

**ШВЕЙЦАРСКОЕ АГЕНТСТВО ПО МЕЖДУНАРОДНОМУ РАЗВИТИЮ И СОТРУДНИЧЕСТВУ
(SDC)**

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ КООРДИНАЦИОННАЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КОМИССИЯ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ (МКВК)**

**Международный институт управления
водными ресурсами
(IWMI)**

**Научно-информационный центр
МКВК
(НИЦ МКВК)**

**ПРОЕКТ: ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ
(ИУВР-ФЕРГАНА)**

«Рекомендации по выбору типа, места и строительству водомерных устройств в АВП»



ТАШКЕНТ – 2010 г.

В рамках Проекта «ИУВР-Фергана» в 2010г, была поставлена задача разработки простейших рекомендаций для персонала АВП по выбору места и типа водомерных устройств и технологии строительство их на каналах АВП. Учитывая острый дефицит в подобной литературе и отсутствия в достаточном количестве нормативных документов, регламентирующих выбор параметров водомерных устройств, были разработаны данные «Рекомендации...», которые могут быть полезны для фермеров при строительстве гидростов в ассоциациях охваченных смежными проектами «RESP», «WPI-PL» и др..

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

Лидер блока 2 «Инструменты» Хорст М.Г.

Разработка и подготовка «Рекомендаций...» к изданию,
консультант проекта «ИУВР-Фергана» к.т.н. Масумов Р.Р.

Содержание

	Введение	4
1	Выбор места строительства и типа водомерного устройства	4
1.1.	Последовательность действий при выборе места строительства и типа водомерного устройства	5
2	Стандартные водомерные устройства для измерения расходов воды	6
2.1.	Водосливы Томсона (ВТ) и Чиполетти (ВЧ)	6
2.2.	Водомерный лоток САНИИРИ (ВЛС)	9
3	Фиксированное русло (ФР)	13
3.1	Градуировка гидрометрического поста типа ФР	14
3.2	Параболические лотки	15
3.3	Градуировка параболического лотка	15
4	Подготовительные работы, технология строительства гидропостов	17
4.1	Приготовление бетона и цементного раствора	19
5	Перечень необходимых документов для принятия к эксплуатации законченных гидропостов	20
5.1	Периодичность проверок гидропостов	21
	ЛИТЕРАТУРА	21
	ПРИЛОЖЕНИЯ	22

Введение

В рамках Проекта «ИУВР-Фергана» в 2010г, была поставлена задача разработки простейших рекомендаций для персонала АВП по выбору места и типа водомерных устройств и их строительство на каналах АВП. Учитывая острый дефицит в подобной литературе и отсутствия в достаточном количестве нормативных документов, регламентирующих выбор параметров водомерных устройств, были разработаны «Рекомендации по выбору места, типа и строительству водомерных устройств в АВП». В состав «Рекомендаций...» дополнительно были, включали материалы по производству подготовительных работ перед строительством водомерных устройств, градуировки и обработки результатов измерений, подготовки техдокументации для аттестации и поверки гидропостов. В состав «Рекомендаций...» также были включены материалы и вопросы, возникшие на основе реализации Проекта «ИУВР-Фергана» 2002-2010гг.

1. Выбор места строительства и типа водомерного устройства

Как показал опыт реализации Проекта «ИУВР-Фергана», основной трудностью гидрометров и фермеров АВП являлся выбор места строительства водомерного устройства, ввиду отсутствия профессиональных знаний и практического опыта гидротехнического строительства. 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 и базовых АВП проекта «ИУВР-Фергана», в «Рекомендации...» были включены дополнительные материалы по выбору места и строительства водомерного устройства, подготовки его к аттестации и правильной эксплуатации.

Как было отмечено, основной трудностью гидрометров и фермеров АВП являлся выбор места строительства водомерного устройства. В качестве предварительной подсказки предложена вспомогательная таблица 1, в которой в зависимости от рельефа местности, расхода, скорости воды и прочих условий, рекомендованы 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 ³ /с	
		до 0,5	0,5-1,0
Уклоны большие и средние, движение потока установившееся: $V = (0,5 - 1,5)$ м/с	Содержание взвешенных наносов до $1,0$ кг/м ³	ВТ, ВЧ, ВЛС, ЛП, ЛВ ВПС, ФР	ВЛС, ЛП, ЛВ ВПС, ФР
	Содержание наносов более $1,0$ кг/м ³ , наличие плавника и мусора	ВЛС, ЛП, ЛВ ВПС, ФР	ВЛС, ЛП, ЛВ ВПС, ФР
Уклоны средние и малые, движение потока неустановившееся: $V = (0,01 - 0,5)$ м/с	Содержание взвешенных наносов до $1,0$ кг/м ³	НС, ФР	НС, ФР
	Содержание наносов более $1,0$ кг/м ³ 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 (трапецидального, прямоугольного, треугольного, параболического) профиля.

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 в земляном русле канала, водная поверхность относительно спокойная и гладкая. В русле канала отсутствуют сильно заиленные или размывшие участки, уровень воды практически не меняется, ничто не препятствует течению воды.

При **неустановившемся** движении потока его элементы (скорость, глубина, расход и др.) изменяются как по времени, так и по длине. Такой характер движения потока характерен для сильно заиленных каналов с малыми уклонами дна, заросших водной растительностью.

По всей этой совокупности признаков, гидрометр или водопользователь на месте должен определить режим движения потока. Немаловажную роль играют характеристики состава оросительной воды. Если содержание взвешенных наносов будет превышать значения более 1 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.

1.1. 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. Измерить среднюю ширину по дну (b), по верху (B) и строительную высоту (h) канала и определить длину прямолинейного участка;
4. Выбрать подходящий тип водомерного устройства.

Пояснения по каждому пункту действий:

По первому пункту: участок канала, где намечается строительство гидропоста, должен быть прямолинейным, длиной не менее $L = (6-10) * b$, где b – ширина канала по дну рис.1. Створ гидропоста должен быть разбит на середине или, чуть ниже середины длины прямолинейного участка на расстоянии $l = 0,5-0,7 * L$. Путем визуального осмотра надо убедиться, в отсутствие отложений донных наносов, повреждений берм и откосов канала;

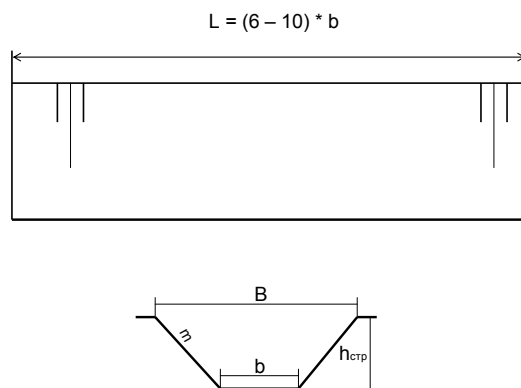


Рис.1. Продольный и поперечный профиль выбранного участка канала

По второму пункту: произвести осмотр водной поверхности и дна участка канала как вверх, так и вниз по течению. Определить режим движения потока и дать визуальную

оценку качества оросительной воды (наличие наносов), где намечено строительство гидропоста;

По третьему пункту: по таблице 1, в зависимости от результатов осмотра по пунктам 1;2, произвести подбор подходящих типов 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.

2. Стандартные водомерные устройства для измерения расходов воды

В качестве стандартных устройств для измерения расходов воды приняты следующие типы водомеров:

1. Водосливы с тонкой стенкой, различного профиля;
2. Расходомерные пороги САНИИРИ;
3. Лотки Вентури;
4. Лотки Паршала;
5. Лотки САНИИРИ (Ярцева).

Все вышеперечисленные водомерные устройства удовлетворяют требованиям Стандартов или Правил, благодаря чему обеспечивается возможность изготовления и применения таких измерительных устройств без индивидуальной градуировки.

Ниже рассмотрим предназначенные для учета расходов воды на внутрихозяйственной оросительной сети и получившие наибольшее распространение стандартные водосливы Томсона, Чиполетти и лотки САНИИРИ (Ярцева).

2.1. Водосливы Томсона (ВТ) и Чиполетти (ВЧ)

Водослив ВТ–50 предназначен для измерения расходов воды до 50 л/с. Водослив ВТ изготавливается как переносной, так и стационарной конструкции рис.2. Конструкция его состоит из водослива треугольной формы, сходящимися кромками под углом 90° , изготовленного из листовой стали толщиной 3 мм; уголка жесткости и уравнивающей рейки, укрепленной на стенке водослива наклонно под (45°) или вертикально (90°) . Кромка порога водослива ВТ, обращенная к подводящему каналу, должна быть острая, с фаской – (45°) .

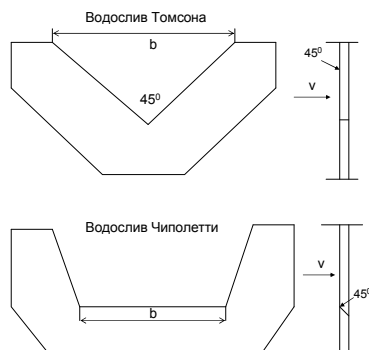


Рис. 2. Водосливы

Водослив Чиполетти (ВЧ)

Водослив Чиполетти ВЧ–50 (см. рис.2), 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 трапециевидным 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 ± 2 –3 мм, остальные размеры – с допуском ± 5 –10 мм; кромка водосливного отверстия должна быть ровной, чистой, без зазубрин и выступов.

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 ± 5 мм, остальные размеры с допуском ± 10 мм.

Ширина гребня водосликов ВТ и ВЧ выполняются с допуском ± 2 –3 мм, остальные размеры – с допуском ± 5 –10 мм; кромка водосливного отверстия должна быть ровной, чистой, без зазубрин и выступов.

Кромка порога водосликов ВТ, ВЧ быть острой с фаской 45° , обращенной навстречу потоку.

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.

Требования для установки водосликов ВТ, ВЧ.

- земляной участок канала, предназначенный для установки водослива должен быть прямолинейным с длиной не менее $L = 10 * b$, с симметричным поперечным сечением;
- земляной участок канала (дно и откосы), должны быть очищены от ила, водной растительности, мусора с соблюдением симметричности;
- водослив следует устанавливать строго вертикально, и перпендикулярно оси канала, врезая его в дно и откосы земляного русла, на середине подготовленного участка;
- порог (гребень) водослива должен быть строго горизонтальным, вертикальная стенка перпендикулярной основанию, ось водослива должна совпадать с осью канала;
- высота порога водослива «Р» должна быть больше максимальной глубины $h_{\max}$ в канале рис.3, за водосливом;
- начало подводящего и конец отводящего участков канала, должны выполняться виде гидротехнического зуба, т.е., заливкой бетоном имеющей ширину и толщину двукратно превышающей толщину (t), бетонной облицовки дна канала;
- при скорости течения более $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ подводящий участок канала перед водосливом следует расширить, а дно углубить для уменьшения скорости потока.

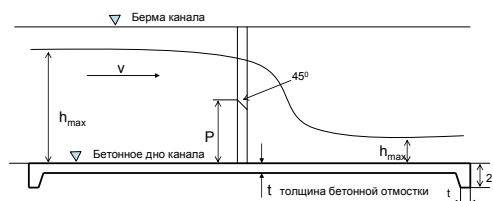


Рис. 3. Гидропост с водосливом Чиполетти.

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 H (см)	ВЧ-50 Расход Q (л/с)	ВЧ-75 Расход Q (л/с)	ВТ-50 Расход Q (л/с)	Уровень по рейке H (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	

Для нормального в пределах допустимой точности ($\sigma \pm 5\%$) 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.).

Для малых каналов АВП рекомендуется строить лоток САНИИРИ, остальные лотки (Паршала, Вентури) не рекомендуются для строительства (см. РДП 99 - 77) т.к., они сложны в изготовлении.

2.2. Водомерный лоток САНИИРИ (ВЛС)

Водомерный лоток САНИИРИ или сокращенно 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 «Р» над дном канала необязательно. Уровнемерная рейка прикрепляется к передней стенке лотка, ноль рейки должен совпадать с отметкой дна лотка рис.4.

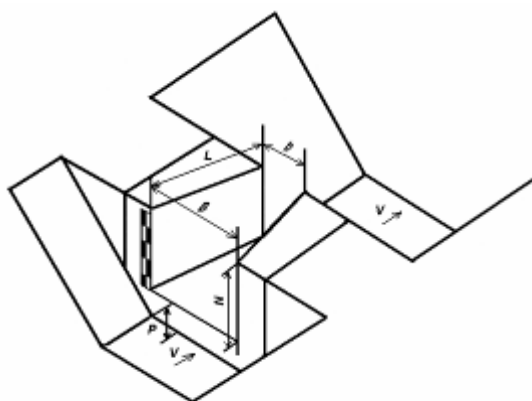


Рис.4. Водомерный лоток САНИИРИ (ВЛС)

Размеры лотков и их пропускная способность в зависимости от выходного размера ширины, приведены в таблице 3.

Таблица. 3

Размеры лотка	Ширина выходной части лотка e_n (м)							
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Ширина входной части лотка $B_n=1,76 e_n$	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,76
Длина лотка $l=2e_n$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Высота вертикальных стенок лотка $H_l=(1.5-2)e_n$	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 ³ /с	0,051	0,157	0,286	0,555	0,916	1,064	1,217	2,140
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:

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

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:

$$Q = 1,72 * b * H^{1.55}; \text{ л/с} \quad (4)$$

Лоток САНИИРИ предназначен для измерения расходов воды при незатопленном истечении. Незатопленное истечение для ВЛС обеспечивается при $h \leq 0$.

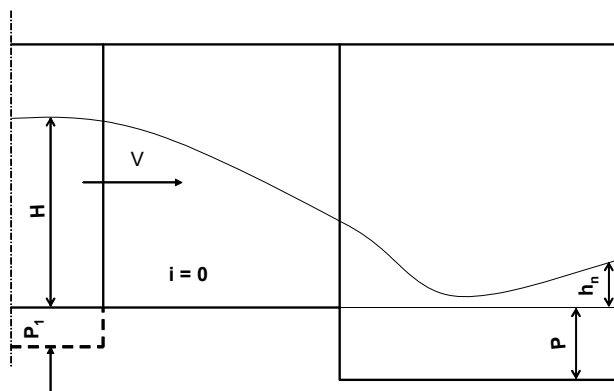


Рис.5. Продольный профиль лотка САНИИРИ

Для удобства расчетов значения расходов воды в зависимости от уровня 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

Глубина воды H, см	Выходная ширина лотка в, см						
	20	30	40	50	60	70	80
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	238,6	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

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

- 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 построенном ВЛС поток воды поступает в водобойный колодец отводящей части гидростата без подтопления рис. 6, т.е., выполняется условие $h \leq 0$.



Рис. 6. Гидропост с ВЛС, вид с нижнего бьефа

3. Фиксированное русло

В практике водоучета когда необходим учет больших расходов воды, или в случаях когда режим потока неустановившийся, на прямолинейном участке земляного канала, оборудуется гидропост типа фиксированное русло (ФР) с уровнемерной рейкой. Для получения расходной зависимости $Q = f(H)$, необходимо проведение индивидуальной градуировки «ФР». Фиксированное русло, может быть выполнено из бетонных плит, или монолитного бетона с толщиной не менее 5 см, для придания устойчивости облицовки механическим воздействиям и размыву потоком воды рис. 7.

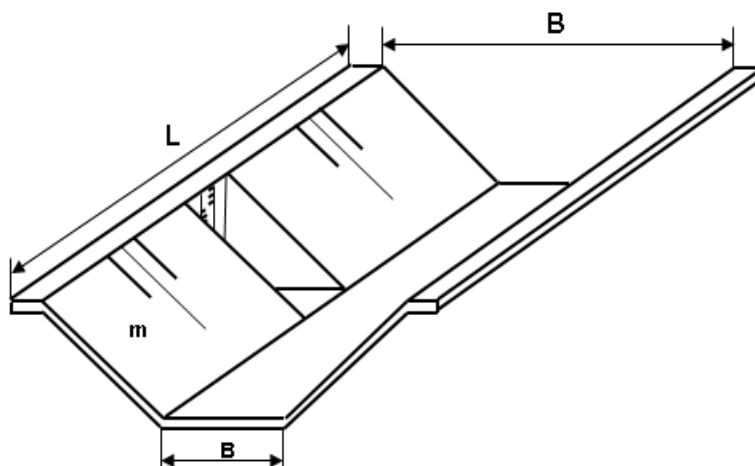


Рис.7. Фиксированное русло

Требования к оборудованию гидрометрических постов типа ФР

- Гидрометрический створ типа «ФР» должен оборудоваться на прямолинейном участке канала с равномерным режимом потока воды;
- На прямолинейном участке канала не должно быть, каких либо препятствий (опоры моста, близость поворота) влияющих на режим потока воды в створе гидропоста;

- В земляных руслах, для сохранения неизменного поперечного сечения в створе гидропоста, рекомендуется производить облицовку откосов и дна канала (бетонный пояс);
- Участок канала для «ФР» должен быть прямолинейным, с постоянной формой поперечного прямоугольного, трапецидального или параболического сечения, допускающей отклонения от средних геометрических размеров (ширины, строительной высоты русла, величины заложения откосов) не более $\pm 2\%$ сечения, с постоянным уклоном дна.
- Начало подводящего и конец отводящего участков «ФР», должны выполняться в виде гидротехнического зуба, т.е., заливкой бетоном имеющей ширину и толщину двукратно превышающей толщину бетонной облицовки дна канала;
- 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;
- При скорости потока в канале менее 2 м/с допустимая длина участка, на котором должны быть выдержаны указанные условия, в зависимости от ширины канала по низу (b), должна быть в пределах $L = (6 - 10) \cdot b$.

3.1. Градуировка гидрометрического поста типа ФР

Градуировка гидропоста типа ФР проводится с целью построения градуировочной зависимости $Q = f(H)$ и расчета по ней расходной таблицы, погрешностей измерения расхода гидропоста.

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 5-7 значений расходов при уровнях равномерно распределенных по всему диапазону измерения расхода данного гидропоста рис. 8.

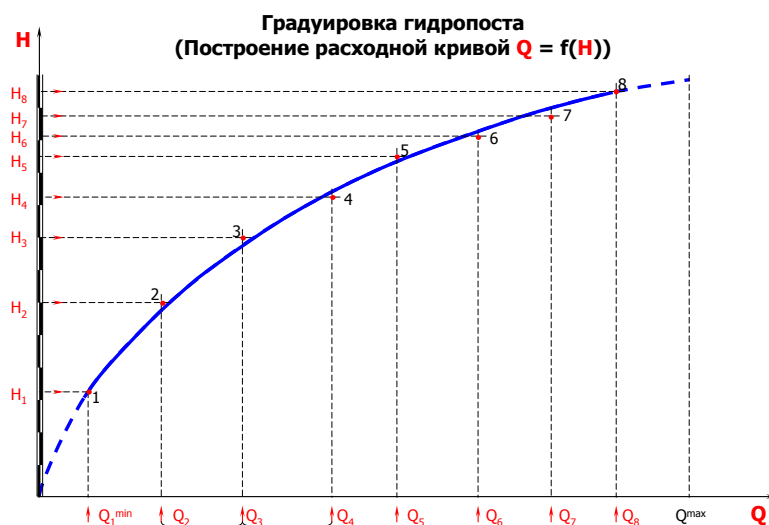


Рис. 8. График зависимости расхода от уровня воды $Q = f(H)$

Учитывая отсутствие гидрометрических вертушек в АВП, градуировку ФР рекомендуется проводить при помощи переносного водослива ВЧ-50. Для этого измерив уровень воды на рейке ФР, измеряют расход воды при помощи водослива выше или ниже по течению, где режим потока воды в канале позволяет сделать это. Произведя 5-7 измерений при уровнях равномерно распределенных по всему диапазону измерения расхода данного гидропоста, строится график расходной характеристики и рассчитывается таблица координат.

3.2. Параболические лотки

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

Градуированный параболический лоток (ГПЛ), это место (пост) оборудованный и про-градуированный для систематического учета воды. ГПЛ включает одну секцию лотка ЛР и гидрометрический створ (рабочий) для измерения глубины и скорости воды, неподвижно закрепленного на нем мостика, успокоительного колодца с уровнемерной рейкой, или нанесенной на откосе расходомерной шкалой. Выбранная секция и соседние секции лотков, должны быть исправными с одинаковым уклоном рис.9.



Рис.9. Градуированный параболический лоток:
а) с успокоительным колодцем б) с расходомерной шкалой

3.3. Градуировка параболического лотка

Для получения кривой и расчета таблицы зависимости расхода от глубины воды $Q = f(H)$, на оборудованном створе ЛР, также как и для ФР проводят 5-7 измерений расхода при помощи гидрометрической вертушки в диапазоне от $Q_{\min}$ до $Q_{\max}$. Для упрощения процедуры градуировки рекомендуется применять одноточечный способ, разработанный в САНИИРИ.

Одноточечный способ САНИИРИ

Этот способ предназначен для систематических измерений расхода воды 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 рекомендуемым способом имеет вид:

$$Q = K * h * 2\sqrt{2Ph} * V_{0,6}; \text{ (л /с)} \quad (5)$$

где К – постоянный коэффициент, для лотков ЛР-40; 60; 80, $P = 0,2$ для лотка ЛР-100, $P = 0,35$.

Скорость течения воды (V) измеряется гидрометрической вертушкой на средней вертикали в точке, расположенной на глубине $0,6 \cdot h$ от поверхности воды. Экспериментальными исследованиями САНИИРИ рассчитано значение $K = 0,565$ для лотков ЛР–40; 60; 80, и для лотка ЛР–100, значение $K = 0,59$. 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 других 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 $0,6 \cdot h$ 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 вертушки, секундомером фиксируется общее время;

Вычисление скорости и определение расхода воды производится в следующей последовательности. Определяется число оборотов лопастей вертушки в секунду по формуле:

$$n = N/t,$$

где N – общее число оборотов за весь период t ;

Определяется скорость течения воды по уравнению вертушки. Далее рассчитывается расход по зависимости (5) для лотков ЛР–40, 60, 80.

$$Q = 0.715 \cdot h \cdot \sqrt{h} \cdot V_{0.6}; \text{ (л/с) } (6)$$

для лотков ЛР –100:

$$Q = 0.99 \cdot h \cdot \sqrt{h} \cdot V_{0.6}; \text{ (л/с) } (7)$$

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 $Q = f(H)$ путем проведения контрольных замеров гидрометрической вертушкой.

Измерение уровней воды должно производиться специальной гидротехнической рейкой допущенной Агентством Стандартов, которая устанавливается в успокоительном колодце или нише рис.10.



а)



б)

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

4. Подготовительные работы, технология строительства гидростов

Подготовительные работы имеют свою последовательность, соблюдение которых необходимо при строительстве гидростов. В состав подготовительных работ входят следующие технологические операции:

- произвести очистку выбранного участка русла канала от донных наносов и растительности длиной не менее $L = (6-10) * b$, где b – средняя ширина канала по дну, рис.11;



Рис.11. Очистка дна канала от ила и водной растительности.

- произвести выравнивание откосов участка канала для достижения максимальной прямолинейности и симметричности;
- в начале прямолинейного участка канала необходимо произвести насыпку земляной перемычки, чтобы предотвратить поступление воды;
- в начале, в конце прямолинейного участка, на середине поперечных сечений канала установить вехи;

- в створе установки водомерного устройства $l = 0,5-0,7 \cdot L$, произвести очистку основания и насыпать каменную отмостку толщиной не менее 15–20 см под основание водомерного устройства рис.12;



Рис.12. Укладка каменной наброски под основание водомерного устройства.

- установить металлическую опалубку водомерного устройства по оси канала, ориентируясь по вехам, протянуть поперечную перпендикулярную ось для правильного монтажа и ориентации входной части опалубки водомерного устройства по отношению к оси канала рис. 13;



Рис. 13. Установка металлической опалубки для лотка САНИИРИ по оси участка канала.

- установить с внутренней стороны передней части опалубки уровнемерную рейку (РУГ-0,5) с мерным элементом впереди, и залить бетон. Для экономии бетона рекомендуется использовать крупные камни, и булыжники;
- произвести укладку бетона на откосы и дно подводящей и отводящей участков канала толщиной не менее 5 см, рис. 14;



Рис.14. Часть бетонной облицовки подводящего русла гидрометрического поста с лотком САНИИРИ.

- через 24 часа, снять опалубки водомерного лотка САНИИРИ и залить бетоном порог лотка САНИИРИ под нулевой уровень рейки;
- произвести заделку всех строительных швов и бетонных откосов гидрпоста цементным раствором;

4.1. Приготовление бетона и цементного раствора

В гидротехническом строительстве применяется очень прочный и долговечный материал – бетон, представляющий смесь цемента, воды и щебня или гравия. Для бетона лучше всего использовать мытый чистый песок средней крупности. Другой заполнитель бетона – гравий представляет собой смесь естественных камней размером от 5 до 8 см. Воду, цемент и гравий берут в определенной пропорции, хорошо перемешивают для получения бетонной массы, таблица 5. Уложенный в опалубку бетон через 30-40 мин схватывается, поэтому бетонной массы нужно готовить ровно столько, сколько можно уложить в течение часа. Водостойкость, прочность и долговечность бетона зависят главным образом от правильного соотношения количества цемента и воды. Излишек воды вреден, так как понижает прочность и долговечность бетона. Для строительных работ составляющие элементы бетона рекомендуется смешивать в следующем соотношении: на одну часть цемента марки 200-250 (по объему) берут 2 части песка и 3 части гравия. На 50 кг цемента требуется 20 л воды, или по объему на 10 частей цемента 6-7 частей воды. Качество приготовленной смеси можно проверить пробой на «лопату». Для этого плоской частью лопаты несколько раз легко ударяют по бетонной смеси. **Если между камнями будут видны незаполненные пустоты, значит бетон слишком густ; в хорошей смеси пустоты при ударах лопаты быстро заполняются раствором. Если при ударах лопата погружается в смесь, оставляя впадину, значит бетон жидок.**

Перемешанную бетонную массу нужно уложить в заранее приготовленные опалубки в течение часа. Чтобы было легче снять опалубку после высыхания бетонной массы, полезно перед укладкой внутренние стенки намазать отработанным машинным маслом. Укладывать бетон нужно только на прочном основании, иначе он будет трескаться. При толстом слое бетона (более 30 см) и глубокой опалубке смесь трамбуют и протыкают лопатой или длинным колом, чтобы лучше заполнить углы опалубки. Через несколько часов после укладки, его поверхность выравнивают деревянной штукатурной теркой или металлическим мастерком. Нужно иметь виду, что при быстром высыхании бетон теряет прочность. Чтобы замедлить высыхание, поверхность бетона надо время от времени поливать водой, и покрывать целлофановой пленкой.

Таблица.5

Рекомендуемые марки бетона в соответствие с условиями эксплуатации

Условия эксплуатации	Марка бетона	Ориентировочный Расход цемента кг/м ³
Переменный уровень	М-200; В-8; Мрз -250	270
	М-300; В-8; Мрз-300	290

Где: В-8 водонепроницаемость бетона; Мрз – морозостойкость, циклы попеременного замораживания и оттаивания.

Приготовление цементного раствора

Для защиты гидротехнических сооружений от воздействия водной среды и приданию бетону гладкой поверхности путем ее штукатурки, применяется цементный раствор состава от 1_{цем} : 3_{пес} с добавлением небольшого количества известкового теста или глины (до 10 % от объема). Цементный раствор нужно готовить небольшими порциями, так как в течение 40-50 минут он схватывается, работать с ним становится трудно, да и его качество снижается.

Необходимые инструменты для производства работ

1. Штыковые лопаты для выравнивания земляных откосов и дна канала - 2шт;
2. Совковые лопаты для переброски грунта и приготовления бетонной смеси – 2шт;
3. Ведра для доставки воды при приготовлении бетонной смеси – 1 шт;
4. Метрическая рулетка длиной не менее 2-х метров – 1 шт;
5. Колья длиной 0,6м для выставления по оси канала - 2 шт;
6. Веревка для определения места установки и центровки опалубки – 10 м;
7. Деревянная рейка для выставления откосов и кромок облицованной части канала длиной 1,5 – 2 м;
8. Строительный уровень для горизонтального выставления опалубки и порога водомерного устройства – 1 шт;
9. Деревянная малка для штукатурки и выравнивания поверхности бетона – 1 шт;
10. Строительный мастерок для выравнивания поверхности бетона – 1 шт.
11. Вспомогательные инструменты – молоток, ручная пила, нож.

5. Перечень необходимых документов для принятия к эксплуатации завершенных гидростов

Для принятия к эксплуатации и проведения аттестации завершенного гидростова, гидрометрам АВП необходимо подготовить следующий пакет документов:

- ведомость измерения расхода воды (форма 1) для гидростов типа ФР;
- акт о проведении градуировки (форма 2) для гидростов типа ФР;
- технический паспорт средства измерения расхода воды (форма 3);

Перед сдачей в эксплуатацию и проведения аттестации или проверки гидростов 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 или сотрудники местных водохозяйственных организаций имеющие специальные разрешения и допуск на проведение этих работ.

5.1. Периодичность проверок гидростов

- 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. Правила измерения расхода жидкости при помощи стандартных водосливов и лотков РДП 99-77. ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ М. 1977
2. Каналы гидромелиоративные железобетонные параболические. Методика выполнения измерений расхода методом «скорость-площадь» МВИ 33-4755559-09-91.
3. Г.А. Казачек. Справочник строителя . Издательство - Минск 1998г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

- Типовая ведомость измерения расхода воды (форма 1);
- Акт о проведении градуировки (поверки) СИР (форма 2);
- Технический паспорт средства измерения расхода воды (форма 3).

ФОРМА 1

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 $Q=f(H)$, мето-
дом 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 оборудование и инвентаря _____

Гидравлические элементы:

Наименование гидравлических элементов	Значения гидравлических параметров		
	Канала	Водовы-пуска из канала	Контроль-ного сечения СИР
Расход воды м ³ /с Строительная глубина, м Ширина по дну, м Ширина по верху, м Заложение откосов. (m) Площадь живого сечения, м ² 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 _____

«__» _____ 201 г.

ПОДПИСИ: _____

Руководитель АВП, гидротехник, гидрометр