еще лет 15–20 назад, на заре становления накладной ультразвуковой расходомерии, первые приборы оставляли желать лучшего по таким параметрам, как качество измерений, точность, возможность работать в жестких условиях эксплуатации. В итоге это негативно сказалось на репутации накладных расходомеров, и понадобилось время, чтобы вновь убедить покупателей в том, что прогресс не стоит на месте и современные накладные расходомеры на равных могут конкурировать с врезными. Накладные ультразвуковые расходомеры FLUXUS, выпускаемые немецкой компанией FLEXIM, способны измерять потоки жидкостей и газов в условиях, в которых приборы, использующие другие методы измерения, не справятся с задачей. Они измеряют расход малых потоков в трубах большого диаметра, выдерживают жесткие условия эксплуатации и обладают другими преимуществами. ЗАО «Текноу» представляет в России компанию FLEXIM (Германия), производителя накладных ультразвуковых расходомеров жидкости и газа FLUXUS ADM. Обширная научная база, более чем

двадцатилетний опыт работы и узкая специализация позволили немецкой компании вывести расходомеры FLUXUS ADM в лидеры среди приборов своего класса. Тяжелые условия эксплуатации больше не составляют проблем для накладных расходомеров, и благодаря ряду новаторских идей FLUXUS ADM измеряют там, где другие приборы пасуют. Поскольку тарифы на оплату потребляемой энергии постоянно растут, сокращение потребления энергии – важная задача для владельцев зданий, а также для арендаторов. Спрос на оптимизацию энергии, управление энергией и измерение энергии в настоящее время становится все актуальнее. Несколько лет назад в центре медиахолдинга «Тайм Уорнер», одном из небоскребов нью-йоркского Манхэттена (США), потребовалось установить устройства, позволяющие эффективно оценивать работу системы охлаждения и вентиляции для оплаты выставляемых счетов. На основе жесткого конкурса управляющая компания выбрала ультразвуковые расходомеры с накладными датчиками компании FLEXIM. Главным критерием выбора, убедившим инженеров и руководство, стала способность данных устройств измерять расход малых потоков с одновременной точностью температурного измерения, причем без прерывания налаженного процесса, так как остановка любой из составляющих системы энергоснабжения для такого здания достаточно долгий и затратный процесс. Диаметр труб системы охлаждения всегда рассчитан с запасом для максимального потока, но во время непикового потребления (ночью, в выходные и т. д.) в трубах наблюдается меньшее количество водных потоков. Расход воды и, таким образом, энергии достаточно мал, и иногда приборы его не обнаруживают. Если не учитывать этого незначительного ежедневного расхода энергии, за год он приведет к достаточно большим потерям. Расходомеры FLUXUS® Energy от FLEXIM оказались идеальным выбором: ультразвуковые накладные датчики имеют высокий запас прочности и способны к измерению очень малых потоков. Кроме того, приборы показали точное и надежное температурное измерение без нулевого дрейфа. Износ и поломка не оборачиваются неразрешимой проблемой, так как датчики потока просто прижаты к внешней стороне трубы и не контактируют с измеряемой средой. В «Тайм Уорнер Центре» были установлены двадцать восемь таких расходомеров для физического управления процессом подачи тепловой энергии и охлаждения. Каждый прибор включал один комплект датчиков потока и два калиброванных относительно друг друга датчика температуры. Впоследствии были установлены еще 50 таких приборов для измерения расхода тепла в помещениях, занимаемых арендаторами. Все результаты измерений поступают в автоматизированную систему управления здания. Одновременно эти значения также регистрируются в энергонезависимой памяти прибора. В случае отказа работы системы управления и потери данных утраченную информацию за последние 120 суток всегда можно восстановить из архивной памяти приборов. Поставленное расходометрическое оборудование удовлетворило как компанию, подающую энергоносители, так и управляющую компанию потребителя, а также арендаторов.

## **2. Использование ультразвуковых расходомеров в России**

Руководство Назаровской ГРЭС (Красноярский край) приняло решение установить систему учета питательной воды (подаваемой в паровые котлы в качестве исходного материала для образования пара). Питательная вода поступает на станцию через 12 трубопроводов диаметром от 800 до 1200 мм. К моменту модернизации трубопроводы находились в эксплуатации более 20 лет. Для того чтобы установить на них расходомеры, использующие традиционные методы измерения (переменного перепада давления, электромагнитные, вихревые и т. д.), потребовалось бы провести масштабные строительные работы, что само по себе связано с большими затратами. Кроме того, весьма высока стоимость расходомеров для труб большого диаметра. Накладные расходомеры производства компании FLEXIM, которые ЗАО «Теккноу» поставляет на

российский рынок, позволили избежать дополнительных затрат на строительные работы, а по цене эти приборы сопоставимы либо дешевле врезных расходомеров для трубопроводов диаметром выше 600 мм. Кроме того, существенная экономия достигается за счет использования двухканальных расходомеров, в которых один блок электроники производит вычисления для двух труб одновременно смотрите рисунок 1.

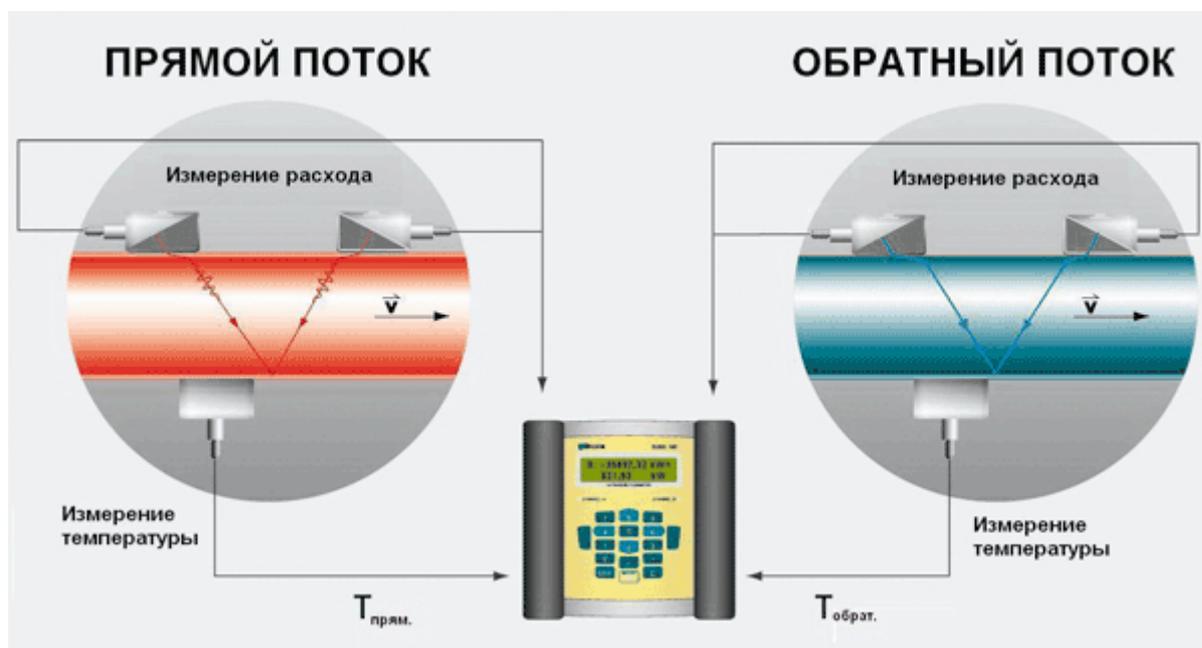


Рис.1 Функциональная схема измерений теплового потока расходомером FLUXUS

Сперва на станции были введены в эксплуатацию три расходомера для шести трубопроводов. Через полгода – еще три. Как показал опыт, монтаж датчиков на трубопроводе производится за 1,5–2 часа и при этом требует достаточно точного их позиционирования. Хотя качество питательной воды невысоко (в ней имеются включения песка, грязи и т. д.), это не вызывает проблем при измерении расхода приборами FLEXIM. Погрешность составляет не более  $\pm 1\%$ . Блоки электроники FLUXUS ADM 7407 имеют степень защиты IP 65, что позволило установить их прямо в подземных камерах. Данные со всех расходомеров по протоколу Modbus RTU передаются на центральный диспетчерский пункт для сохранения, визуализации и контроля. За срок, прошедший с момента установки до настоящего дня, приборы зарекомендовали себя с положительной стороны. Хотя при выборе точек измерения не были выдержаны требования к расстояниям прямых участков (в связи с отсутствием технической возможности доступа), благодаря правильной настройке, выполненной согласно рекомендациям руководства по эксплуатации, ультразвуковые расходомеры FLUXUS работают без каких-либо замечаний рис.2.



Рис.2. Установки для учета расхода воды на трубопроводах больших диаметров:  
Назаровская ГРЭС (Красноярский край), ДУ = 1200...1800 мм

### 8. Измерение расхода воды на трубопроводах большого диаметра

С использованием накладных ультразвуковых расходомеров рис.3, производства компании FLEXIM были смонтированы и два узла учета питательной воды на Первоуральском новотрубном заводе.



Рис 3. Крепление датчиков на трубу

Метрологи и инженеры-технологи предприятия тщательно обсуждали со специалистами по расходомерии компании «Текноу» вопрос о возможности использования этих приборов для технологического учета, получения погрешности в измерениях, не более заявленной производителем и другие технические проблемы. Некоторую настороженность вызывала сама возможность применения ультразвука для измерения расхода, стабильность и точность показаний при использовании подобного метода.

Однако, как показала практика, установка ультразвуковых расходомеров стала наиболее выигрышным вариантом для данного предприятия при создании узлов учета расхода по параметрам цена/качество. Простота монтажа и обслуживания при отсутствии необходимости останавливать процесс, стабильность и точность показаний, передача данных на пульт управления – вот основные положительные факторы, позволившие сделать выбор в пользу приборов этого типа. Норвежской компании Statoil был необходим прибор для учета пластовой воды при добыче нефти. Накладные расходомеры уже достаточно давно используются для этой цели, но в данном случае понадобился прибор для учета воды на буровых платформах в Северном море, что, во первых, накладывало дополнительные требования к его исполнению, а во вторых, создавало добавочные трудности из-за того, что в воде содержалось большое количество песка. Компания FLEXIM была не первой, к кому обратились специалисты Statoil, но единственной, кто смог решить поставленную задачу. Залогом успеха стало двухпроцессорное исполнение блока электроники и высокая частота измерений (стандартно 1000 раз/с). Это позволило производить статистическую выборку результатов измерений, после чего часть значений, а именно сигналы, искаженные примесями, содержащимися в воде, отбрасывались как недостоверные. Требования к исполнению прибора были реализованы за счет изготовления корпусов накладных датчиков из нержавеющей стали и защитной оплетки кабелей, это сделало их пригодными к применению в морском климате. На заводе-изготовителе каждая пара накладных датчиков проходит обязательную калибровку на эталонном стенде, калибровочная информация записывается на микрочип, который поставляется вместе с датчиками. Таким образом, при подключении к блоку электроники информация автоматически загружается в ОЗУ прибора и используется для дальнейших измерений. Это дает возможность использовать любой комплект датчиков с любым блоком электроники без ограничений. Калибровка производится главным образом в области малых потоков и позволяет прибору производить измерения скорости в диапазоне от 0,01 до 25 м/с (для газа – от 0,01 до 35 м/с). Кроме того, запатентованная технология компании FLEXIM – подбор парных пьезоэлементов для одного комплекта датчиков – позволяет прибору избежать так называемого «дрейфа» нуля (стабильность лучше, чем 0,005 м/с). Добавив к таким датчикам блок электроники с аккумуляторной батареей высокой емкости и возможностью подзарядки от автомобильной розетки, дружелюбный интерфейс, возможность подключения толщи номера и накладных термометров сопротивления, а также удобные крепления на магнитах, мы получим высококлассные портативные накладные расходомеры FLUXUS F601 или F608. Оценить их преимущества смогли специалисты различных отраслей промышленности: от коммунальных служб до инженеров АЭС, от специалистов по исследованию нефтяных скважин до специалистов НПЗ. Сотрудники компаний BP, Shell, «Газпром», «Орскнефтеоргсинтез», «Каустик», «ТАИФ-НК», «Татнефть» отметили, что прибор производит оперативные измерения расхода практически любой жидкости, от воды до газового конденсата, и таким образом позволяет производить периодические сверки показаний стационарных приборов с реальным расходом.

### ***Использование ультразвуковых расходомеров с врезными датчиками.***

Доплеровский и корреляционный приборы не обладают высокой точностью измерений, они требуют достаточно больших прямолинейных участков трубопровода. Достоинством этих систем является малая чувствительность к загрязнению воды. Наиболее перспективны системы измерений объема и расхода воды, реализуют временной метод. Однако, при их применении существует целый ряд проблем – необходимость наличия большой протяженности прямых участков для установки датчиков расхода, обеспечение скорости потока жидкости не менее, чем 0.3 м/с.; наличие сформированного потока

жидкости; обеспечение возможности выполнения осмотра и очистки измерительного участка. Кроме того, для установки врезных датчиков, а в последующем - обслуживании расходомера, необходимо останавливать трубопровод и сливать воду, что зачастую связано с большими затратами, а иногда попросту невозможно.

### ***Установка полно проходных электромагнитных расходомеров.***

Этот способ позволяет добиться наивысшей точности учета, однако связан с очень большими затратами на закупку приборов, их монтаж и обслуживание. Кроме того, как и в предыдущем случае, возникает вопрос о необходимости перекрытия трубопровода при монтаже и техническом обслуживании.

### ***Установка погружных расходомеров с функцией возможности монтажа методом «горячей врезки».***

Сам метод примерно одинаков для всех типов расходомеров и заключается в том, что вначале к точке установки расходомера приваривается отводящий патрубок, после чего на него устанавливается запорный клапан (через фланец или резьбовое соединение в зависимости от типа расходомера). На клапан устанавливается инструмент для горячей врезки, которым просверливается отверстие в трубопроводе. Диаметр отверстия зависит от типа расходомера (как правило, не более 2"). Запорный клапан закрывается после извлечения инструмента для горячей врезки, после чего расходомер присоединяется к запорному клапану.

***Турбинные погружные расходомеры*** имеют достаточно большой рабочий диапазон измерения. К недостаткам погружных турбинных расходомеров следует отнести необходимость установки перед ними специальных фильтров для удаления взвешенных частиц. Кроме того, при движении по трубопроводу воздуха или водо-воздушной смеси турбинный расходомер работает так, как если бы по трубопроводу двигалась вода, что приводит к неправильным показаниям. Этот недостаток особенно актуален для трубопроводов, которые подвергаются периодическому опорожнению.

Принцип действия ***вихревых погружных расходомеров*** основан на зависимости частоты срыва вихрей за телом обтекания от скорости потока. В системах измерений, реализующих вихревой метод, нет подвижных механических частей. Недостатками этих расходомеров являются повышенные требования к длинам прямолинейных участков трубопровода и низкая точность при измерениях на малых скоростях потока.

***Электромагнитные системы измерения объема и расхода воды***, принцип работы которых основан на взаимодействии движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем, обладают высокой точностью измерения в широком рабочем диапазоне.

***Погружные электромагнитные расходомеры F-3500 и FB-3500*** имеют все преимущества электромагнитных полнопроходных расходомеров, а также: относительно низкую стоимость, возможность монтажа/демонтажа без остановки технологического процесса, а также возможность измерения потока в различных направлениях одним расходомером (модель FB-3500). Кроме того, электромагнитные погружные расходомеры F-3500 и FB-3500 имеют широкий диапазон измерения, что делает их идеальным вариантом для измерения расхода жидкостей в трубопроводах больших диаметров.

## 9. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ В ТРУБОПРОВОДАХ МАЛОГО ДИАМЕТРА



Для различных технологических потребностей и нужд городского водоснабжения, часто бывает необходимо определение расхода воды в трубе и его динамика в течение периода времени. Для многих циклических процессов важно постоянно контролировать расход воды и здесь не обойтись без современных измерений.

### *Двухканальные расходомеры*

Эти приборы, основанные на методе «площадь – скорость», выполняют измерения скорости и уровня потока.

Измерение значений уровня потока принято считать самым простым в организации процесса определения объемного расхода воды в безнапорных потоках, но и этому параметру стоит уделить внимание. Уровень потока может быть измерен тремя способами: - с использованием бесконтактного радарного метода измерения, который является, пожалуй, оптимальным. Ввиду высокой частоты измерения ему не страшны образование пара и пены над потоком. При возможном переполнении трубопровода датчик имеет степень защиты IP68 и с легкостью выдержит погружение; - с помощью погружного гидростатического метода измерения. При выборе датчика уровня, основанного на этом методе, необходимо уделять внимание качеству исполнения самого устройства, способности применяемых материалов выдержать длительную работу в агрессивной среде (например, если речь идет об измерениях сточной воды или жидкостей с содержанием абразивных веществ); - с применением бесконтактного ультразвукового метода измерения. Необходимо оценить вероятность появления пара над потоком в зимний период времени. Практика показывает, что датчики уровня, основанные на ультразвуковом методе измерения, могут воспринять поверхность пара как поверхность воды, тем самым значительно искажая уровень потока в сторону увеличения, а значит, увеличивая и значение расхода. Между тем главным параметром для выбора расходомера служит метод измерения скорости потока. Именно для измерения скорости используются сложные технологии, предназначенные для применения в определенных измерительных условиях. Давайте разберемся в них.

## 10. Измерение расхода бесконтактным радарным методом

Один из самых универсальных методов, обеспечивающий точность данных даже в сложных условиях измерений. Для измерения скорости потока используется бесконтактный радарный датчик скорости. Скорость потока жидкости определяется бесконтактным радарным методом. Микроволновое излучение, формируемое датчиком скорости, попадая на свободную поверхность воды, отражается от неоднородностей, присутствующих на поверхности потока, и попадает обратно в датчик скорости, который по разности частот (излучаемой и принимаемой) измеряет скорость движения поверхности потока жидкости. Объемный расход и объем жидкости определяются на основании эпюры распределения скоростей, уровня потока и площади внутреннего сечения трубопровода. Радарные волны имеют высокую частоту излучения (24 ГГц), поэтому являются радиопрозрачными, то есть способны выполнять измерения через пластиковые поверхности, пар и пену.

*Рупорная антенна* – металлическая конструкция, состоящая из волновода переменного (расширяющегося) сечения с открытым излучающим концом. Как правило, рупорную антенну возбуждают волноводом, присоединенным к узкому концу рупора. По форме

рупора различают Е-секториальные, Н-секториальные, пирамидальные и конические рупорные антенны.

*Планарная, или патч-антенна* – СВЧ-антенна, состоящая из плоского металлического лепестка, закрепленного параллельно пластине земли. Обычно эту конструкцию заключают в пластиковый радиопрозрачный кожух как для защиты от механических повреждений, так и из эстетических соображений. Такие антенны просты в изготовлении и легко могут быть модифицированы под требуемые технические условия.

Для своих клиентов чаще всего мы выбираем приборы, оснащенные рупорными антеннами, тем более что в настоящий момент только они внесены в Государственный реестр СИ РФ. Они имеют очевидные преимущества перед измерителями скорости с патч-антеннами при измерениях скорости потока в трубопроводах и узких каналах:

- рупорные антенны хорошо экранированы, что обеспечивает лучшую помехоустойчивость, нежели у патч-антенн;
- рупорные антенны имеют узкую диаграмму направленности и низкий уровень боковых лепестков, что обеспечивает точные измерения в стесненных условиях, например, в колодцах (рис. 5). Патч-антенна в силу широкой диаграммы направленности и высокого уровня боковых лепестков, находясь в стесненных условиях, собирает большое количество переотраженных «паразитных» шумов именно от боковых лепестков. Мощность «паразитных» шумов значительно выше мощности сигналов, отраженных от поверхности потока воды, что и является причиной невозможности их применения в колодцах и других закрытых пространствах.

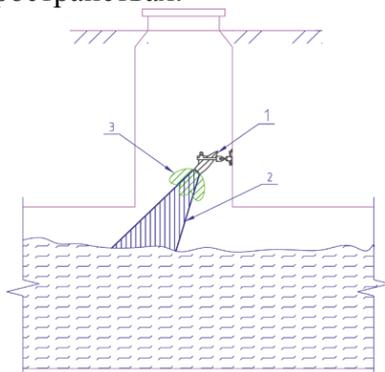


Рис. 4. Условная схема диаграммы направленности основного лепестка и боковых лепестков рупорной антенны датчика скорости, установленного в канализационном колодце: 1 – датчик скорости, 2 – диаграмма направленности основного лепестка, 3 – диаграмма направленности боковых лепестков

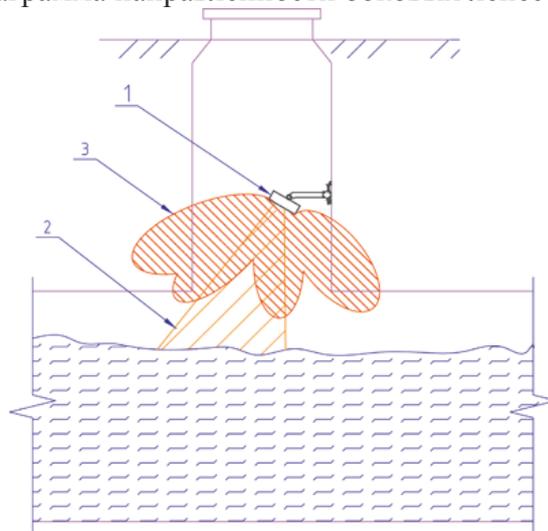


Рис. 5. Условная схема диаграммы направленности основного лепестка и боковых лепестков патч-антенны датчика скорости, установленного в колодце: 1 – датчик

скорости, 2 – диаграмма направленности основного лепестка, 3 – диаграмма направленности боковых лепестков

Узкая направленность излучения радарного датчика с рупорной антенной позволяет использовать его более эффективно в сложных задачах измерений, например, при измерениях на большой высоте над каналом, при чрезмерном испарении или больших слоях пены на поверхности потока.

Именно поэтому датчики скорости на базе рупорных антенн могут применяться как в безнапорных трубопроводах, так и в открытых каналах, а датчики скорости на базе патч-антенн предназначены для измерения скорости потока в реках и широких открытых каналах.

Измеряемое значение минимальной скорости потока для рупорной антенны составляет от 0,08 м/с, а для патч-антенны – от 0,1 м/с до 0,3 м/с. Некоторые производители датчиков скорости на базе патч-антенн для улучшения потребительских свойств своей продукции указывают минимальную скорость потока от 0,1 м/с, но стоит учитывать, что у некоторых моделей датчиков скорости диапазон от 0,1 м/с до 0,3 м/с является не измеряемым, а рассчитываемым, исходя из полученных значений уровня потока по принципу расходомеров-уровнемеров. При выборе расходомера рекомендуем проверить его работу при минимальной скорости потока, подключив только датчик скорости (без использования датчика уровня).

### ***Практическая область применения***

Бесконтактный радарный метод измерения на базе рупорной антенны идеально подходит для безнапорных потоков со скоростью более 0,08 м/с (измерение расхода сточных, ливневых, промышленных стоков, промывной воды, других типов агрессивных жидкостей. Измерение расхода в трубопроводах диаметром от 150 до 8000 мм, каналах шириной до 20 м). Бесконтактный радарный метод измерения на базе патч-антенны идеально подходит для использования в широких каналах и реках (равнинных, горных).

### ***Ограничения в применении***

При скорости ниже 0,08 м/с датчик скорости на базе рупорной антенны перестает измерять. Радарное излучение датчика скорости использует эффект Доплера, то есть луч датчика скорости отражается от неровностей, образующихся на поверхности потока. При скорости ниже 0,08 м/с поверхность потока становится зеркальной и луч радара не возвращается к датчику, а переотражается в обратном датчику направлении.

Датчик скорости на базе патч-антенны не работает в условиях тоннельных коллекторов, безнапорных трубопроводов, проложенных под землей, потоков с образованием пара и пены.

### ***Датчик скорости на базе рупорной антенны***

Для измерения скорости потока в трубопроводах и узких каналах важно использовать датчики скорости с узкой диаграммой направленности, разработанные на базе рупорной антенны, которая формирует наиболее стабильный и концентрированный сигнал. Минимальная скорость измерения таких датчиков составляет 0,08 м/с.

### ***Датчик скорости на базе патч-антенны***

Датчики, разработанные на базе патч-антенны, используются для измерений расхода воды в открытых каналах и реках. Широкополосность диаграммы направленности в этих случаях выступает преимуществом этих расходомеров. Минимальная скорость измерения таких датчиков составляет 0,3 м/с (для некоторых моделей 0,1 м/с), при скорости потока ниже 0,3 м/с расходомер определяет расход как одноканальный расходомер-уровнемер.

## **Расходомеры, применяющие бесконтактный радарный метод**

*Датчик на базе конструкции рупорной антенны:* расходомер Raven-Eye (номер в Государственном реестре: 63805-16), производство Flow-Tronic, Бельгия.

*Датчик на базе конструкции планарной антенны (патч-антенны):*

- расходомер NivuFlow 7550 (не внесен в Государственный реестр СИ), производство Nivus, Германия;

- расходомер Q-Eye (не внесен в Государственный реестр СИ), производство Hydrovision (Seba), Германия;

- расходомер Phoenix (не внесен в Государственный реестр СИ), производство Flow-Tronic, Бельгия.

### **11. Погружной датчик скорости (доплеровский метод)**

Для измерения скорости потока используется погружной датчик скорости. Скорость потока жидкости определяется ультразвуковым датчиком, излучающим и принимающим отраженные от частиц в потоке ультразвуковые сигналы. Согласно эффекту Доплера, излучаемый и принимаемый сигналы имеют частотный сдвиг, пропорциональный скорости движения частиц в потоке.

Погружной доплеровский метод может быть представлен двумя типами датчиков: датчик непрерывного излучения и датчик импульсного излучения. Оба типа датчиков используют один и тот же метод измерения – эффект Доплера. Но есть некоторые различия в выполнении измерений.

Датчик скорости непрерывного действия имеет два кристалла: первый – излучающий ультразвуковые сигналы, второй – принимающий сигналы, отраженные от частиц в потоке. Оба кристалла непрерывно излучают и принимают сигналы, отсюда и понятие «непрерывного действия».

Датчик скорости импульсного излучения имеет один кристалл, который выступает и в роли излучателя, и в роли кристалла, принимающего сигнал. После отправки сигнала датчик скорости еще находится в состоянии вибрации, которое можно сравнить с состоянием языка колокола после удара. Пока вибрация не успокоится, кристалл не будет способен принять отраженные сигналы обратно. Вследствие этого образуется «временное» окно, когда датчик не способен работать. Такая «слепая зона» измерений составляет 7–10 см над датчиком.

К датчикам скорости импульсного излучения относятся также и кросскорреляционные датчики скорости. Эти датчики тоже используют метод измерения, основанный на эффекте Доплера, но обработка полученного датчиком сигнала выполняется кросскорреляционным методом.

#### ***Практическая область применения***

Доплеровский метод измерения обычно применяют для определения расхода ливневых и хозяйственно-бытовых стоков на трубопроводах диаметром до 1,5 м и открытых каналах шириной до 2 м.

#### ***Ограничения в применении***

При высокой концентрации взвешенных частиц в потоке датчик скорости измеряет только пристеночную (придонную) скорость, а значит, занижает как значение средней скорости потока, так и расход. Такой эффект возникает в связи с тем, что ультразвуковой сигнал отражается от взвешенных частиц, проходящих вблизи датчика, что не позволяет измерить скорость по всему смоченному сечению.

На рис. 6 условно показана ситуация с умеренным содержанием взвешенных частиц в потоке. На рис. 7 – с повышенным содержанием взвешенных частиц в потоке, а на рис. 9 – с высоким содержанием взвешенных частиц в потоке.

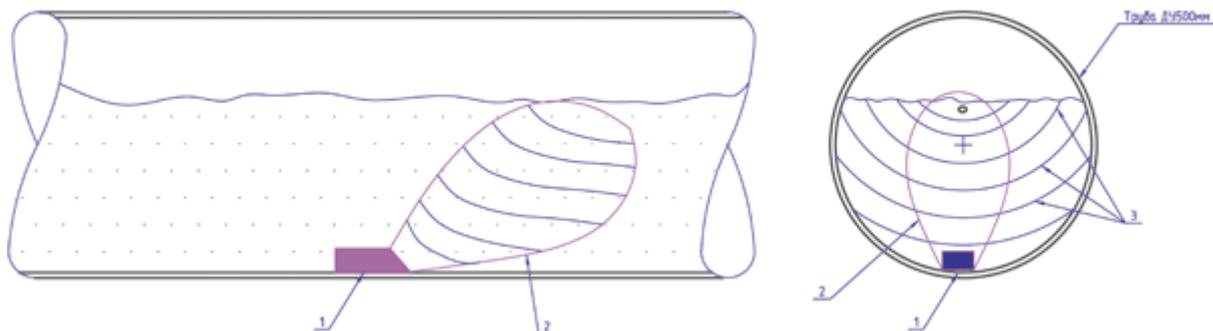


Рис. 7. Установленный датчик скорости в условиях умеренной концентрации взвешенных частиц: 1 – датчик скорости, 2 – покрытие ультразвукового сигнала датчика скорости, 3 – профиль скоростей потока

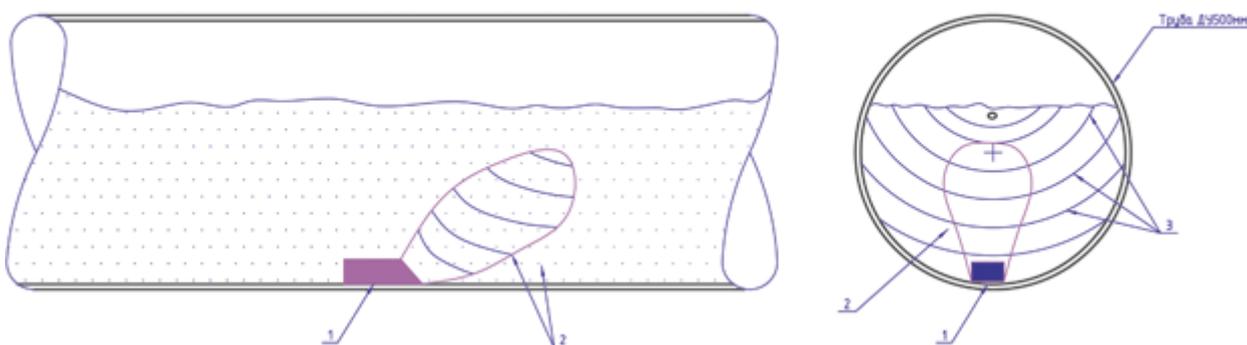


Рис. 8. Установленный датчик скорости в условиях повышенной концентрации взвешенных частиц: 1 – датчик скорости, 2 – покрытие ультразвукового сигнала датчика скорости, 3 – профиль скоростей потока

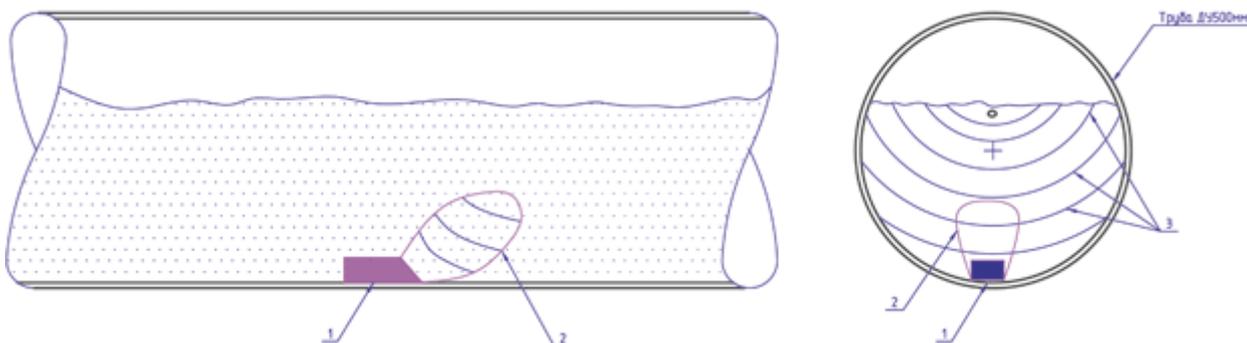


Рис. 9. Установленный датчик скорости в условиях высокой концентрации взвешенных частиц: 1 – датчик скорости, 2 – покрытие ультразвукового сигнала датчика скорости, 3 – профиль скоростей потока

Работу датчика скорости в данных условиях можно сравнить с работой фонаря в густом тумане – чем гуще туман, тем короче луч света. Этот эффект также можно назвать поглощением сигнала.

### **Представленные расходомеры, применяющие доплеровский метод.**

#### **Доплеры непрерывного действия:**

- расходомер Beluga (номер в Государственном реестре: 63804-16), производство Flow-Tronic (Бельгия);
- расходомер Greyline AVFM (номер в Государственном реестре: 48751-11), производство Greyline Technologies (Канада);
- расходомер Взлет РБП (номер в Государственном реестре: 52517-13), производство АО «Взлет» (Россия).

### **Доплер импульсного действия:**

- расходомер Nivus OCFM (номер в Государственном реестре: 41981-09), производство Nivus (Германия);
- расходомер Nivus OCFM Pro (номер в Государственном реестре: 34977-07), производство Nivus (Германия).

### **Ультразвуковой метод для измерения расхода воды в безнапорных трубопроводах**

Ультразвуковой метод измерения скорости потока Transit-Time, или времяимпульсный, является одним из наиболее распространенных, потому как имеет самый большой опыт применения по всему миру ввиду его давности.

Для измерения скорости потока используются парные ультразвуковые датчики скорости. Измеряется время прохождения ультразвуковых импульсов по направлению движения жидкости и против него. Разность этих времен пропорциональна скорости движения жидкости по трубопроводу или каналу. Зная эпюру распределения скоростей в месте установки ультразвуковых датчиков и площадь измерительного сечения трубопровода, можно определить расход и количество жидкости.

### **Практическая область применения**

- Обычно ультразвуковой метод измерения скорости применяют *в трубопроводах большого диаметра* с вероятностью появления при нулевых значениях скорости, *либо в каналах шириной более 15 м*.
- Длина прямого участка для установки – не менее 13 Н<sub>макс</sub> (Н<sub>макс</sub> – максимальный уровень потока в измерительном створе).

### **Ограничения в применении**

Сложность монтажа и демонтажа датчиков скорости, например для последующей поверки.

Для получения средней скорости потока с помощью ультразвукового метода необходимо выполнить измерения в разных плоскостях измерительного сечения. Как известно, скорость по поперечному сечению потока изменяется: ближе к стенкам сечения скорость ниже, ближе к поверхности потока – выше, такое распределение называется профилем скоростей потока по поперечному сечению. В связи с этим необходимо как минимум предусмотреть установку датчиков на дне трубопровода (канала) и в центре. Выбор количества пар датчиков скорости определяется, исходя из размеров сечения трубопровода или канала и диапазона изменения уровня потока. На рис. 10 показан неправильный способ установки датчиков скорости, на рис. 11 – правильный способ установки датчиков.

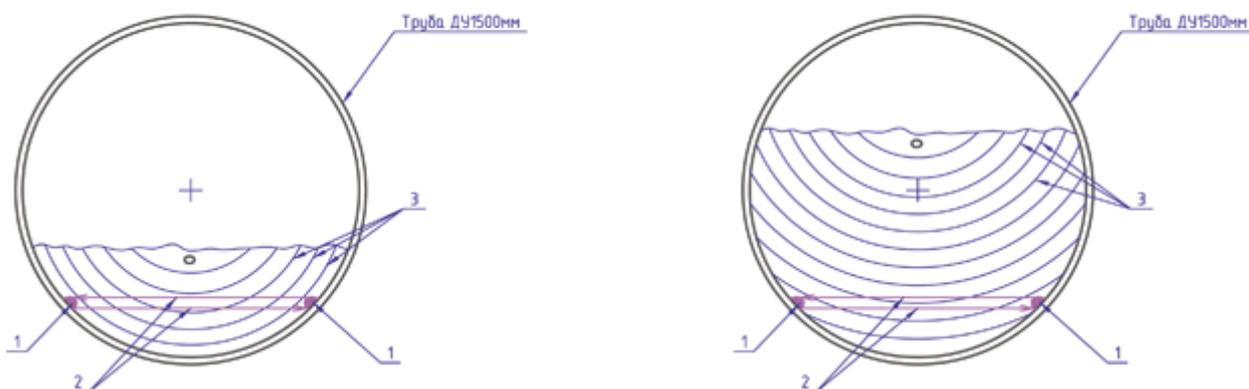


Рис. 10. Неправильная установка ультразвуковых датчиков скорости Transit-Time в зависимости от наполнения трубопровода: 1 – датчик скорости, 2 – ультразвуковой сигнал от датчика к датчику, 3 – профиль скоростей потока

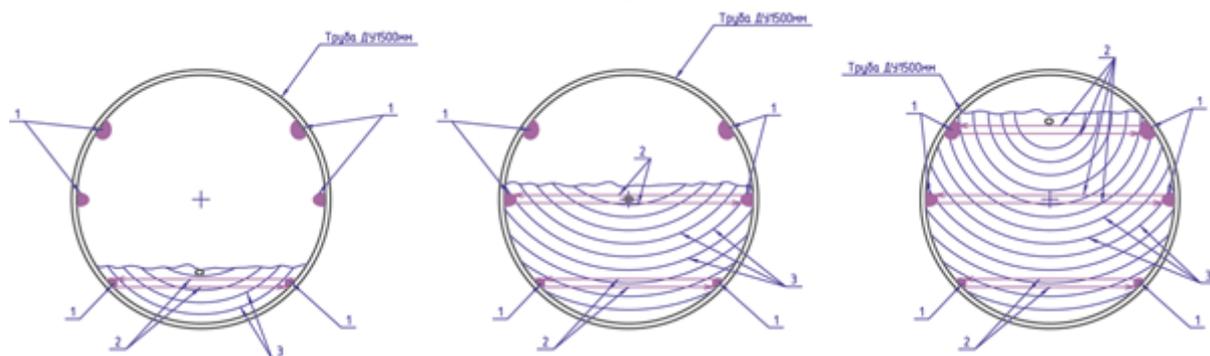


Рис. 11. Правильная установка ультразвуковых датчиков скорости Transit-Time в зависимости от наполнения трубопровода: 1 – датчик скорости, 2 – ультразвуковой сигнал от датчика к датчику, 3 – профиль скоростей потока (увеличить изображение)

### **Измерение уровня**

Для измерения уровня потока применяются различные методы: бесконтактный ультразвуковой метод, бесконтактный радарный метод, погружной гидростатический метод.

#### ***Представленные на рынке РФ расходомеры, применяющие метод Transit-Time***

- Расходомер Accusonic (номер в Государственном реестре: 42521-09), производство Accusonic Technologies (США).
- Расходомер NivuChannel (номер в Государственном реестре: 39714-08), производство Nivus (Германия).
- Расходомер Flo-Sonic модели FPFM, OCFM, OC Hybrid (номер в Государственном реестре: 55609-13), производство Flow-Tronic (Бельгия).

## **13. Электромагнитный метод**

Принцип действия электромагнитного метода для случаев применения измерителя в безнапорных потоках основан на изменении режима работы частично заполненного трубопровода в трубопроводе, идущем полным сечением.

Принцип действия электромагнитного расходомера основан на использовании закона электромагнитной индукции Фарадея. В проводнике, движущемся в электромагнитном поле, индуцируется напряжение, величина которого пропорциональна скорости его движения. В качестве проводника выступает электропроводящая жидкость – вода. Электромагнитные катушки внутри первичного преобразователя создают магнитное поле, а электроды на его внутренней поверхности воспринимают разность потенциалов, возникающую при движении воды в электромагнитном поле. Расход жидкости определяется с учетом внутреннего диаметра измерительного участка трубопровода.

### ***Практическая область применения***

Электромагнитный метод измерения применяется для потоков с широким диапазоном расходов: от нулевых до величин пропускной способности измерительного участка расходомера.

### ***Ограничения в применении***

При использовании в качестве технического решения по измерению сточной воды в трубопроводе перед узлом учета образуется застойная зона, которая нуждается в периодической профилактике в виде очистки канализационных сетей (рис. 12).

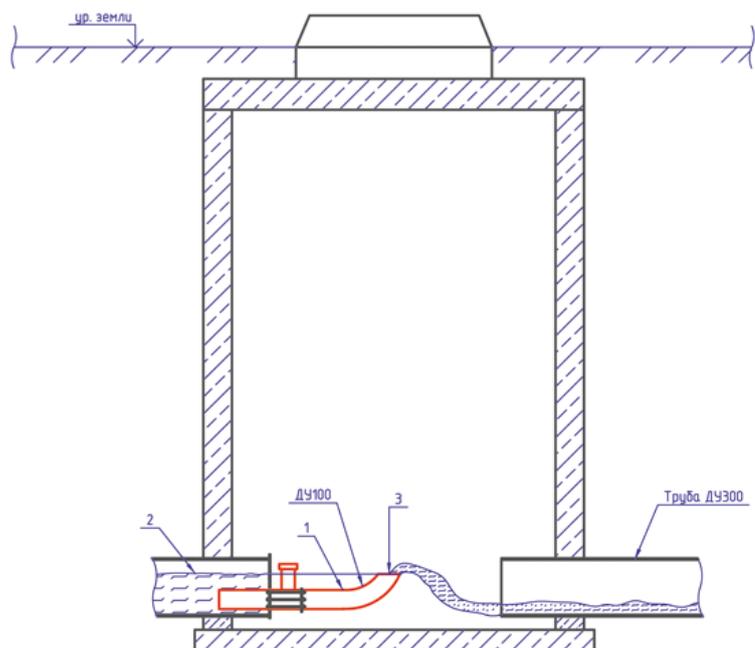


Рис. 12. Наполнение приходящего трубопровода при установке электромагнитного датчика скорости с вертикальным изливом: 1 – датчик скорости, 2 – уровень потока в приходящем трубопроводе, 3 – уровень излива измерительного участка

*Представленные на рынке расходомеры, применяющие электромагнитный метод*

- Расходомер Jaeger Observer (номер в Государственном реестре: 71634-18), производство Jaeger Messtechnik (Австрия).
- Расходомер Sewer-Mag (номер в Государственном реестре: 46039-10), производство Flow-Tronic (Бельгия).
- Расходомер АЭФТ Экосток (номер в Государственном реестре: 68933-17), производство ООО «ГД АЭФТ» (Россия).

#### **14. Одноканальные расходомеры**

Это расходомеры, выполняющие только измерение уровня потока (измерение по одному каналу). Скорость потока рассчитывается на основании калибровки расходомера по месту его установки (рис. 13). Суть калибровки состоит в том, что в момент монтажа расходомера-уровнемера в выбранном измерительном створе производится мгновенное измерение максимальной или средней скорости потока (в зависимости от выбранной методики измерений). Далее на основании полученных значений, а также с учетом параметров фактического строительного уклона трубопровода и коэффициента шероховатости стенок выполняют калибровку измерительного створа. Такая калибровка в последующем используется расходомером-уровнемером для автоматического расчета расхода по измеренному уровню без измерения значений скорости.

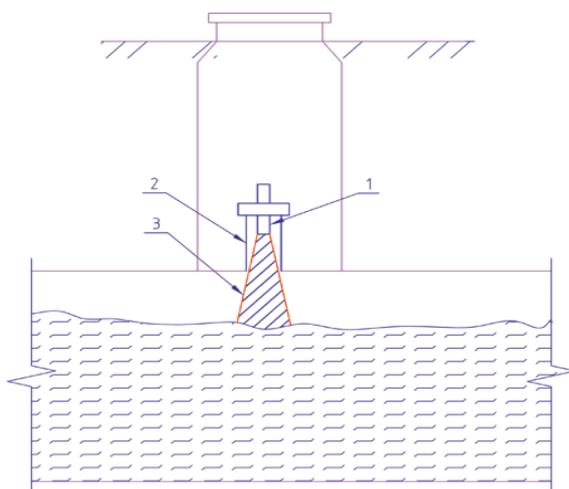


Рис.13. Ультразвуковой измеритель уровня воды

### 15. Что необходимо для внедрения ИКТ в Узбекистане (законодательство, нормативная база)

Учитывая, что Узбекистан является развивающейся страной ЦАР, основной причиной препятствующей внедрению ИКТ в настоящее время по нашему мнению является недостаточное финансирование водного сектора. Принимая финансовую помощь от различных зарубежных доноров, по внедрению ИКТ технологий, которое будет размещаться на территориях подконтрольных БУИС и УИС, руководство и обслуживающий персонал должен преодолеть боязнь сохранения, эксплуатации и порчи зарубежных SMART станций посторонними лицами. Следует учесть, что в настоящее время разработано и принято много законодательных актов, защищающих государственное имущество от порчи, включая и случаи вандализма. Для предотвращения таких случаев, необходимо руководителям БУИС, УИС и местных правоохранительных органов, вести разъяснительную работу среди населения в прилегающих к водохозяйственным объектам территориях. В частности, в беседах с населением, надо заострять внимание на неотвратимость наказания за содеянное и возмещения виновниками материального ущерба. В принципе нет никаких объективных причин, препятствующих внедрению SMART технологий в водном секторе Узбекистана.

Так, например, уже сегодня, на некоторых водных объектах ташкентской области МВХ республики Узбекистан совместно с Южно-Корейской компанией «Korea Rural Community Corporation» в 2015г, были установили опытные образцы ИКТ южно-корейского производства. В частности на водовыпуске плотины Ташкентского моря была установлена такая система SMART станции типа WRMS 1000/100, с автономным блоком питания получающая электропитание от солнечных батарей. Все электронное оборудование размещено в компактном блоке, защищенном от атмосферных осадков и не санкционированного проникновения рис.1.



Рис.1. Станция с автономным питанием от солнечных батарей

В электронный блок занесены значения объемов водохранилища в зависимости от уровня воды  $W = f(h)$ . Измерение уровня воды производится высокоточным лазерным измерителем RDM 200C, который установлен непосредственно над уровнем воды рис.2.



Рис.2. Ультразвуковой уровнемер

Измерение уровня (h) и объема воды (W) производится непрерывно и передается по Интернету в режиме он-лайн на диспетчерский пункт управления этого сооружения. Аналогичная система мониторинга установлена также на головном сооружении «Ташканала». В настоящее время идет процесс обучения обслуживающего персонала этого гидротехнического сооружения работе с такой системой, обработке и сохранению информации.

#### **Спецификация оборудования ИКТ для управления водными ресурсами в Узбекистане**

В октябре 2015г, группа специалистов ГУВХ и НИЦ МКВ по приглашению компании K-Water посетили Южную Корею, для ознакомления современными ИКТ, и где налажено собственное производство различных сенсоров и приборов, которыми оснащаются гидрометеорологические станции, гидротехнические сооружения.

Ниже представлен краткий перечень приборного парка Южной Кореи, который в зависимости от класса сооружения могут быть использованы на водохозяйственных объектах Узбекистана:

1. Уровнемер акустический типа SL 100S на 5м; 10м; 15м;
2. Уровнемер акустический типа SF 500S на 4м;
3. Измеритель скорости потока SF 600S от 0,02 до 15 м/с;
4. Уровнемер акустический типа ULM 1000C на 6м;
5. Уровнемер акустический типа ULM 200 C на 8м;
6. Уровнемер акустический типа RDM 200C на 30; 70м;
7. SMART станция WRMS 1000/100 на 20м; 30м; 70м.

#### ***Краткие характеристики приборного парка:***

1. Уровнемеры фирмы SONDAN SL 100S; 500S предназначены для измерения уровня воды на гидротехнических сооружениях в диапазоне от 0 до 15м. Измерительный блок работает в перепаде температур от -20 до +60 град. Погрешность измерения уровня составляет 1 мм, питание 12в. Сенсор уровня могут быть модификации LXD-0.5 до глубины до 5 м; модификации LXD 10 до глубины 10м; LXD 15 до глубины 15м. Сенсор работает в диапазоне температур от -20 до + 70град.

2. Измеритель скорости фирмы SONDAN SF 600S предназначены для измерения скорости и расхода воды в трубопроводах питьевого водоснабжения диаметром от 25 до 5000мм. Измеритель скорости потока работоспособен в при температурах от -40 до 60град. Питание от сети от 100 – 240в, 50/60гц или источником постоянного тока от 8 до 26в. время измерения параметров потока 0,5с, погрешность измерения не более 1%.

3. Уровнемеры фирмы SONDAN ULM - 1000S; ULM - 200S предназначены для измерения уровня воды водоочистных сооружениях и технологических емкостях соответственно в диапазонах от 0 до 6м и от 0 до 8м. Источник питания от 20 до 30в.

4. Лазерный измеритель уровня воды RDM 200C предназначены для измерения уровня воды на гидротехнических сооружениях в диапазоне от 30 до 70м. Погрешность измерения уровня воды составляет 1мм, при волнении поверхности воды не более 3мм. Измерительный блок работает в перепаде температур от -40 до +60 град. Работает в режиме передачи информации с SMART станцией WRMS 1000/100.

5. SMART станции WRMS 1000/100 предназначены для измерения температуры, количества осадков, влажности, уровня воды и передачи информации на частотах мобильной сети и по спутниковой связи Интернет оператору диспетчерских пунктов. Наряду с вышеперечисленными различными конструкциями акустических уровнемерных датчиков, разработаны погружные датчики давления столба жидкости и уровня минерализации сточных вод.

В настоящее время такие SMART станции внедряются на 60 объектах MBX Узбекистана.

## **16. Заключение и выводы**

1. Несомненно, SMART технологии, используемые в системе водоснабжения Южной Кореи необходимо внедрять в системе водного хозяйства Узбекистана. В первую очередь надо начать модернизацию в пределах границ БУИС;
2. Модернизацию гидропостов надо начинать путем замены морально устаревших гидротехнических реек на Южно-Корейские уровнемеры с автономным источником питания и средствами передачи информации, на всех балансовых и контрольных гидропостах магистральных каналов;
3. В пределах гидрографических границ БУИС, надо монтировать Южно-Корейские SMART станции которые в автоматическом режиме будут собирать информацию с сенсоров и датчиков установленных на гидропостах и гидротехнических сооружениях, и передавать ее в режиме реального времени в местные и центральные диспетчерские пункты;
4. Параллельно вести работы по инвентаризации расходных характеристик всех гидропостов на магистральных каналах и водохранилищах;
5. Для инвентаризации расходных характеристик гидропостов, необходимо проведение плановых проверок всех гидропостов магистральных каналов и других сооружений, где планируется внедрение Южно-Корейских ИКТ;

### **Выводы:**

- На региональном уровне оснащенность гидрометрических постов уровнемерными рейками, вспомогательным оборудованием (мостики, люльки и т.д.) и состояние межгосударственного водоучета по бассейну трансграничной р. Сырдарья находится в удовлетворительном состоянии.
- По бассейну р. Амударья расходы воды на гидрометрических постах измеряется путем подсчета суммы расходов воды по крупным водозабором. В том числе расходы воды определяются русловым методом разовыми измерениями с помощью паромных или понтонных переправ

- На национальном уровне оснащенность гидрометрических постов уровне мерными рейками, и вспомогательным оборудованием (мостики, люльки и т.д.) и состояние межхозяйственного водоучета находится в удовлетворительном состоянии. Расход воды на этих постах измеряется также русловым методом в пределах погрешности  $\sigma \leq 5\%$ ;
- На местном уровне состояние внутрихозяйственного водоучета (на уровне АВП) находится в неудовлетворительном состоянии. Оснащенность каналов второго и последующих порядков водомерными устройствами находится в пределах 25-30% от требуемого.

## 17. Отчетность по форме 2-ТП ВОДХОЗ

Во времена Союза все Министерства водного хозяйства, ведомства, имеющие отношение к водным ресурсам, водопользователи и собственники водных объектов обязаны были проводить регулярное наблюдение за водными ресурсами, учитывать объем и качество воды, и предоставлять результаты в уполномоченные государственные органы.

Использование воды может быть осуществлено различными способами: с возвратом воды и без возврата, с изъятием воды и без изъятия. Независимо от способа пользования воды, необходимо было сформировать статистический отчет по форме 2-ТП (водхоз), который объединяет данные, позволяющие оценивать степень негативного воздействия загрязняющих факторов на водные ресурсы в результате хозяйственной деятельности.

Производства, предприятия и ИП обязаны предоставлять отчет 2-ТП (водхоз) в государственные органы, в случае:

- изъятия воды (из поверхностных и подземных источников);
- сбросы отходов в сточные воды.

Всех лиц, обязанных предоставлять данную отчетность, можно разделить на две группы:

- Сельскохозяйственные предприятия - в случае суточного изъятия 150 кубометров воды;
- Предприятия и ИП - в случае превышения изъятия суточной нормы 50 кубометров воды и водополучения в размере 300 кубометров и более.

### Пакет документации формы 2-ТП водхоз

Оформление статистической отчетности по форме 2-ТП водхоз производится один раз в году, но при этом, требует регулярного учета процедур по сбору данных водопользования и подготовки в оформлении расчетов, справок и проектов. В данный пакет документации входит:

- Справка о фактических объемах сброса и забора воды, приемниках сточных вод и источниках водоснабжения;

- Копия протокола о результатах анализа водных объектов, выполненных лабораторией, имеющей аккредитацию;
- Нормативно-балансовый расчет водоотведения;
- Копия на разрешение сбросов загрязняющих веществ в сточные воды;
- Проект НДС загрязняющих веществ в водные ресурсы.

Заполненную форму необходимо сдавать по месту осуществления использования водных объектов для хозяйственной деятельности в Бассейновые водные управления.

### **Форма 2-ТП водхоз**

В основе формы 2-ТП водхоз лежит учет систематической фиксации данных (водоотведения и водопотребления). В соответствии с пунктом 1.1 приказа 230 “Об утверждении статистического инструментария для организации Росводресурсами федерального статистического наблюдения об использовании воды”, в форме 2-ТП водхоз отражать общие “водные” объекты:

- Полученные;
- Забранные;
- Использованные;
- Переданные, для обеспечения населения.

Исходя из п.1.10 приказа №230, первичный сбор данных необходимо осуществлять специальных журналах, утвержденных Минприроды России:

- Водопотребления средствами измерения;
- Качества сбрасываемых дренажных или сточных вод.

Помимо журнальной формы, необходимо заполнять сведения, которые были получены в результате первичного учета:

- Объемы изъятия или забора воды;
- Объемы сброса дренажных или сточных вод;
- Качества водных ресурсов.

### **Структура отчета 2-ТП Водхоз (образец заполнения)**

Статистическая отчетность 2-ТП водхоз должна включать в себя следующие сведения:

- Адресные сведения предприятия или ИП;
- Раздел 1, содержащий объемы забранной из водных объектов, полученной от поставщиков, переданных или потерянных водных ресурсов.
- Раздел 2, содержащий данные по водоотведению.

### **Адресные сведения**

Оформление данного раздела начинается с заполнения следующих строк:

- Наименования фирмы или предприятия (Ф.И.О. ИП);
- Почтовый адрес.

Сведения, которые отражаются в закодированном виде в графах:

- №2 - ОКПО - код фирмы, который выдается предприятию или ИП территориальными органами.
- №3 - ИНН, который получает предприятия при постановке в налоговый учет.
- №4 - ОКВЭД2 - код основного вида деятельности;
- №5 - ОКАТО - код административного образования;
- №6 - ГУИВ - код, присвоенный организацией водресурсов.

## Раздел 1

Данный раздел содержит в себе 49 граф, объединенных в 10 подразделов. Все цифры показываются в тысячах кубометром (до второго знака после запятой):

- Данные о документе (номер, тип, дата).
- Информация об источнике водоснабжения (код типа водного объекта);
- Коды поставщика ГУИВ, категории воды, ВХУ и ОКАТО;
- Объем допустимого водозабор, который установлен договором;
- Данные забранного и полученного количества воды (общее за год, и по месяцам);
- Средства измерения;
- Количество потери воды;
- Использование воды, с указанием кода территории или хозяйственного участка, годовой водных расход.
- Годовое пользование водных ресурсов (по коду вида использования);
- Передача водных ресурсов без использования и с использованием (по коду категории воды).

## Раздел 2

Данный раздел следует заполнять в случае отведения воды в следующие типы приемников:

- Наземные поверхности (море (10), озеро (30), река (20), река пересыхающая (21), болото (31), пруд или водохранилище (40));
- Подземные объекты (60);
- Иные объекты (карьеры, рудники или шахты (61), поля или орошения (80)).

Необходимо заполнять 79 граф, которые объединены в 10 подразделов (по аналогии с разделом 1).

**При не заполнении и уклонение составления отчета 2-ТП Водхоз, на руководителей организаций, не зависимо от форм собственности налагаются штрафы, в размерах установленные местными формами управления.**