

**Пособие
по выбору типа водомерного устройства, требова-
ния по их строительству и эксплуатации**

Ташкент 2005

Настоящее пособие подготовлено в рамках проекта «Интегрированное управление водными ресурсами в Ферганской долине». Директор проекта «ИУВР-Фергана» - проф. В.А. Духовный, региональный менеджер проекта - В.И. Соколов, руководитель деятельности «Внедрение усовершенствованных технологий ниже уровня АВП» – Ш.Ш. Мухамеджанов. Пособие разработано консультантом Р. Масумовым с использованием материалов официальных источников информации, редактирование и подготовка к изданию – ассистент деятельности А. Галустян.

Данное пособие предназначено для широкого круга водопользователей в сельском хозяйстве и, в частности, для фермеров, заинтересованных в консультациях и практических рекомендациях.

По всем вопросам Вы можете обращаться в:

- в местные водохозяйственные организации к областным исполнителям проекта:
 - в Согдийской области – Ходжиеву Халиму Рифатовичу (телефон 6-34-93);
 - в Ферганской области – Фазылову Аълломжону (телефон 24-12-60);
 - в Ошской области – Алыбаеву Шербаю Алыбаевичу (телефон 5-79-49);
 - в Андижанской области – Дусматову Махаматабдулле (телефон 24-42-73).

- в НИЦ МКВК:
 - к руководителю деятельности Мухамеджанову Шухрату Шакировичу (телефон 65-16-54);
 - к консультанту Масумову Рустаму Рахимовичу (телефон 65-16-55)

Выбор места гидропоста и типа водомерного устройства в зависимости от рельефа местности, гидравлического режима потока в канале

В зависимости от рельефа местности, расхода воды и прочих условий рекомендуются следующие водомерные устройства, допущенные в эксплуатацию регламентирующими документами и правилами:

- водосливы Томсона и Чиполетти (ВТ, ВЧ);
- водомерный лоток САНИИРИ (ВЛС);
- градуированный параболический лоток (ГПЛ);
- фиксированные русла симметричного профиля (ФР).

Рекомендации по выбору типа расходомера для внутрихозяйственной оросительной сети приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уклоны и режим потока	Характеристика состава воды	Максимальный расход $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	
		До 0,5	0,5-1,0
Уклоны большие и средние, режим потока - установившийся ($V \geq 1,0 \div 2,0 \text{ м/с}$)	Содержание взвешенных наносов до 1 кг/м^3	ВТ ВЧ ВЛС ФР	ВЛС ГПЛ ФР
	Содержание наносов более $1,0 \text{ кг/м}^3$, наличие плавника и мусора	ВЛС ГПЛ ФР	ВЛС ГПЛ ФР
Уклоны малые, режим потока - установившийся ($V \leq 1,0 \text{ м/с}$)	Содержание взвешенных наносов до 1 кг/м^3	ВЛС ГПЛ ФР	ВЛС ГПЛ ФР
	Содержание наносов более $1,0 \text{ кг/м}^3$, наличие плавника и мусора	ВЛС ГПЛ ФР	ВЛС ГПЛ ФР

Стандартные водомерные устройства, рекомендуемые для учета воды в каналах АВП

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 состоит из водослива, изготовленного из листовой стали толщиной 3 мм, уголка жесткости и уровнемерной рейки, укрепленной на стенке водослива наклонно (45°) или вертикально (90°). Наибольшее распространение получили водосливы с откосами 1:1.

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 и боковыми откосами 1:4. Он изготавливается из листовой стали толщиной 3 – 4 мм, уголков для обеспечения жесткости конструкции, и имеет уровнемерную рейку (рис. 1, 2).

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 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 противокоррозийной краской.

Водослив ВЧ – 75 изготавливают из листовой стали толщиной 4 мм и боковыми откосами 1:4. 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. Уровнемерная рейка должна изготавливаться из металла с антикоррозийным покрытием. Ноль рейки должен совпадать с гребнем водослива (рис.1,2).

Кромка порога водосливов ВТ, ВЧ должна быть острой с фаской 45° , обращенной навстречу потока.

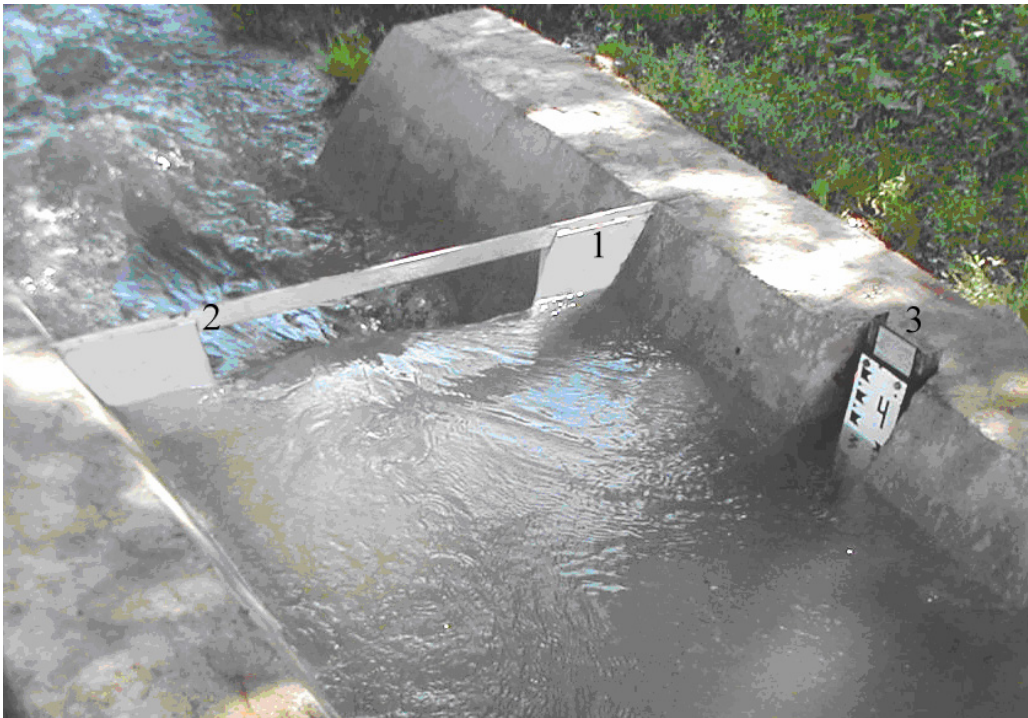


Рис.1. Водослив Чиполетти (вид с верхнего бьефа):
1- водослив ВЧ-50; 2 - ребро жесткости; 3-успокоительная ниша с
уровнемерной рейкой.



Рис.2. Водослив Чиполетти (вид с нижнего бьефа):
1- подводящий участок; 2 - отводящий участок; 3 - водослив;
4 - крепление бермы.

Требования для установки водосливов ВТ, ВЧ

- участок канала для установки водослива должен быть прямолинейным, с симметричным поперечным сечением длиной не менее **(5-10)*В**;
- водослив следует устанавливать на середине выбранного участка в предварительно вырытой траншее или врезать в дно и в откосы канала (для переносных ВТ – 50, ВЧ – 50);
- порог (гребень) водослива должен быть строго горизонтальным, а вертикальная стенка и ось водослива должна совпадать с осью канала;
- высота порога водослива **Р** должна быть больше максимальной глубины **h_{max}** в канале за водосливом;

Измерение расходов воды водосливами

Градуирование расходных реек и определение расхода воды производится по формулам:

для треугольного водослива ВТ

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

для трапецеидальных водосливов ВЧ

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

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 сведены в таблицу 2

Эксплуатация водосливов (ВТ, ВЧ)

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 заиления, подводящий участок канала (порог **Р** должен быть выше дна канала в верхнем бьефе); не допустимо затопление гребня водослива со стороны нижнего бьефа;
- производить не реже 1 раза в год ремонт водомерного устройства (очистка от наносов, исправление дефектов, окраска, установка реек и.т.д.).

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	

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 Р над дном канала необязательно. Уровнемерная рейка прикрепляется к передней

стенке лотка, ноль рейки должен совпадать с отметкой дна лотка (рис. 3, 4).



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

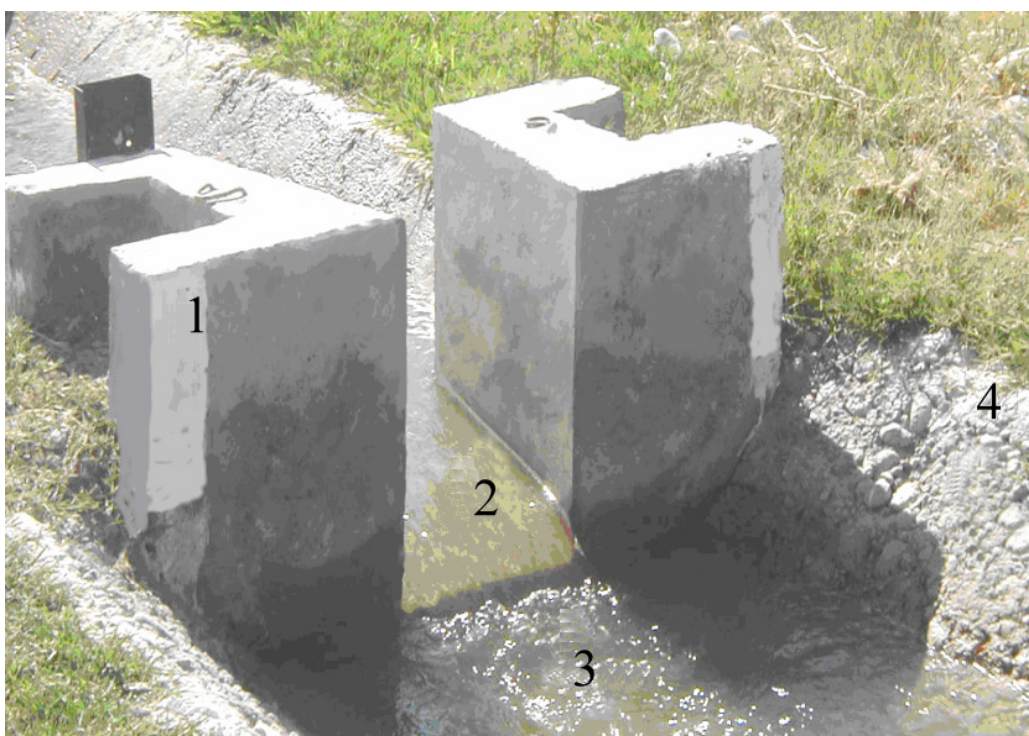


Рис. 4. Водомерный лоток САНИИРИ, отводящая часть
1 – дно лотка, 2 – выходные открылки, 3 – водобойный колодец, 4 – крепление откосов отводящей части канала

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 b_l (м)							
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Ширина входной части лотка $B_l = 1,76 b_l$, м	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,76
Длина лотка $l = 2b_l$, м	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Высота вертикальных стенок лотка $H_l = (1.5-2)b_l$, м	0,4	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5
Высота порога $P \geq 0,5 H_{max}$ ($H_{max} \leq 0.8H_l$), м	0,16	0,26	0,28	0,32	0,40	0,40	0,40	0,50
Расход воды Q , м ³ /с	0,051	0,157	0,286	0,555	0,916	1,064	1,217	2,14
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:

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

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:

$$Q = 2,14 * b * H^{1.55} \text{ , м}^3/\text{с}$$

Для удобства расчетов значения расходов воды в зависимости от глубины воды приведены в таблице 4.

Таблица расходов воды (л/с), проходящей через лотки САНИИРИ при свободном истечении потока

Глубина воды, в см	Выходная ширина лотка, v_l (см)						
	20	30	40	50	60	70	80
1	0,34	0,51	0,68				
2	1,00	1,49	1,99				
3	1,87	2,80	3,73				
4	2,91	4,37	5,83				
5	4,12	6,18	8,24	10,30	12,36	14,42	16,48
6	5,46	8,20	10,93	13,66	16,39	19,13	21,86
7	6,94	10,41	13,88	17,35	20,82	24,29	27,76
8	8,54	12,80	17,07	21,34	25,61	29,87	34,14
9	10,25	15,37	20,49	25,61	30,74	35,86	40,98
10	12,06	18,09	24,13	30,16	36,19	42,22	48,25
11	13,98	20,97	27,97	34,96	41,95	48,94	55,93
12	16,00	24,00	32,00	40,01	48,01	56,01	64,01
13	18,12	27,17	36,23	45,29	54,35	63,41	72,46
14	20,32	30,48	40,64	50,80	60,96	71,12	81,28
15	22,61	33,92	45,23	56,54	67,84	79,15	90,46
16	24,99	37,49	49,99	62,48	74,98	87,48	99,97
17	27,46	41,18	54,91	68,64	82,37	96,10	109,82
18	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
19	32,62	48,93	65,24	81,56	97,87	114,18	130,49
20	35,32	52,98	70,64	88,30	105,96	123,63	141,29
21	38,10	57,14	76,19	95,24	114,29	133,34	152,39
22	40,94	61,42	81,89	102,36	122,83	143,31	163,78
23	43,87	65,80	87,73	109,66	131,60	153,53	175,46
24	46,86	70,28	93,71	117,14	140,57	164,00	187,43
25	49,92	74,88	99,83	124,79	149,75	174,71	199,67
26		79,57	106,09	132,61	159,14	185,66	212,18
27		84,36	112,48	140,60	168,72	196,85	224,97
28		89,25	119,01	148,76	178,51	208,26	238,01
29		94,24	125,66	157,07	188,49	219,90	251,32
30		99,33	132,44	165,55	198,66	231,77	264,88
31		104,51	139,34	174,18	209,01	243,85	278,69
32		109,78	146,37	182,96	219,56	256,15	292,74
33		115,14	153,52	191,90	230,28	268,66	307,04
34		120,59	160,79	200,99	241,19	281,39	321,59
35		126,14	168,18	210,23	252,27	294,32	336,36

Глубина воды, в см	Выходная ширина лотка, v_n (см)						
	20	30	40	50	60	70	80
36		131,77	175,69	219,61	263,53	307,45	351,38
37		137,48	183,31	229,14	274,97	320,79	366,62
38		143,28	191,05	238,81	286,57	334,33	382,09
39		149,17	198,90	248,62	298,34	348,07	397,79
40		155,14	206,86	258,57	310,28	362,00	413,71
41			214,93	268,66	322,39	376,12	429,85
42			223,11	278,88	334,66	390,43	446,21
43			231,39	289,24	347,09	404,94	462,79
44			239,79	299,73	359,68	419,63	479,57
45			248,29	310,36	372,43	434,50	496,57
46			256,89	321,11	385,34	449,56	513,78
47			265,60	332,00	398,40	464,80	531,20
48			274,41	343,01	411,61	480,22	548,82
49			283,32	354,15	424,98	495,81	566,64
50			292,33	365,42	438,50	511,58	584,67
51				376,81	452,17	527,53	602,89
52				388,32	465,98	543,65	621,31
53				399,96	479,95	559,94	639,93
54				411,71	494,06	576,40	658,74
55				423,59	508,31	593,03	677,74
56				435,59	522,70	609,82	696,94
57				447,70	537,24	626,78	716,32
58				459,94	551,92	643,91	735,90
59				472,29	566,74	661,20	755,66
60				484,75	581,70	678,65	775,60
61				497,33	596,80	696,26	795,73
62				510,02	612,03	714,03	816,04
63				522,83	627,40	731,96	836,53
64				535,75	642,90	750,05	857,20
65				548,78	658,54	768,29	878,05
66					674,31	786,69	899,08
67					690,21	805,24	920,28
68					706,24	823,95	941,66
69					722,41	842,81	963,21
70					738,70	861,81	984,93
71					755,12	880,97	1006,83
72					771,67	900,28	1028,89
73					788,34	919,73	1051,12
74					805,15	939,34	1073,53
75					822,07	959,08	1096,10

Глубина воды, в см	Выходная ширина лотка, v_l (см)						
	20	30	40	50	60	70	80
76					839,12	978,98	1118,83
77					856,30	999,02	1141,73
78					873,60	1019,20	1164,80
79					891,02	1039,52	1188,03
80					908,56	1059,99	1211,42

Требования по изготовлению и эксплуатации лотка САНИИРИ

- Конструкция лотка и способ его установки не должны препятствовать периодическому осмотру.
- Расходомерные лотки в каналах < 60 см 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 $B_k < 50$ см, 10мм при $B_k = 50 - 150$ см и, наконец, 15 мм при $B_k > 150$ см.
- 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.

Градуированный параболический лоток (ГПЛ)

Градуированный параболический лоток предназначен для учета воды на внутривозвратных каналах из стандартных параболических лотков ЛР-40, 60, 80, 100.

Градуированный параболический лоток ГПЛ - это гидропост с гидрометрическим мостиком, оборудованный на середине одной секции лотка и проградуированный для систематического учета воды (рис.5).



а)



б)

Рис. 5. Градуированный параболический лоток:
а) с успокоительным колодцем и уровнемерной рейкой; б) с расходомерной шкалой на откосе лотка

Градуировка параболического лотка

Для получения кривой и расчета таблицы зависимости расхода от глубины воды $Q = f(H)$ проводят 4 – 5 измерений расхода при помощи гидрометрической вертушки в диапазоне от Q_{min} до Q_{max} .

Для градуировки лотка рекомендуется применять одноточечный способ, разработанный в САНИИРИ.

По результатам градуировки строится графическая зависимость $Q = f(H)$, по которой в дальнейшем по значениям уровня H определяется расход воды Q (рис.6).

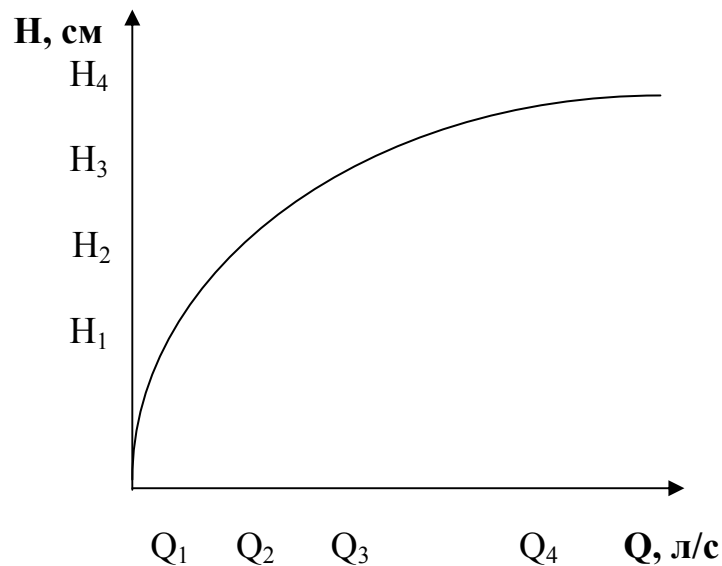


Рис. 6. График зависимости $Q=f(H)$

Одноточечный способ САНИИРИ

Область и условия применения.

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 следующий вид:

$$Q = K * h * 2 \sqrt{2Ph} * V, \quad (\text{л/с}) \quad (1)$$

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

Скорость 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 :

$K = 0,565$ для лотковых каналов ЛР – 40, 60, 80;

$K = 0,59$ для ЛР – 100.

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 конструкцией измерителя скорости потока.

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 (приемов). 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 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 тарировочному уравнению
- Определяется расход в лотке путем подстановки значений h , V в зависимость (1)

для лотков ЛР – 40, 60, 80:

$$Q = 0.715 * h * \sqrt{h} * V_{0.6}, \quad (\text{л/с}) \quad (2)$$

для лотков ЛР –100:

$$Q = 0.99 * h * \sqrt{h} * V_{0.6}, \quad (\text{л/с}) \quad (3)$$

Результаты измерений и вычислений глубины, скорости и расхода воды рекомендуемого способа записываются в бланки журналов измерения расходов воды.

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 $Q = f(H)$.

Фиксированное русло (ФР)

Фиксированное русло (ФР) предназначено для измерения расходов воды в каналах с земляным руслом с подпорно переменным режимом потока, где поперечное сечение постоянно меняется вследствие заиления или размыва откосов. Гидрометрический створ разбивается на середине прямолинейного участка канала. Подводящий участок до створа должен быть не менее $5 \cdot B$. На середине выбранного участка канала производится облицовка ложа и откосов монолитным бетоном или железобетонными плитами. Ширина фиксированного участка канала должна быть достаточной для обеспечения равномерного течения воды в створе гидрометрического поста. Форма поперечного сечения «ФР» может быть трапецеидальной, параболической, треугольной или прямоугольной (рис. 7). Гидрометрический створ ФР должен оборудоваться уровнемерной рейкой и гидрометрическим мостиком. Градуировку ФР производят путем измерения расходов воды в диапазоне от Q_{\min} до Q_{\max} . Количество измерений расходов воды должно быть не менее 5 – 6 раз для построения расходной кривой $Q = f(H)$, аналогично как при градуировке параболических лотков (рис.6).

Требования по оборудованию гидропостов типа «фиксированное русло»

- гидрометрический створ для ФР должен оборудоваться на прямолинейном участке канала с равномерным режимом потока воды;
- на прямолинейном участке ФР не должно быть каких либо препятствий (опоры моста, близость поворота), влияющих на режим потока воды;
- уровнемерная рейка должна быть установлена в специальном колодце или нише; ноль рейки должен совпадать с отметкой дна канала в створе гидрометрического поста;
- гидрометрический створ ФР должен быть всегда чистым, свободным от наносов и мусора;
- при подпорно переменных режимах потока ФР необходимо производить контрольные замеры расходов воды для корректировки расходной характеристики $Q = f(H)$.
- 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.



Рис. 7. Гидрометрический пост типа «фиксированное русло».

Адрес: г. Ташкент -187, Карасу-4, д.11
Телефон: 651654
Факс: 652555, 651654
e-mail: **shukhrat_m@icwc-aral.uz**
www.icwc-aral.uz.