

МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ КООРДИНАЦИОННАЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
КОМИССИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ (МКВК)

ШВЕЙЦАРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО РАЗВИТИЮ И СОТРУДНИЧЕСТВУ (SDC)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ  
(IWMI)

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР МКВК (НИЦ МКВК)

**Проект «Интегрированное управление водными ресурсами  
в Ферганской долине (ИУВР-Фергана)»**

# **СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ ПО ВОДОУЧЕТУ ДЛЯ ГИДРОМЕТРОВ АВП**

Ташкент - май 2005 г.

**Руководитель проекта «ИУВР-Фергана»  
д.т.н., проф. В.А. Духовный**

**Региональный менеджер проекта «ИУВР-Фергана»  
к.т.н. В.И. Соколов**

**Разработка и подготовка «Справочного пособия...»,  
консультант по гидрометрии проекта «ИУВР-Фергана»  
к.т.н. Р.Р. Масумов**

**Рецензент:  
Директор ПКТИ «Водавтоматика и метрология»  
Макаров О.С.**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>ВЫБОР МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОПОСТА И ТИПА ВОДОМЕРНОГО УСТРОЙСТВА, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ, ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОТОКА В КАНАЛЕ, ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>СТАНДАРТНЫЕ ВОДОМЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В КАНАЛАХ С УСТАНОВИВШИМСЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОТОКА .....</b>	<b>8</b>
<b>ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА И УРОВНЯ ВОДЫ .....</b>	<b>21</b>
<b>НЕУСТАНОВИВШИЙСЯ РЕЖИМ ПОТОКА. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТИПЫ ВОДОМЕРНЫХ УСТРОЙСТВ .....</b>	<b>24</b>
<b>МЕТОДЫ ГРАДУИРОВКИ, ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ. ОБРАБОТКА НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДОВ ВОДЫ, ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА И ТАБЛИЦЫ КООРДИНАТ .....</b>	<b>31</b>
<b>ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ, ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ НАТУРНЫХ ДАННЫХ, РАСЧЕТ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ. ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЕДЕНИЮ ВОДОУЧЕТА.....</b>	<b>34</b>
<b>ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ, ПОРЯДОК ИХ ЗАПОЛНЕНИЯ. ПОДГОТОВКА ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ К ПОВЕРКЕ И АТТЕСТАЦИИ .....</b>	<b>45</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>46</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>47</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

После распада СССР в странах Центральной Азии начался процесс реформирования сельского хозяйства. Крупные колхозы и совхозы стали преобразовываться в ширкатные, дехканские, фермерские и другие формы собственности хозяйства. Появление этой многочисленной армии землепользователей усложнило задачу распределения оросительной воды между ними. Если раньше водохозяйственные государственные организации (райводхозы) доставляли воду до границ коллективных хозяйств, а дальше распределением воды занимались гидротехники и мирабы колхозов, то теперь задача усложнилась. Сегодня, например из одного канала второго порядка могут брать воду сразу несколько хозяйств различной форм собственности (ширкатные, фермерские, подсобные и т. д.) притом, каждое хозяйство считает, что ей в первую очередь необходимо произвести полив. При такой совокупности и разнообразии форм хозяйствования, отсутствия очередности и справедливых принципов водораспределения, конфликты и споры между ними стали обычным явлением. Эффективным решением этой проблемы стало объединение водопользователей всех форм собственности в ассоциации водопользователей (АВП). При этом основной функцией АВП стало справедливое распределение оросительной воды среди водопользователей.

В рамках Проекта «ИУВР-Фергана» эта задача была реализована на трех пилотных АВП («Заравшан» Таджикистан, «Акбарабад» Узбекистан и «Жапалак» Кыргызстан). К началу реализации Проекта на всех трех проектируемых АВП, каналы второго порядка в головной части были оснащены гидростами, а отводы нижерасположенных водопользователей не были оборудованы водомерными устройствами. Для оснащения этих отводов водомерными устройствами было проведено обследование состояния внутрихозяйственной сети и, в зависимости от расходов воды, рельефа местности было выбрано место строительства и тип водомерного устройства.

Потребное гидрометрическое оборудование было изготовлено на специализированном заводе и распределено по всем трем АВП. За период 2003-04гг строительство всех запроектированных водомерных устройств было завершено. Реализация этой программы была немыслима без обучения персонала АВП приемам и методам водоучета. Начиная с 2002 по 2004гг в программе развития АВП, были проведены семинары и практические тренинги по обучению гидрометров и фермеров АВП выбору места строительства, типа водомерного устройства, ведению суточных журналов учета воды, правильной эксплуатации гидрометрических постов.

В виду отсутствия в достаточном количестве специальной литературы и нормативных документов, регламентирующих параметры водомерных устройств, при проведении семинаров и практических тренингов

гидрометры, гидротехники и фермеры АВП обеспечивались простыми рекомендациями, которые содержали сведения по выбору места строительства и типа водомерных устройств. Рекомендации имели ограниченный объем и не включали материалы производства подготовительных работ перед строительством водомерных устройств, градуировки и обработки результатов, подготовки техдокументации для аттестации и поверки гидропостов. Учитывая острый дефицит в подобной литературе в плане работ на 2005г, было решено подготовить «Справочное пособие по водоучету для гидрометров и фермеров АВП». В состав этого пособия были включены дополнительные материалы и вопросы, возникшие на основе реализации Проекта «ИУВР-Фергана».

## **ВЫБОР МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОПОСТА И ТИПА ВОДОМЕРНОГО УСТРОЙСТВА, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ, ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОТОКА В КАНАЛЕ, ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

Как показал опыт реализации Проекта «ИУВР-Фергана», основной трудностью гидрометров и фермеров АВП при выборе места строительства водомерного устройства, являлось отсутствие специальной литературы и практического опыта. В большинстве случаев гидрометры и гидротехники АВП никогда не занимались строительством гидропостов, а с водомерными устройствами были знакомы лишь теоретически, в рамках учебной программы гидромелиоративного техникума или ВУЗа. С учетом сказанного и учитывая пожелания гидрометров и фермеров пилотных АВП, в «Справочное пособие...» были включены дополнительные материалы по выбору места и строительства гидропоста, подготовки его к аттестации и правильной эксплуатации.

### ***Выбор места строительства гидропоста***

В качестве предварительной подсказки для гидрометров АВП разработана вспомогательная таблица 1, в которой в зависимости от рельефа местности, расхода воды и прочих условий приведены различные типы водомерных устройств, допущенных в эксплуатацию регламентирующими документами и правилами.

Таблица 1

Уклоны и режим движения потока воды	Характеристика состава воды	Максимальный расход $Q$ м <sup>3</sup> /с	
		до 0,5	0,5-1,0
Уклоны большие и средние, движение потока установившееся	Содержание взвешенных наносов до 1,0 кг/м <sup>3</sup>	ВТ, ВЧ, ВЛС, ЛП, ЛВ, ВПС, ФР	ВЛС, ЛП, ЛВ, ВПС, ФР
	Содержание наносов более 1,0 кг/м <sup>3</sup> , наличие плавника и мусора	ВЛС, ЛП, ЛВ, ВПС, ФР	ВЛС, ЛП, ЛВ, ВПС, ФР
Уклоны средние и малые, движение потока неустойчивое	Содержание взвешенных наносов до 1,0 кг/м <sup>3</sup>	НС, ФР	НС, ФР
	Содержание наносов более 1,0 кг/м <sup>3</sup> , наличие плавника и мусора	ФР	ФР

Условные обозначения:

ВТ – водослив Томсона, ВЧ – водослив Чиполетти;

ЛП – лоток Паршала, ЛВ – лоток Вентури, ВЛС – водомерный лоток САНИИРИ;

ВПС – водомерный порог САНИИРИ;

НС – насадки САНИИРИ (круглого или прямоугольного сечения);

ФР – фиксированное русло (трапецеидального, прямоугольного, треугольного, параболического) профиля.

Поясним подробно в популярном изложении гидравлический термин «Режим движения потока воды». Известно, что уклон дна канала проектируется в зависимости от рельефа местности и от его значения зависит, каким будет режим движения потока воды.

При **установившемся** движении потока скорость течения не изменяется во времени ни по величине, ни по направлению. Водная поверхность относительно спокойная и гладкая. В русле канала отсутствуют сильно заиленные или размываемые участки, уровень воды практически не меняется, ничто не препятствует течению воды. Для установившегося движения в неразмываемом русле для каждого створа по длине существует однозначная зависимость расхода потока от уровня воды  $Q = f(H)$ .

При **неустановившемся** движении потока его элементы (скорость, глубина, расход и др.) изменяются как по времени, так и по длине. При возрастании расхода, уклон потока увеличен, а при убывании –

уменьшен. Поэтому зависимость  $Q = f(H)$  для неустановившегося движения является неоднозначной. Такой характер движения потока характерен для сильно заиленных каналов с малыми уклонами дна, заросших водной растительностью. Неустановившееся движение потока наблюдается и тогда, когда из канала производится периодический отбор воды насосами, расход которых составляет значительную долю от расхода воды в канале.

По всей этой совокупности признаков, гидрометр или водопользователь на месте может определить режим движения потока. Немаловажную роль играют характеристики состава оросительной воды. Если содержание взвешенных наносов будет превышать значения более  $1 \text{ кг/м}^3$ , или поток транспортирует большое количество плавающего мусора, будет происходить постоянное заиливание порогов (водосливы) и забивание отверстий водомерных устройств (насадки), и в результате, гидропост перестанет выполнять свои функции. Поэтому для правильного выбора места строительства гидропоста необходимо произвести ряд последовательных действий.

#### **Последовательность действий при выборе места строительства и типа водомерного устройства:**

1. Выбрать участок канала и створ проектируемого гидропоста;
2. Визуально определить режим движения потока, произвести оценку состава оросительной воды;
3. Выбрать тип водомерного устройства;
4. Произвести подготовку участка канала и основания гидропоста перед строительством;
5. Монтаж и строительство водомерного устройства.

#### **Пояснения по каждому пункту действий:**

1. Участок канала где намечается строительство гидропоста должен быть прямолинейным, длиной не менее  $L = (6-10) * B$ , где  $B$  – ширина канала по верху. Створ гидропоста должен быть разбит на середине или, чуть ниже середины длины прямолинейного участка на расстоянии  $I = 0,5-0,7 * L$ . Путем визуального осмотра надо убедиться, в отсутствие донных наносов, повреждения берм и откосов канала, которые могут быть размывы при попуске максимальных расходов воды;
2. Визуально произвести осмотр водной поверхности и дна участка канала как вверх, так и вниз по течению. Произвести оценку качества оросительной воды, как на магистральном канале, так и на отводе где намечено строительство гидропоста;

3. По таблице 1 выбрать подходящие типы водомерных устройств, пригодных для учета воды в этом створе. В зависимости от финансовых возможностей, наличия местных стройматериалов и прочих факторов, окончательно произвести выбор подходящего типа водомерного устройства;
4. Перечень состава подготовительных работ:
  - Очистка участка русла канала от донных наносов и растительности;
  - Выравнивание откосов участка канала, для достижения максимальной прямолинейности и симметричности;
  - В створе установки водомерного устройства произвести подготовку основания водомерного устройства, путем выемки илистых и галечниковых отложений. Подготовка дна канала должна производиться на глубину не менее 0.2 м до достижения коренного грунта;
  - В начале прямолинейного участка канала произвести насыпку земляной перемычки, чтобы предотвратить поступление воды. В случае невозможности долговременного перекрытия поступления воды, рекомендуется направить всю воду в один из вышерасположенных отводов или, прокопать временное обводное русло;
  - В начале, середине, и в конце прямолинейного участка, на осях поперечных сечений канала установить вехи. Все три вехи должны быть установлены по одной линии;
  - В створе установки водомерного устройства протянуть перпендикулярную ось для правильной ориентации входной части водомерного устройства по отношению к оси канала.
5. Установить водомерное устройство, по оси канала соблюдая симметричность и ориентацию ее входной части в створе гидропоста.

## **СТАНДАРТНЫЕ ВОДОМЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА В КАНАЛАХ С УСТАНОВИВШИМСЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОТОКА**

Стандартными расходомерными устройствами для измерения расходов воды считаются водосливы с тонкой стенкой; расходомерные пороги САНИИРИ; лотки Вентури; лотки Паршала; расходомерные лотки САНИИРИ, которые удовлетворяют требованиям стандарта или Правил, благодаря чему обеспечивается возможность изготовления и применения таких измерительных устройств по результатам расчета без индивидуальной градуировки. Рассмотрим подробно их отличительные признаки и назначения. Для учета расходов воды на внутрихозяйственной оросительной сети большое распространение получили водосливы Томсона, Чиполетти, САНИИРИ.

### **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 уровнемерной рейки, укрепленной на стенке водослива наклонно под ( $45^\circ$ ) или вертикально ( $90^\circ$ ). Кромка порога водослива ВТ, обращенная к подводющему каналу, должна быть острая, с фаской ( $45^\circ$ ) (см. рис. в приложении).

### **Водослив Чиполетти (ВЧ)**

Водослив Чиполетти ВЧ–50 предназначен для оросителей с диапазоном измерения расхода от 5 до 80 л/с; 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. 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.

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 на цветной вкладке.

### **Водослив САНИИРИ (ВС)**

Водослив ВС (Иванова) относится к трапецеидальным 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 водосли-

ва; всю металлоконструкцию окрашивают в три слоя противокоррозионной краской.



**Кромка порога водосливов ВТ, ВЧ, ВС должна быть острой с фаской 45°, обращенной навстречу потоку (см. рис. в приложении).**

### **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).

### **Измерение расходов воды водосливами**

Определение расхода 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 2.

Таблица 2

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.).

Рассмотрим следующие типы водомерных устройств, это стандартные лоток Паршала, лоток 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 1, сходящимися в виде конфузора к горловине с горизонтальным дном; горловины 2, с параллельными вертикальными стенками и дном 3, имеющим уклон 3:8 в сторону движения воды; отводящего раструба 4 (диффузора), с расходящимися вертикальными стенками (рис. 2 на вкладке).

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 взвешенных 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  $4-5 * h_{\text{макс}}$ , в боковой стенке которого размещены отверстие или щель для сообщения с успокоительным колодцем 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 (ВЛС)**

Водомерный лоток САНИИРИ – ВЛС – 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. 3 на вкладке).

Размеры лотков и их пропускная способность в зависимости от принятой выходной ширины лотка приведены в таблице 3.

Таблица 3

Размеры лотка	Ширина выходной части лотка $v_l$ (м)							
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Ширина входной части лотка $V_l = 1,76 v_l$	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,76
Длина лотка $l = 2v_l$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Высота вертикальных стенок лотка $H_l = (1,5-2)v_l$	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 4.

Таблица 4

Глубина воды H, см	Выходная ширина лотка в, 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
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

Глубина воды H, см	Выходная ширина лотка в, см						
	20	30	40	50	60	70	80
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
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

Глубина воды Н, см	Выходная ширина лотка в, см						
	20	30	40	50	60	70	80
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:

$$Q = C [b_0 + (m * h)] * \sqrt{2gh^{\frac{3}{2}}} \quad (6)$$

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

Коэффициент расхода следует принимать по таблице 5.

Таблица 5

$\frac{h}{p}$	$C$	$\frac{h}{p}$	$C$	$\frac{h}{p}$	$C$	$\frac{h}{p}$	$C$
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. 5.

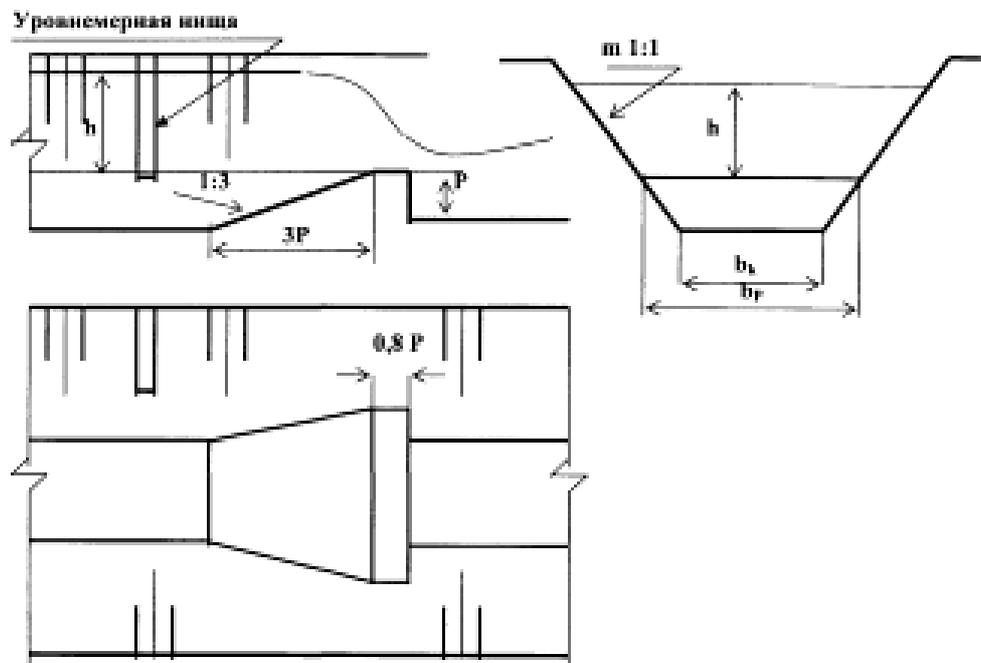


Рис. 5. Водомерный порог САНИИРИ

### **Фиксированное русло**

В практике водоучета наибольшее распространение получили т. н. речные гидропосты. Если на прямолинейном участке земляного канала, или реки разбить гидроствор, оборудовать его гидрометрическим мостиком, уровневмерной рейкой, произвести его градуировку для получения расходной зависимости  $Q = f(H)$ , то такой гидроствор будет называться речным гидрометрическим постом.

Полученную расходную кривую  $Q = f(H)$ , можно будет использовать в том случае, если поперечное сечение канала или реки будет неизменным. Чтобы это не произошло, на ирригационных системах практически все гидрометрические посты оборудованы на облицованных участках каналов. Если, канал проходит в земляном русле, то в гидростворе производится облицовка участка канала, виде бетонного пояска и все эти гидростворы будут называться гидроствами типа фиксированное русло (ФР) (см. приложение).

Фиксированное русло, может быть прямоугольного, треугольного, трапецеидального, параболического и других симметричных сечений (рис. 6 на вкладке).

В случаях когда фиксированное русло имеет ширину больше чем глубину ( $h/B \leq 0,5$ ) для измерения расхода воды, не содержащей большого количества тяжелых взвешенных частиц (крупной гальки и т. п.) рекомендуются водомерное устройство типа водослива с порогом треугольного профиля. Соотношение основных размеров водослива с порогом треугольного профиля приведены на рис. 7. Основные размеры водослива лимитируются соотношениями:  $h_{\min} = 0,05 \text{ м}$ ,  $P_{\min} = 0,1 \text{ м}$ ,  $b_{\min} = 0,3 \text{ м}$ ,  $h/P \leq 3$ ,  $b/h \geq 2$ .

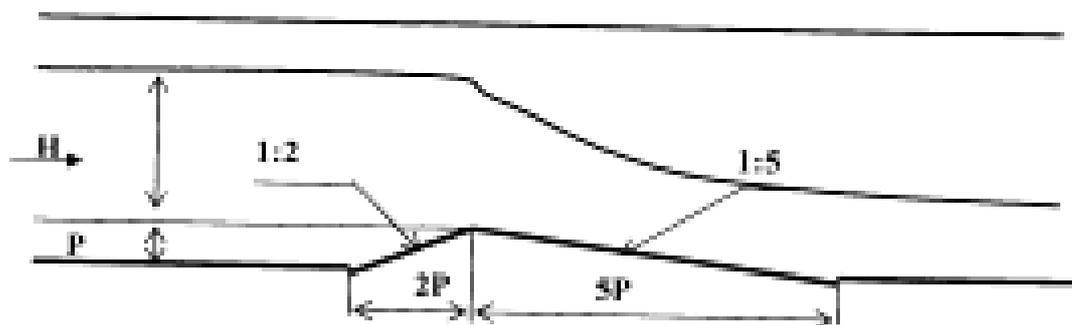


Рис 7. Водослив с порогом треугольного профиля

Значения коэффициента  $C_v$  для водослива с порогом треугольного профиля приведены в таблице 6.

Таблица 6

$\frac{h}{h+p}$	$C_{v \text{ при } \frac{h}{h+p}}$									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	1,0	1,0	1,0	1,001	1,001	1,001	1,001	1,002	1,002	1,003
0,1	1,003	1,004	1,004	1,005	1,006	1,007	1,008	1,009	1,010	1,011
0,2	1,012	1,013	1,015	1,016	1,017	1,019	1,021	1,022	1,024	1,026
0,3	1,028	1,030	1,032	1,034	1,037	1,039	1,042	1,044	1,047	1,050
0,4	1,053	1,056	1,059	1,062	1,065	1,069	1,072	1,076	1,080	1,084
0,5	1,088	1,093	1,097	1,102	1,107	1,112	1,117	1,123	1,129	1,135
0,6	1,141	1,147	1,154	1,162	1,169	1,177	1,185	1,194	1,204	1,214
0,7	1,224	1,234	1,246	1,258	1,272	1,286	1,302	-	-	-

Гребень водослива должен быть прямолинеен и горизонтален (рис. 7). Плоскость верховой и низовой граней водослива должны быть ровными и гладкими. Свободное незатопленное истечение обеспечивается при  $\eta \leq 0,75$ . Рабочая формула расхода для водослива с порогом треугольного профиля имеет вид:

$$Q = 1.96 * C_v * b * h^{\frac{3}{2}}; \text{ м}^3/\text{с} \quad (7)$$

### **Требования к водосливу с порогом треугольного профиля**

Подводящий канал на расстоянии  $h_{\text{max}}$  от мерного сечения должен быть прямолинейным с вертикальными стенками. Отклонение ширины подводящего канала на этом участке от ширины гребня водослива не должно превышать  $\pm 2 \%$ . Средняя квадратическая относительная погрешность коэффициента расхода водослива с порогом треугольного профиля составляет  $C = \pm 2 \%$ .

### **Градуированный параболический лоток (ГПЛ)**

Большое распространение в практике ирригации получили параболические лотки типа ЛР-40; 60; 80; 100. Учет расхода воды на этих лотках производится путем градуировки и получения расходной характеристики  $Q = f(H)$ .

Градуированный параболический лоток (ГПЛ), это место (пост) оборудованный и проградуированный для систематического учета воды (рис. 8 а, б на вкладке). ГПЛ включает одну секцию лотка ЛР и гидрометрический створ (рабочий) для измерения глубины и скорости воды, неподвижно закрепленного на нем мостика, равномерного колодца с равномерной рейкой рис. 8а, или с нанесенной на откосе расходо-

мерной шкалой рис. 86. Выбранная секция и соседние секции лотков, должны быть исправными с одинаковым уклоном.

### **Градуировка параболического лотка**

Для получения кривой и расчета таблицы зависимости расхода от глубины воды  $Q = f(H)$ , проводят 5-6 измерений расхода при помощи гидрометрической вертушки в диапазоне от  $Q_{\min}$  до  $Q_{\max}$ . Для градуировки лотка при переменном подпоре и вообще для быстрого (10–15 мин) измерения расхода воды рекомендуется применять одноточечный способ, разработанный в САНИИРИ.

### **Одноточечный способ САНИИРИ**

Предназначается для местных систематических измерений расхода на внутрихозяйственных каналах собранных из стандартных параболических лотков ЛР-40; 60; 80; 100, с расходами, соответственно 80, 150, 250 и 500 л/с.

Зависимость для определения расхода воды в параболических лотках рекомендуемым способом имеет вид:

$$Q = K * h * 2\sqrt{2Ph} * V; \text{ (л /с)} \quad (8)$$

где **K** – постоянный коэффициент, **P = 0,2** - параметр параболы для лотков ЛР-40; 60; 80, для лотка ЛР-100, **P = 0,35**.

Скорость течения воды (**V**) измеряется гидрометрической вертушкой на средней вертикали в точке, расположенной на глубине **0,6\*h** от поверхности воды. Для данного гидрометрического поста принятая точка измерения скорости воды остается постоянной. Глубина воды измеряется по оси лотка рейкой или штангой. Экспериментальными исследованиями установлены значения коэффициента **K** для лотков ЛР-40; 60; 80 **K = 0,565** для лотка ЛР-100 **K = 0,59**.

Для измерения расхода воды назначается гидрометрический створ на середине длины одной секции лотка. Гидрометрический створ должен быть перпендикулярным к продольной оси лотка и оборудован постоянным мостиком. Измерение скорости потока производят при помощи гидрометрической вертушки ГР-21, или другой модификацией.

### **Порядок проведения измерений**

- Измеряется глубина воды на оси лотка при помощи рейки или штанги с погрешностью не более 1 см.
- Измерение проводится дважды и принимается средний результат
- Скорость воды измеряется при помощи вертушки на средней (осевой) вертикали на глубине **0,6\*h** от поверхности.

Измерение скорости начинают после того, как лопасти вертушки получают равномерное вращение, поэтому отсчет времени начинают

после третьего звонка. Если время между звонками менее 25 с, запись отсчетов делают через один, два или более сигналов (прием). Общее время измерения скорости воды должно быть не менее 3 мин. В течение этого времени проводится отсчет времени (не останавливая секундомер) по каждому приему нарастающим итогом. Если промежутки времени за каждый прием отличаются более чем на 2 с, то время измерения удваивается. По истечении времени измерения с получением последнего сигнала секундомер фиксируется общее время. Вычисление скорости и определение расхода воды производится в следующей последовательности:

- Определяется число оборотов лопастей вертушки в секунду по формуле:

$$n = N/t, \text{ где } N - \text{общее число оборотов за весь период } t;$$

- Определяется скорость течения воды по градуировочному уравнению вертушки;
- Определяется расход в лотке путем подстановки значений  $h$ ,  $V$  в зависимость (8) для лотков ЛР-40, 60, 80:

$$Q = 0.715 * h * \sqrt{h} * V_{0.6}; \text{ (л/с)} \quad (9)$$

для лотков ЛР -100:

$$Q = 0.99 * h * \sqrt{h} * V_{0.6}; \text{ (л/с)} \quad (10)$$

### ***Эксплуатация градуированного параболического лотка***

В период эксплуатации необходимо:

- очищать лотки от наносов и растительности;
- сохранять фиксированное положение створа и мостика;
- систематически производить поверку расходной характеристики  $Q = f(H)$ .

## **ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА И УРОВНЯ ВОДЫ**

### ***Измеритель скорости воды ИСВ-01***

Измеритель (рис. А на цв. вкладке) предназначен для измерения средней скорости водного потока с целью определения расхода воды методом «площадь-скорость».

Область применения - открытые гидромелиоративные системы, естественные и искусственные русла рек, каналов, сбросные коллекторы и другие водотоки.

### **Функциональные возможности**

- Измерение скорости движения воды.
- Определение расхода воды в потоке методом «площадь-скорость».
- Определение градуировочных характеристик.
- Вывод на индикатор параметров канала, средних скоростей и общего расхода для выбранного объекта с указанием даты и времени измерения.
- Сохранение информации при выключенном питании.
- Вывод информации на компьютер через интерфейс RS - 232.

### **Основные технические характеристики**

Диапазон измерения скорости водного потока, м/с	от 0,1 до 3,0
Предел основной приведенной погрешности измерения скорости водного потока, %	не более 2,0
Напряжение питания, В	$5 \pm 1$
Масса, кг	не более 2,2

*Имеется сертификат об утверждении типа средств измерения № КГ 417/07.12.703 от 19.02.2003 г.*

Изготовитель: ПКТИ «Водавтоматика и метрология», Кыргызская Республика

### **Устройство контроля технологических параметров водного потока УКТП-2**

Устройство (рис. В на цв. вкладке) предназначено для измерения линейных и угловых перемещений технологического оборудования в автоматизированных системах контроля и управления; может использоваться как датчик уровня воды, положения затвора, задвижки и др.

### **Основные технические характеристики**

- Диапазон измерения линейных перемещений УКТП- 2:
  - от 0 до 4000 мм с погрешностью  $\pm 2$  мм;
  - от 4000 до 16000 мм с погрешностью  $\pm 10$  мм;
  - от 16000 до 30000 мм с погрешностью  $\pm 15$  мм;
- Диапазон измерения угловых перемещений УКТП-2-001 от 0 до 256 оборотов.
- Цена единицы наименьшего разряда кода - 1 мм.

- Абсолютная погрешность измерения угловых перемещений  $\pm 2$ .
- Выходы, изолированные оптопарами:
  - цифровой RS 232;
  - RS 485 (настраиваемый).
- Напряжение питания + 24 В.
- Ток потребления в режиме измерения не более 70 мА.

*Имеется сертификат об утверждении типа средств измерения № КС 417/01.12.713 от 08.05.2003 г.*

Изготовитель: ПКТИ «Водавтоматика и метрология», Кыргызская Республика

### **Уровнемер емкостный УЕМ**

Уровнемер (рис. С на цв. вкладке) предназначен для измерения уровня воды в каналах (водоемах), оборудованных стандартизованными сужающими устройствами, либо гидростатами типа «фиксированное русло», «водослив со свободным истечением», с последующим расчетом расхода и объема воды по градуировочной характеристике гидростата.

### **Основные технические характеристики**

- Уровнемер имеет два исполнения, различающиеся диапазоном измерений:
  - УЕМ -1000 - от 0 до 1000 мм,
  - УЕМ - 500 - от 0 до 500 мм.
- Пределы абсолютной основной погрешности измерения уровня:
  - УЕМ -1000 - от  $\pm 10$  мм,
  - УЕМ - 500 -  $\pm 5$  мм.
- Выходные сигналы:
  - цифровой по интерфейсу типа RS - 232;
  - цифровой на встроенный индикатор.
- Напряжение питания + 24 В или 6 В (4 элемента питания по 1,5 В).
- Ток потребления, не более:
  - 140 мА в режиме измерения,
  - 20 мкА в режиме ожидания.
- Время измерения 500 мс.
- Масса не более 4 кг.

*Имеется сертификат об утверждении типа средств измерения № КГ 417/01.12.705. от 26.03.2003 г.*

Изготовитель: ПКТИ «Водавтоматика и метрология», Кыргызская Республика

### **Рейка уровнемерная гидромелиоративная РУГ**

Рейка (рис. D на цв. вкладке) предназначена для измерения уровня воды в измерительных колодцах и водоемах.

#### **Основные технические характеристики**

Число типоразмеров	18
Длина измерительной шкалы, мм	300-2000
Градация типоразмеров через каждые, мм	5

Предельные отклонения номинальных значений измерительных отметок шкалы:

Номинальное значение длины шкалы, мм:	Допускаемое отклонение:
от 0 до 100	$\pm 0,5$ мм
от 100 до 200	$\pm 0,6$ мм
от 200 до 300	$\pm 0,7$ мм
от 300 до 400	$\pm 0,8$ мм
от 400 до 2000	$\pm 0,2$ %

*Имеется сертификат об утверждении типа средств измерения № КГ 417701.12.681 от 2.02.2002 г.*

Изготовитель: ПКТИ «Водавтоматика и метрология», Кыргызская Республика

### **НЕУСТАНОВИВШИЙСЯ РЕЖИМ ПОТОКА. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТИПЫ ВОДОМЕРНЫХ УСТРОЙСТВ**

На каналах с малыми уклонами, когда подпор от водомерных устройств не превышает 30 см, т.е., когда противопоказаны водосливы и другие водомерные устройства, рекомендуются измерять расходы воды при помощи насадок САНИИРИ (НС) и фиксированных русел (ФР).

### **Насадки САНИИРИ**

Для внутрихозяйственной сети рекомендуются следующие типы НС:

- водомерная насадка НС-10 х 20, металлическая для временных оросителей с расходом от 10 до 40 л/с;
- водомерная насадка НС-25 х 50, для участковых распределителей, с расходом от 60 до 250 л/с.

Водомерная насадка НС-10 х 20 изготавливается из листовой стали толщиной 3 мм. Насадка состоит из собственно сходящейся насадки прямоугольного сечения, стенки, в которую заподлицо встраивается насадка; уровневых реек с верхней и нижней сторон стенки, с нулями на одном уровне, совпадающими с верхней кромкой выходного сечения насадки; уголка для жесткости конструкции. Габариты стенки назначают из условия заделки ее в поперечное сечение канала (рис. 9).

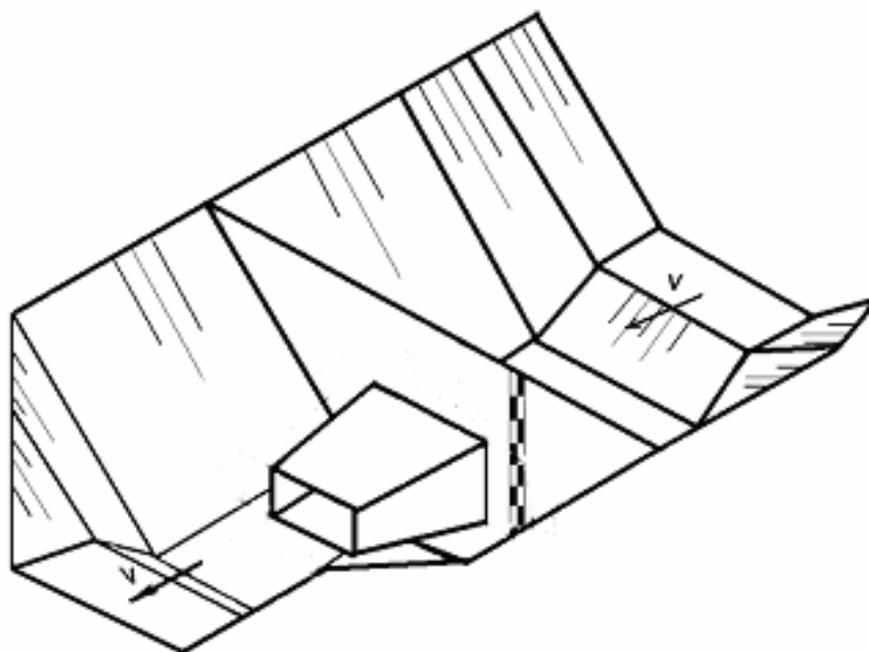


Рис. 9. Насадка САНИИРИ

При изготовлении НС-10 х 20 сварку всех граней насадка осуществляют впритык с тем, чтобы внутренние швы были чистыми, без затеков; выходное сечение (10 х 20 см) выполняется с допуском  $\pm 2$  мм, остальные размеры – с допуском  $\pm 5-10$  мм; ось насадки должна быть перпендикулярна стенке; насадка окрашивается в три слоя антикоррозийной краской. Насадка может быть переносной или стационарной (см. приложение).

Расход воды определяется при помощи расходомерной вилки. Стержни вилки имеют прямоугольное поперечное сечение 30x25 мм, на котором наносят или прикрепляют расходные шкалы. Расход воды определяется по зависимости:

$$Q = 4.1 * a * b * \sqrt{Z} ; \text{ м}^3/\text{с} \quad (11)$$

где 4,1 – постоянный коэффициент;

*a* – высота выходного сечения, м;

*b* – ширина выходного сечения, м;

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

Для удобства определения расходов воды проходящих через водомерные насадки, значения расходов воды в зависимости от разности уровней воды приведены в таблице 7.

Таблица 7

Раз- ность уров- ней <i>Z</i> (см)	ВН 10x20 <i>Q</i> (л/с)	ВН 25x50 <i>Q</i> (л/с)	Раз- ность уров- ней <i>Z</i> (см)	ВН 10x20 <i>Q</i> (л/с)	ВН 25x50 <i>Q</i> (л/с)	Раз- ность уров- ней <i>Z</i> (см)	ВН 10x20 <i>Q</i> (л/с)	ВН 25x50 <i>Q</i> (л/с)
1,0	8,2	51,2	10,5	26,5	166,0	20,0	36,7	229,0
1,5	9,9	62,2	11,0	27,0	170,0	20,5	37,2	232,0
2,0	11,6	72,2	11,5	27,7	174,0	21,0	37,6	236,0
2,5	13,0	78,2	12,0	26,5	177,0	21,5	38,0	238,0
3,0	14,2	83,7	12,5	29,9	181,0	22,0	38,5	241,0
3,5	15,3	90,0	13,0	30,0	185,0	22,5	39,0	243,0
4,0	16,5	102,0	13,5	30,5	188,0	23,0	39,4	246,0
4,5	17,5	108,0	14,0	31,0	192,0	23,5	39,8	248,0
5,0	18,5	115,0	14,5	31,4	195,0	24,0	40,2	251,0
5,5	19,3	120,0	15,0	31,8	198,0	24,5	40,6	253,0
6,0	20,0	126,0	15,5	32,3	201,0	25,0	41,0	256,0
6,5	20,7	130,0	16,0	32,8	205,0	25,5	41,4	258,0
7,0	21,5	135,0	16,5	33,3	208,0	26,0	41,8	261,0
7,5	22,2	140,0	17,0	33,7	211,0	26,5	42,2	263,0
8,0	23,0	145,0	17,5	34,3	215,0	27,0	42,6	266,0
8,5	23,7	150,0	18,0	34,9	218,0	27,5	43,0	268,0
9,0	24,5	154,0	18,5	35,4	220,0	28,0	43,3	271,0
9,5	25,2	158,0	19,0	35,8	223,0	28,5	43,6	274,0
10,0	26,0	162,0	19,5	36,3	226,0	29,0	44,0	276,0



Рис. 1. Водослив Чиполетти, АВП «Жапалак» Кыргызстан  
 1 - ВЧ-50, 2 - ребро жесткости, 3 – успокоительная ниша  
 с гидротехнической рейкой



Рис. 2. Головной гидропост (лоток Паршала) на канале второго порядка  
 АВП «Акбарабад»  
 1 - вертикальные стенки, 2 - горловина, 3 - дно, 4 - отводящий раструб  
 (диффузор)



Рис. 3. Водомерный лоток САНИИРИ, подводящая часть  
1 – входные открылки, 2- гидротехническая рейка

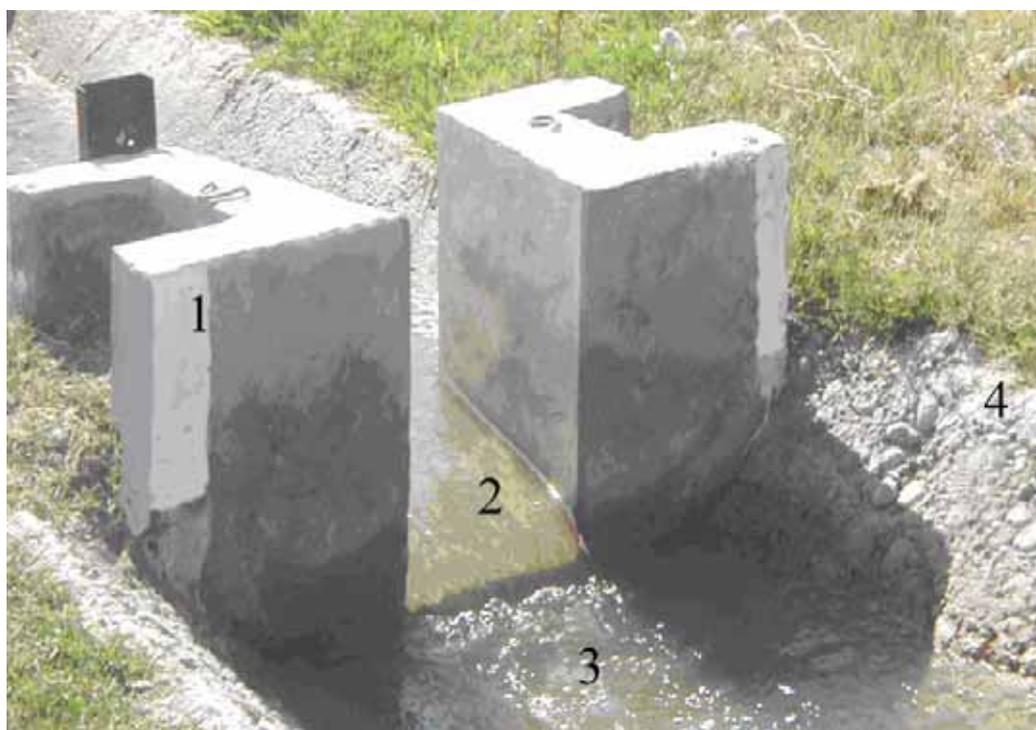


Рис. 4. Водомерный лоток САНИИРИ, отводящая часть  
1 – дно лотка, 2 –выходные открылки,  
3 – водобойный колодец, 4 – крепление откосов отводящей части канала



Рис. 6. Фиксированное русло в АВП «Жапалак»



Рис. 8. Градуированный параболический лоток  
а) с успокоительным колодцем б) с расходомерной шкалой



Рис. 10. Средства измерения уровня воды  
 а) гидротехническая рейка б) успокоительный колодец



Рис. А. Измеритель скорости воды ИСВ-01



Рис. В. Устройство контроля технологических параметров водного потока УКТП-2



Рис. С. Уровнемер емкостной УЕМ



Рис. D. Рейка уровнемерная гидромелиоративная РУГ

### ***Требования по установке и эксплуатации насадок***

- Водомерные насадки врезают в дно и откосы канала с упором нижней грани насадки в дно так, чтобы уровень воды в нижнем бьефе даже при минимальном расходе был выше выходной верхней кромки насадки, т.е. последний находился бы в затопленном режиме.
- Во всех случаях стенка насадки должна быть установлена вертикально, и приблизительно совпадать, с осью канала.
- Стенку насадки со дна и откосов утрамбовывают во избежание донной и боковой фильтрации воды; грунт откосов и дна канала ниже насадки укрепляют местными материалами.

### ***Требования к приборам для измерения уровня и их установке***

В водомерных устройствах переменного уровня могут быть использованы следующие приборы промышленного контроля – поплавковые уровнемеры, уровнемеры емкостного типа, акустические уровнемеры, рейки уровнемерные гидротехнические. Кроме того, могут быть использованы другие типы гидротехнических уровнемерных реек (морские) соответствующим государственным стандартам или техническим условиям. Уровнемеры следует устанавливать в успокоительных колодцах, нишах. Размеры успокоительных устройств должны обеспечить уменьшение высокочастотных колебаний уровня жидкости свободный доступ, и размещение уровнемерной гидротехнической рейки (рис. 10 а, б на вкладке).

## **МЕТОДЫ ГРАДУИРОВКИ, ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ. ОБРАБОТКА НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДОВ ВОДЫ, ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА И ТАБЛИЦЫ КООРДИНАТ**

- Гидрометрический створ типа ФР должен оборудоваться на прямолинейном участке канала с равномерным режимом потока воды;
- На прямолинейном участке гидропоста типа ФР не должно быть каких либо препятствий (опоры моста, близость поворота) влияющих на режим потока воды;
- В земляных руслах, для сохранения неизменного поперечного сечения в створе гидропоста, рекомендуется производить облицовку откосов и дна канала (бетонный пояс).
- Уровнемерная рейка должна быть установлена в специальном колодце или нише; ноль рейки должен совпадать с отметкой дна канала в створе гидрометрического поста;

- Гидрометрический створ должен быть всегда чистым, свободным от наносов и мусора;
- При подпорно-переменных режимах потока на гидропостах типа ФР, необходимо производить контрольные замеры расхода воды при каждом изменении уровня.
- Градуировка гидропоста проводится с целью построения градуировочной зависимости и составления по ней расходной таблицы, определения диапазона измерения расхода и погрешности измерения расхода гидропоста на этом диапазоне.

Подготовка и градуировка гидропоста типа «ФР» производится в соответствии с требованиями Руководства по проведению градуировки и поверки средств измерения расхода воды в открытых каналах методом «скорость-площадь», ВТР-М-1-80. Для получения достоверной градуировочной зависимости следует получить не менее 6-9 значений расходов при уровнях равномерно распределенных по всему диапазону измерения расхода данного гидропоста рис. 11.

### график функции $Q=f(H)$

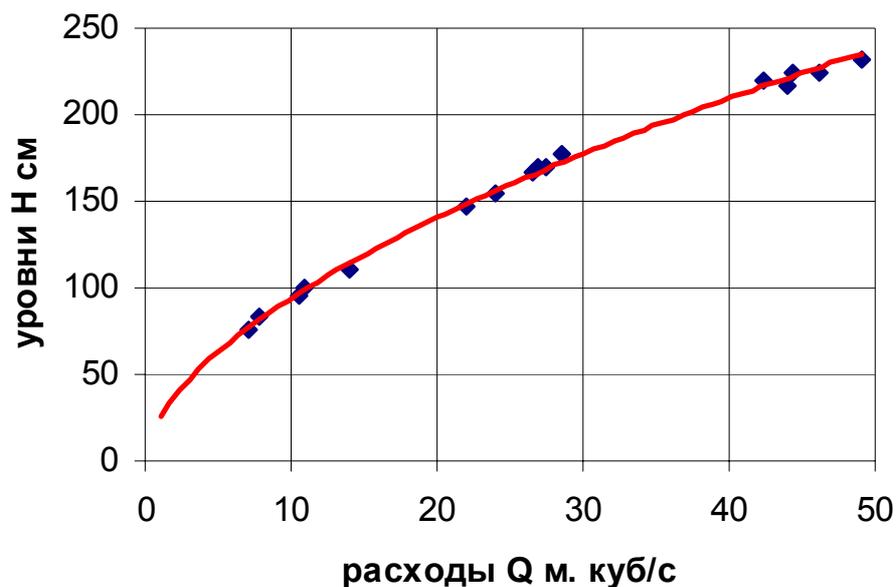


Рис. 11. График зависимости расхода от уровня воды  $Q = f(H)$

В таблице 8 приведено необходимое минимальное количество измерений расхода воды «n», в зависимости от глубины воды в канале.

Таблица 8

№ п/п п	Максимальная глубина воды в канале Н, (м)	Рекомендуемое количество измерений (п)
1	До 0,5 м	5-6
2	До 1,0 м	6-8
3	До 1,5 м	8-9
4	До 2,0 м	9-10
5	До 3,0 м и более	10-12

Значения средних расходов  $Q_{\text{ср}}$  и уровней  $H_{\text{ср}}$ , получаются в результате сложения не менее трех измеренных значений уровней и расходов, поделенных на их количество при градуировке гидрометрического поста за один прием.

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (12)$$

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3}, \text{ м} \quad (13)$$

где 3- количество приемов измерения расходов при одном среднем уровне.

Погрешность гидрометрического поста типа ФР складывается из суммы квадратов ошибок:

- Основной погрешности средств измерения скорости водного потока (гидрометрической вертушки)  $\sigma_v \leq 1,5$ ;
- Основной погрешности измерения уровня воды  $\sigma_h \leq 1$ ;
- Основной погрешности построения графика  $\sigma_{\text{сп}} \leq 2$ ;
- Основной погрешности измерения расхода воды  $\sigma_Q$ ;

Тогда погрешность гидрометрического поста подсчитывается по зависимости:

$$\sigma_{\text{ПП}} = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_h^2 + \sigma_{\text{сп}}^2 + \sigma_Q^2} \quad (14)$$

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ, ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ НАТУРНЫХ ДАННЫХ, РАСЧЕТ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ. ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЕДЕНИЮ ВОДОУЧЕТА**

1. Измерение расхода воды при помощи водосливов и лотков, являются косвенными. Для первичных величин коэффициентов расхода ( $C_e$ ;  $C_v$ ) известны средние квадратические относительные погрешности и для них справедлив закон сложения таких погрешностей. Для остальных величин известны только максимальные погрешности однократного измерения. Для оценки погрешности измерения расхода можно принять, что удвоенная средняя квадратическая погрешность ряда измерений равна (при доверительной вероятности 0,95) максимальной погрешности однократного измерения.
2. Средняя квадратическая относительная погрешность измерения расхода, %, отнесенная к верхнему пределу измерения прибора:

$$\sigma_Q^1 = Q^1 \sigma_Q \quad (15)$$

где  $\sigma_Q$  – средняя квадратическая относительная погрешность измерения расхода,

$Q^1$  – измеряемый расход, выраженный в долях верхнего предела измерений расходомера  $Q/Q_n$ ,

3. Предельная относительная погрешность измерения расхода, %:

$$\delta = 2\sigma_Q \quad (16)$$

4. Средняя квадратическая относительная погрешность измерения расхода показывающим прибором:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_b^2 + (n\sigma_h)^2} \quad (17)$$

где  $\sigma_c$  - средняя квадратическая относительная погрешность коэффициента расхода ( $C_e$ ;  $C_v$ );  $\sigma_b$  - средняя квадратическая относительная погрешность измерения ширины порога водослива или горловины лотка;  $\sigma_h$  - средняя квадратическая относительная погрешность измерения напора;  $n$  – показатель степени в уравнении расхода.

5. Средняя квадратическая относительная погрешность коэффициента расхода зависит от типа водослива или лотка таблица 9.

Таблица 9

Тип водомерного устройства	Средняя квадратическая относительная погрешность коэффициента расхода $\sigma_c$ %
Треугольный водослив с тонкой стенкой	1 (2)
Прямоугольный водослив с тонкой стенкой	1
Трапецеидальный водослив с тонкой стенкой	2,5
Водослив с порогом треугольного профиля	2
Водослив с порогом прямоугольного профиля	3
Расходомерный порог САНИИРИ	4
Лоток Вентури	1 (2)
Лоток Паршала	4
Расходомерный лоток САНИИРИ	3

6. Среднюю квадратическую относительную погрешность значения ширины горловины или ширины порога водослива следует определять по результатам не менее чем пяти измерений.

Для контроля количества подаваемой воды в АВП, анализа водопотребления и водообеспеченности, необходима ежедневная регистрация получаемых расходов воды. В практике водохозяйственных организаций большое распространение получили журналы записи суточных расходов воды и инструкции по ведению водоучета.

### **Инструкция по ведению учета расходов воды**

1. Измерение расходов воды должно проводиться утром в 8<sup>00</sup>; в полдень 13<sup>00</sup> и вечером в 20<sup>00</sup>, а также при каждом нештатном изменении уровня воды в створе гидрометрического поста на канале и его водовыделах.
2. Учет расходов воды на водовыделах, в фермерские хозяйства, оснащенных простейшими типами водомерных устройств (фиксированное русло, водосливы, лотки, пороги) должно производиться по показаниям уровнемерной рейки и расходных таблиц.
3. Значения измеренных расходов воды должны заноситься в специальные журналы (формы 1, 2 прилагаются), которые будут являться основным документом для взаиморасчетов между потребителями и поставщиками воды.
4. Журналы, отражающие динамику подачи воды по формам 1, 2, должны быть заполнены по установленной форме (см. образцы заполнения форм 1, 2).

5. Журналы должны заполняться лицами, непосредственно производящими замеры расходов воды и согласовываться с потребителями (фермерами).
6. Журналы должны быть прошиты и пронумерованы. Не допускается производить исправления в журнале. При корректировке расходов воды должны быть указаны причины и обоснование изменений.
7. В случаях неправильного заполнения или исправлений в журнале измеренных значений расходов и объемов воды должны быть указаны причины и ответственные лица, допустившие ошибку в записях. При необоснованности причин исправлений и систематического неправильного заполнения журналов руководителем должен ставиться вопрос о замене гидрометров или ответственных лиц.

### ***Пояснения к заполнению журнала по форме 1 (образец)***

1. Графа 1 – указывается тип гидрометрического поста, водомерного устройства, ширина измерительного порога и т. д.
2. Графа 2 – проставляются даты замеров, включая полные сутки.
3. Графа 3 – проставляются время замеров, при каждом изменении уровня воды в створе гидропоста, водомерного устройства.
4. Графа 4 – показания уровня воды по гидрометрической рейке.
5. Графа 5 – значения расхода воды измеренные вертушкой или вычисленные по расходной таблице координат (Q).
6. Графа 6 – промежуток времени между замерами (T).
7. Графа 7 – объем воды поданный в хозяйство между замерами  $W_i$

$$W_i = \frac{3600 * T * Q}{1000}, (м^3), \text{ для случаев замера в л/с.}$$

$$W_i = 3600 * T * Q, (м^3), \text{ для случаев замера в м}^3/\text{с.}$$

8. Графа 8 – объем воды за сутки ( $W_c$ )

$$W_c = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n, (м^3).$$

9. Графа – заполняется при корректировке и исправлениях.

**Пояснения к заполнению журнала по форме 2 (образец)**

1. Графа 1 – даты суточных замеров.
2. Графа 2 – объемы воды поданных в хозяйства по суткам  $W_{i...n}$ .
3. Графа 3 – декадные объемы воды  $W_{10}$ .

$$W_{10} = (W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_{10}) , (m^3).$$

4. Графа 4 – месячные объемы воды  $W_M$

$$W_M = (W_{10} + W_{10} + W_{10}) , (m^3)$$

5. Графы 5,6 – заполняются аналогично графам 3,4

$$W_B = (W_M^1 + W_M^2 + \dots + W_M^n) , (m^3) \text{ объем воды за вегетацию.}$$

$W_{\Gamma} = (W_B + W_{\Pi}) , (m^3) ,$  годовой объем воды включая промывные поливы.

$W_{\Pi} =$  объемы воды на промывку.

6. Графа 7 – должны быть указаны причины исправлений и корректировки.

**Форма 1**

**Ж У Р Н А Л  
измерения расходов воды за сутки  
хозяйство водовыдел гидропост**

Тип водомерного устройства	Дата замера дни, месяц, год	Время замера, час/мин	Показания рейки Н, см	Расход воды Q, л/с	Время между замерами Т, час/мин	Объемы воды между замерами $W_i$ , м <sup>3</sup>	Объемы воды за сутки $W_c$ , м <sup>3</sup>	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Водослив Томсона</b>	20.06.04	8-00	10	5				
					6	108		
		14-00	15	10				
					6	216		
		20-00	15	10				
	21.06.04	8-00	12	7	12	302		
	<b>Итого</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>626</b>	<b>626</b>	
	21.06.04							
	и т. д.							

Измерение произвел  
техник – гидрометр \_\_\_\_\_  
Согласовано с водопользователями:  
\_\_\_\_\_

**Ж У Р Н А Л**  
**измерения расходов воды за период**  
**декада месяца вегетация год**

Дата измерения расходов	Объемы воды за сутки, м <sup>3</sup>	Объем воды за декаду, м <sup>3</sup>	Объем воды за месяц, м <sup>3</sup>	Объем воды за вегетацию, м <sup>3</sup>	Объем воды за год, м <sup>3</sup>	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
01.06.04	626					
02.06.04	780					
03.06.04	700					
04.06.04	-					
05.06.04	-					
06.06.04	-					
07.06.04	600					
08.06.04	680					
09.06.04	700					
10.06.04	-					
<b>Декада</b>	<b>4086</b>	<b>4086</b>				
11.06.04	-					
12.06.04	-					
13.06.04	-					
14.06.04	-					
15.06.04	-					
16.06.04	-					
17.06.04	500					
18.06.04	550					
19.06.04	600					
20.06.04	650					
<b>Декада</b>	<b>2300</b>	<b>2300</b>				
21.06.04	-					
22.06.04	-					
23.06.04	-					
24.06.04	-					
25.06.04	-					
26.06.04	650					
27.06.04	700					
28.06.04	750					
29.06.04	800					
30.06.04	-					
<b>Декада</b>	<b>2900</b>	<b>2900</b>				
За месяц	9286	9286				

Подсчет произвел  
 техник гидрометр -----

согласовано водопользователь -----

## Примеры расчета среднеквадратической погрешности водомерных устройств

### Пример 1

В качестве первого примера взят гидрометрический пост, оснащенный водомерным лотком САНИИРИ (ВЛС), с шириной выходной горловины  $b = 0,4$  м.

$$Q = 1.72 * b * H^{1.55} ; \text{ л/с}$$

Где  $b$ - ширина выходной горловины,  $H$ -уровень воды,  $n = 1.55$  - показатель степени.

Среднюю квадратическую относительную погрешность значения ширины горловины следует определять по результатам не менее чем пяти измерений ширины выходной части горловины лотка. Измеряется ширина на отметке дна ( $B_1$ ), верха ( $B_5$ ) и середины строительной высоты лотка ( $B_3$ ). Два промежуточных замера производят в середине между верхним и средним ( $B_2$ ), средним и нижним ( $B_4$ ) значениями ширины горловины лотка.

В результате измерений геометрических размеров ВЛС были получены количественные значения параметров ВЛС, которые сведены в таблицу.

Наименование измеренных параметров	Количество измерений (К)					Проект. размер
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	
Измеренная ширина горловины $B_i$ (см)	38	39	40	41	42	40
Отклонения от проектного размера $\Delta$	-2	-1	0	+1	+2	
Среднеквадратическое отклонение $\Delta^2$	4	1	0	1	4	$\sum \Delta^2 = 10$

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения ширины горловины:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{K}} = \sqrt{\frac{10}{5}} = \sqrt{2} = 1,41$$

где  $K = 5$  - количество измерений.

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения уровня воды:

Наименование измеренных параметров	Количество измерений (К)					Средний уровень $H_{cp}$
	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	
Измеренные уровни $H$ (см)	31	32	30	29	28	30
Отклонения от заданного уровня $\Delta$	+1	+2	0	+1	-2	
Среднеквадратическое отклонение $\Delta^2$	1	4	0	1	4	$\sum \Delta^2 = 10$

Находим среднее значение уровня:

$$H_{cp} = (31+32+30+29+28):5 = 30 \text{ см}$$

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения уровня воды:

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{K}} = \sqrt{\frac{10}{5}} = \sqrt{2} = 1,41;$$

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения расходов воды для водомерного устройства ВЛС:

$$\begin{aligned} \sigma_Q &= \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_b^2 + (n * \sigma_h)^2} = \\ &= \sqrt{3^2 + 1,41^2 + (1,55 * 1,41)^2} = \sqrt{15,76} = 3,97\% \end{aligned}$$

Таким образом, среднеквадратическая относительная погрешность измерения расхода воды равна приблизительно 4%. Этот факт показывает на то, что если при уровне воды  $H=30$  см, расход воды равен  $Q = 134$  л/с ошибка при определении расхода будет равна:

$$\sigma_Q = \frac{134 * 4}{100} = \pm 5,36 \text{ л/с.}$$

## Пример 2

В качестве второго примера рассмотрим порядок расчета среднеквадратической относительной погрешности измерения расхода воды, для водослива Чиполетти ВЧ, с шириной порога  $\mathbf{b} = 50\text{см}$ . Расход воды определяется для трапецеидальных водосливов ВЧ по зависимости:

$$Q = 1.9 * b * H \sqrt{H}, \text{ л/с}$$

или

$$Q = 1.9 * b * H^{1.5}; \text{ л/с}$$

где  $\mathbf{b}$ - ширина порога водослива,  $\mathbf{H}$ -уровень воды,  $\mathbf{n} = 1,5$  - показатель степени.

В виду того, что толщина порога водослива имеет незначительную величину (порядка 3-4 мм), ширину порога измеряем очень тщательно один раз, пусть  $\mathbf{b} = 52 \text{ см}$ . Результаты измерений уровней воды сводим в таблицу.

Наименование измеренных параметров	Количество измерений (К)					Средний уровень $H_{\text{ср}}$
	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	
Измеренные уровни $H$ (см)	21	22	20	19	18	20
Отклонения от заданного уровня $\Delta$	+1	+2	0	+1	-2	
Среднеквадратическое отклонение $\Delta^2$	1	4	0	1	4	$\sum \Delta^2 = 10$

Подсчитаем среднеквадратическое отклонение размера ширины порога.

$$\sigma_{\epsilon} = \sqrt{\frac{(52 - 50)^2}{1}} = \sqrt{4} = 2;$$

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения уровня воды аналогично примеру 1:

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{K}} = \sqrt{\frac{10}{5}} = \sqrt{2} = 1,41;$$

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения расходов воды для ВЧ:

$$\sigma_Q = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_b^2 + (n * \sigma_h)^2} =$$

$$= \sqrt{2,5^2 + 2^2 + (1,5 + 1,41)^2} = \sqrt{6,25 + 4 + 8,47} = \sqrt{18,72} = 4,32\%$$

### Пример 3

И, наконец, в качестве третьего примера рассмотрим подсчет среднеквадратической относительной погрешности измерения расходов воды для фиксированных русл типа параболических лотков ЛР-60; 80; 100. За исходную версию примем лоток ЛР-60.

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения уровня воды:

Наименование измеренных параметров	Количество измерений (К)					Средний уровень Н <sub>ср</sub>
	Н <sub>1</sub>	Н <sub>2</sub>	Н <sub>3</sub>	Н <sub>4</sub>	Н <sub>5</sub>	
<b>Измеренные уровни Н (см)</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>30</b>
<b>Отклонения от заданного уровня Δ</b>	<b>+1</b>	<b>+2</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>-2</b>	
<b>Среднеквадратическое отклонение Δ<sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>ΣΔ<sup>2</sup> = 10</b>

Находим среднее значение уровня:

$$H_{ср} = (31+32+30+29+28) : 5 = 30 \text{ см.}$$

Среднеквадратическая относительная погрешность измерения уровня воды равна:

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{K}} = \sqrt{\frac{10}{5}} = \sqrt{2} = 1,41;$$

Аналогично, подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения скорости на вертикали при одноточечном способе измерения расхода воды:

Наименование измеренных параметров	Количество измерений (К)					Средняя скорость $V_{cp}$ м/с
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	
Измеренные скорости $V$ м/с	0,51	0,52	0,50	0,49	0,48	0,50
Отклонения от средней скорости $\Delta$	+1	+2	0	+1	-2	
Среднеквадратическое отклонение $\Delta^2$	1	4	0	1	4	$\sum \Delta^2 = 10$

Находим среднее значение скорости потока:

$$V_{cp} = (0,51+0,52+0,50+0,49+0,48) : 5 = 0,50 \text{ м/с.}$$

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения скорости потока:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{K}} = \sqrt{\frac{10}{5}} = \sqrt{2} = 1,41;$$

Для каждого значения уровня и скорости потока определяем соответствующие значения расходов воды (см.расходную таблицу для ЛР-60).

Наименование измеренных параметров	Количество измерений (К)					Средняя расход $Q_{cp}$ л/с
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	
Значения расходов воды $Q$ л/с	62	67	58	55	50	58
Отклонения от среднего расхода $\Delta$	4	9	0	4	8	
Среднеквадратическое отклонение $\Delta^2$	16	81	0	16	64	$\sum \Delta^2 = 177$

Подсчитываем среднеквадратическую относительную погрешность измерения расхода потока:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{K}} = \sqrt{\frac{177}{5}} = \sqrt{35,4} = 5,95;$$

Таким образом, погрешность измерения расхода воды в фиксированном русле типа ГПЛ-60, складывается из совокупности погрешностей:

- Основной погрешности средств измерения скорости водного потока (гидрометрической вертушки)  $\sigma_u = 1,5$ ;
- Основной погрешности измерения уровня воды  $\sigma_h = 1,41$ ;
- Основной погрешности измерения скорости воды  $\sigma_v = 1,41$ ;
- Основной погрешности измерения расхода воды  $\sigma_Q = 5,95$ ;

Подставляя все значения погрешностей в формулу:

$$\begin{aligned}\sigma_{oc}^{зн} &= \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_h^2 + \sigma_v^2 + \sigma_Q^2} = \sqrt{1,5^2 + 1,41^2 + 1,41^2 + 5,95^2} = \\ &= \sqrt{2,25 + 2 + 2 + 35,4} = \sqrt{41,65} = 6,45\%;\end{aligned}$$

Как видно по результатам подсчета, значение среднеквадратической относительной погрешности измерения расхода потока одноточечным способом превысило допустимое значение  $\sigma_{oc}^{зн} \leq 5\%$ . Следовательно, нами допущена ошибка при измерении или определении одной из составляющих основной погрешности. В случае отсутствия ошибки этот гидропост бракуют.

## **ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ, ПОРЯДОК ИХ ЗАПОЛНЕНИЯ. ПОДГОТОВКА ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ К ПОВЕРКЕ И АТТЕСТАЦИИ**

Для проведения аттестации или поверки построенного или эксплуатируемого средства измерения расхода (СИР), гидрометрам АВП необходимо подготовить следующий пакет документов:

- ведомость измерения расхода воды (форма 1); для гидропостов типа ФР;
- акт о проведении градуировки (форма 2) для гидропостов типа ФР;
- технический паспорт средства измерения расхода воды (форма 3);
- градуировочная зависимость расхода от уровня (или перепада уровней) воды (формы 4 или 5);
- таблицу координат (форма 6).

Перед проведением аттестации или поверки гидропост должен быть очищен от наносов, гидротехническая рейка и СИР, должны быть, тщательно очищены, и иметь доступ для их осмотра. Подводящее и отводящее русло должно быть очищено от зарослей растений.

Метрологическую аттестацию проводят специалисты метрологических центров имеющих допуск от национальных агентств «Стандартов», на проведение этих работ.

### ***Периодичность проверок***

- Для простейших средств измерения уровня – 1 раз в три года;
- Для водосливов с тонкой стенкой (треугольных, прямоугольных и трапецеидальных) – 1 раз в 2 года;
- Для водомерных лотков и фиксированных русл – 1 раз в 3 года.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расхода методом «скорость-площадь» МВИ 05-90.
2. Методика выполнения измерений расхода воды с помощью специальных сужающих устройств мелиоративного назначения МВИ 06-90.
3. Каналы гидромелиоративные железобетонные параболические. Методика выполнения измерений расхода методом «скорость-площадь» МВИ 33-475559-09-91.
4. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков МИ 2122-90.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

- Акт о проведении градуировки (поверки) СИР (форма 2);
- Технический паспорт средства измерения расхода воды (форма 3);
- Градуировочная зависимость расхода от уровня (или перепада уровней) воды (формы 4 или 5) рис. 11;
- Таблица координат заполняется снятием значений с графика рис. 11 (форма 6).
- Чертежи водомерных устройств;
- Акт или протокол метрологической аттестации, поверки (выдается организацией проводившей аттестацию или поверку гидропоста).

СОГЛАСОВАНО  
УТВЕРЖДАЮ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г

**АКТ**

о проведении градуировки (поверки) СИР № \_\_\_\_\_, расположенного на ПК \_\_\_\_\_ канала \_\_\_\_\_ оросительной системы \_\_\_\_\_ МСВХ \_\_\_\_\_

Мы нижеподписавшиеся, \_\_\_\_\_ произвели в период \_\_\_\_\_ 200 г градуировку (поверку) СИР \_\_\_\_\_ включающего в себя следующие элементы: \_\_\_\_\_

сведения о конструкции и размерах контрольного створа, состав оборудования  
Градуировка (поверка) произведена при измерении \_\_\_\_\_ значений расхода воды \_\_\_\_\_ способом, соответствующих \_\_\_\_\_ диапазон измерений \_\_\_\_\_

Для градуировки (поверки) СИР использовало \_\_\_\_\_ гидрометрический створ, расположенный на расстоянии \_\_\_\_\_ от СИР.

Характеристика гидрометрического створа: \_\_\_\_\_  
Измерение расхода воды производилось вертушками \_\_\_\_\_

установленными \_\_\_\_\_ в \_\_\_\_\_ точках каждой вертикали  
Условия проведения градуировки (поверки) \_\_\_\_\_

Результаты градуировки (поверки) \_\_\_\_\_

результаты измерений расхода воды \_\_\_\_\_ способом на \_\_\_\_\_ бланках прилагаются,  
По результатам проведения градуировки (поверки) построена зависимость  $Q=f(H)$ , методом наименьших квадратов подсчитано среднее квадратическое отклонение результатов градуировки (поверки) от осредненной кривой по графику  $Q=f(H)$ , не превышает \_\_\_\_\_ %  
Среднеквадратическая погрешность \_\_\_\_\_

9. Заключение \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 год.

ПОДПИСИ:

Поверитель метрологической службы \_\_\_\_\_

Гидротехник УОС \_\_\_\_\_

Министерство сельского и водного хозяйства \_\_\_\_\_

**ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ  
средства измерений расхода воды**

Наименование канала, пикет \_\_\_\_\_

Наименование СИР \_\_\_\_\_

тип СИР конструктивные особенности \_\_\_\_\_

особенности расположения и эксплуатации СИР, гидравлический режим

СИР установлено в \_\_\_\_\_ году

Сметная и фактическая стоимость СИР \_\_\_\_\_

Схема расположения СИР \_\_\_\_\_

Техническая характеристика СИР:

Собственно СИР \_\_\_\_\_

средства измерения контролируемых параметров \_\_\_\_\_

средства переправы \_\_\_\_\_

успокоительного устройства \_\_\_\_\_

репления бьефов \_\_\_\_\_

реперов и створных знаков \_\_\_\_\_

средств автоматизации и телемеханики \_\_\_\_\_

вспомогательного оборудования и инвентаря \_\_\_\_\_

Гидравлические элементы:

Наименование гидравлических элементов	Значения гидравлических параметров		
	Канала	Водовы-пуска из канала	Контрольного сечения СИР
Расход воды м <sup>3</sup> /с Строительная глубина, м Ширина по дну, м Ширина по верху, м Заложение откосов. (m) Площадь живого сечения, м <sup>2</sup> Максимальное наполнение, м Максимальная скорость потока, м/с Максимальный гидравлический радиус, м Максимальный перепад уровней воды, м Уклон дна канала			

10. Условные отметки характерных точек:

Наименование характерных точек	Время измерений, год			
	200	200	200	200

Репер				
Бровка канала				
Дно канала				
Начало шкалы				

отметка о проведение капитальных ремонтов СИР \_\_\_\_\_

отметка о проведение градуировок и поверок СИР \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г.

ПОДПИСИ: \_\_\_\_\_

Руководитель УОС начальник отдела

гидротехник гидрометр

**ПРОТОКОЛ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ  
АТТЕСТАЦИИ № \_\_\_\_\_**

*1. ОБЩИЕ ДАННЫЕ ОБ АТ ТЕСТУЕМОМ СРЕДСТВЕ  
ИЗМЕРЕНИЯ* наименование, дата выпуска \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*2. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ*

*ХАРАКТЕРИСТИКИ* заводское обозначение, назначение

*3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ* полное наименование \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И*

*СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАЦИЙ* наименование и последов. операций

\_\_\_\_\_

*5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ* таблицы  $q = f(h)$  \_\_\_\_\_

*6. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ* формулы \_\_\_\_\_

*7. ВЫВОДЫ* по каждой характеристике \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ИСПОЛНИТЕЛИ:

ГЛАВНЫЙ МЕТРОЛОГ,

ПОВЕРИТЕЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, имя, отчество)

МЕТРОЛОГ,

ПОВЕРИТЕЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, имя, отчество)

**СВИДЕТЕЛЬСТВО О МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ  
АТТЕСТАЦИИ (ПОВЕРКИ)**

(наименование организации, выдавшей свидетельство)

**СВИДЕТЕЛЬСТВО №**

**о метрологической аттестации средств измерений**

наименование средства измерения \_\_\_\_\_

заводское обозначение и номер СИР \_\_\_\_\_

дата выпуска \_\_\_\_\_

Назначение \_\_\_\_\_

(краткая характеристика объекта, для которого предназначено СИР

наименование измеряемых величин) \_\_\_\_\_

Краткие метрологические характеристики \_\_\_\_\_

Условия эксплуатации \_\_\_\_\_

Результаты аттестации (поверки):

№ п/п	Метрологические характеристики	Полученные значения метрологических ха- рактеристик	Оценка точности (погрешности) определения метрологических ха- рактеристик
1	2	3	4

По результатам метрологической аттестации (поверки)

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200 г

Средство измерений допускается к применению в качестве \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ средства измерений \_\_\_\_\_

рабочего, образцового класс, разряд

Очередную \_\_\_\_\_ провести не позднее \_\_\_\_\_

Поверку, аттестацию дата

Подпись руководителя организации  
производившей аттестацию (поверку) \_\_\_\_\_

ГЛАВНЫЙ МЕТРОЛОГ,

ПОВЕРИТЕЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ \_\_\_\_\_

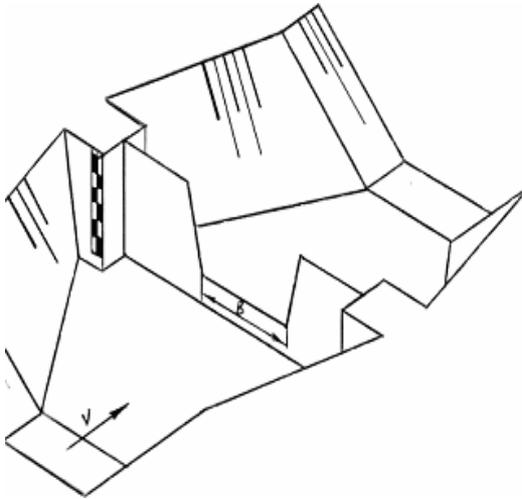
(должность, фамилия, имя, отчество)

МЕТРОЛОГ,

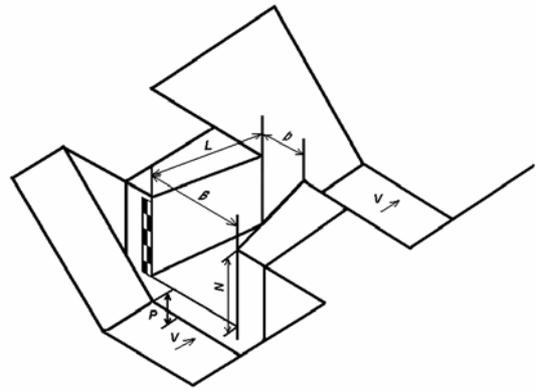
ПОВЕРИТЕЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ \_\_\_\_\_

(должность, фамилия, имя, отчество)

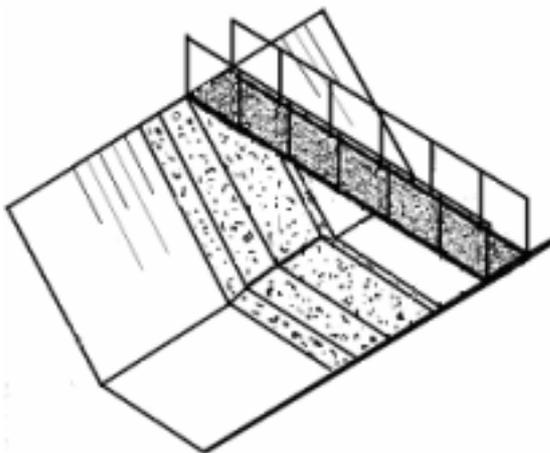
## ЧЕРТЕЖИ ВОДОМЕРНЫХ УСТРОЙСТВ



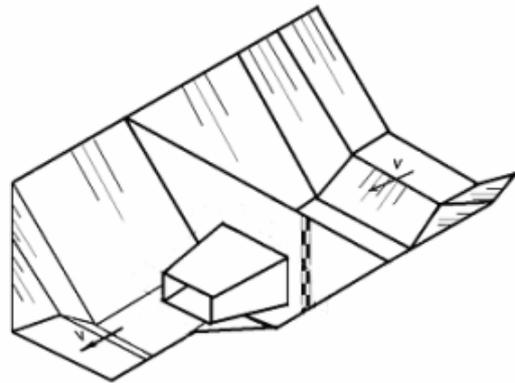
**1. Водослив Чиполетти**



**2. Водомерный лоток САНИИРИ**



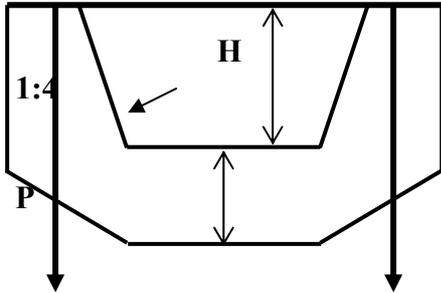
**3. Фиксированное русло  
с бетонным пояском**



**5. Насадок САНИИРИ  
прямоугольного сечения**

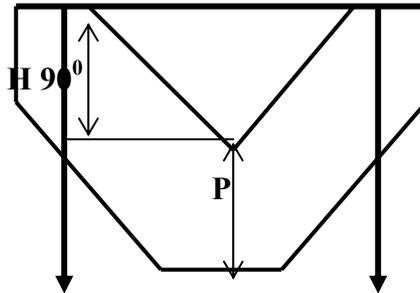
## 1. ВОДОСЛИВЫ

**Водослив Чиполетти**



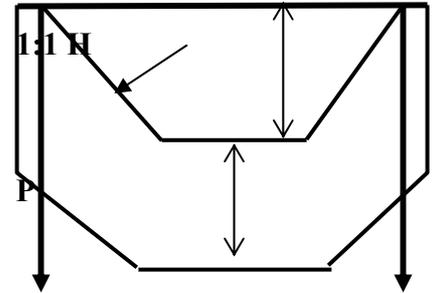
1; 2 – ребра жесткости  
 $P = 15-20$  см  
 $H = 20-30$  см

**Водослив Томсона**

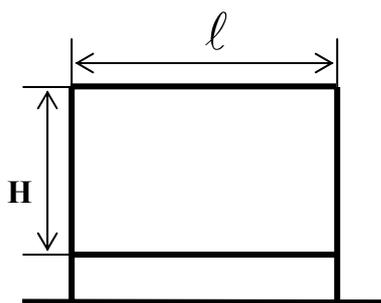
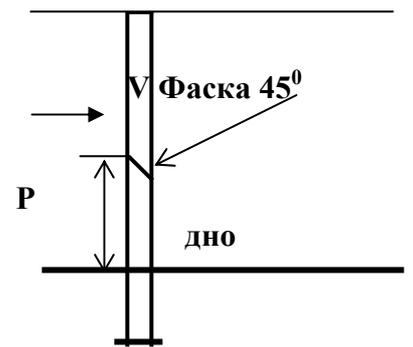
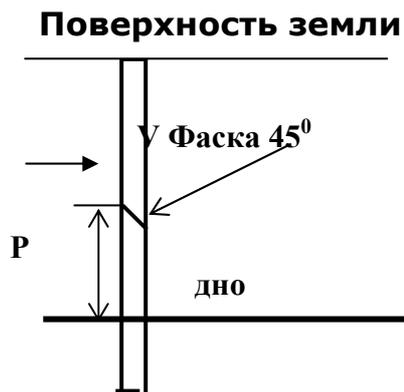
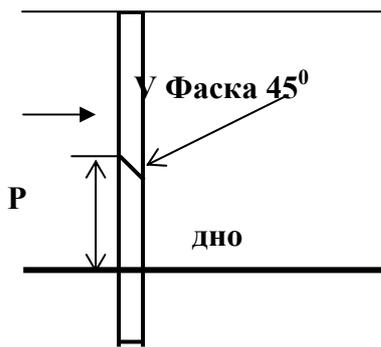


1; 2 – ребра жесткости  
 $P = 10-15$  см  
 $H = 20-30$  см

**Водослив САНИИРИ**

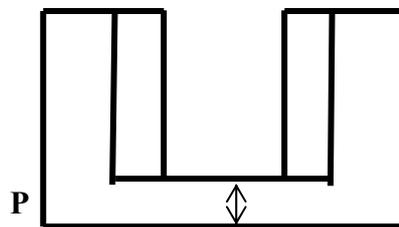


1; 2 – ребра жесткости  
 $P = 15-20$  см  
 $H = 20-30$  см

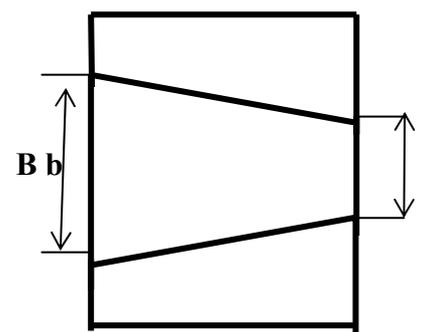


**Вид сбоку**

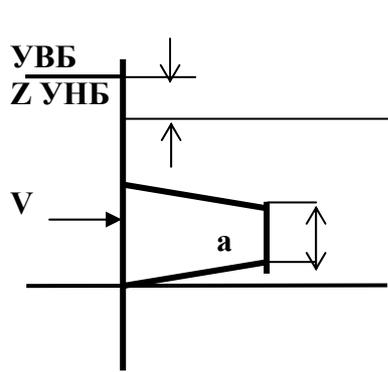
**Водомерный лоток САНИИРИ**



**Вид спереди**

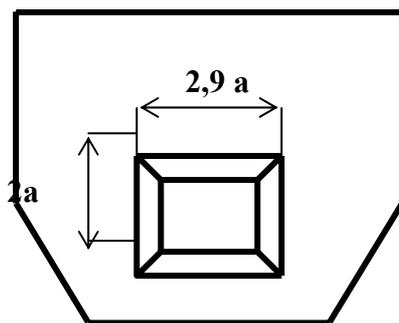


**Вид сверху**

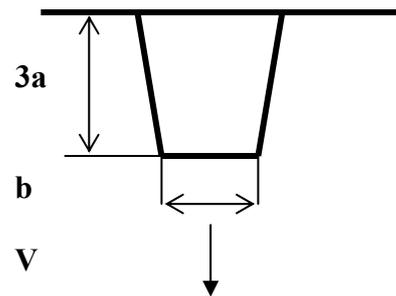


**Вид сбоку**

**Насадка САНИИРИ**



**Вид спереди**



**Вид сверху**

