

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕКА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ

В. Н. ЯРЦЕВ

ПРОСТЕЙШИЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

ГОСИЗДАТ УЗССР
ТАШКЕНТ — 1948

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ

Выпуск 72

В. Н. ЯРЦЕВ

Кандидат технических наук

ПРОСТЕЙШИЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УзССР
ТАШКЕНТ — 1948

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Трапециодальный водослив	5
2. Водомерный насадок	10
3. Водомерный лоток	17
4. Трубчатый водомерный выпуск	26
5. Открытый водомерный выпуск	32
6. Водомерный перепад	42

Приложения.

Примечания к таблицам	47
Определение расходов воды по трапециодальному водосливу	49
Расход воды при насадках круглого сечения	50
Расход воды при насадках квадратного сечения	51
Расход воды при насадках прямоугольного сечения	52
Определение расходов воды по водомерному лотку	53
Коэффициенты затопления	55
Расходы воды по трубчатому водомерному выпуску	56
Свободное истечение воды через порог	57
Коэффициенты затопления при истечении воды через порог	59
Свободное истечение воды из-под щита	
Затопленное истечение воды из-под щита	
Поправки для определения расходов воды при затопленном истечении из-под щита	

Вклейка

Редактор Д. Я. Федоров
Техредактор С. Губайдуллин.

Сдано в набор 20/III 1948 г. Подписано к печати 22/VI 1948 г. Р. 04271. Тираж 2000. Договор № 185-48 г. Формат бумаги 60×92/16. Печ. л. 3,75 + 3 вклейки. Уч.-издат. л. 5,4. 50240 знаков в 1 печ. л. Цена 4 р.

Ташкент. Типография №1 1948. Заказ № 652
Отпечатано на бумаге Ташкентского бумажного комбината.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Необходимость учета воды, выделяемой отдельному хозяйству, требует оборудования каждой точки выдела средствами учета. При таком положении число постов на мелкой сети должно быть весьма значительным и для отдельных систем исчисляться сотнями. Возможность полного {оборудования точек выдела постами во многом будет зависеть от метода учета, который при этом будет принят. Очевидно, что наиболее рациональным в данном случае является метод, обеспечивающий:

- а) достаточную точность учета;
- б) простоту в определении расхода воды;
- в) несложность в устройстве и поддержании водомерного оборудования;
- г) минимальную затрату средств на сооружение и поддержание постов как в отношении материалов, так и рабочей силы;
- д) возможность использования местного дешевого материала.

Исходя из этих требований, наилучшим методом учета оросительной воды на мелкой сети, — в частности, на выделах в хозяйствах, — следует считать метод учета с помощью специальных водомерных сооружений с широким применением таких типов их, которые в конструктивном отношении являются наиболее простыми.

В настоящем кратком практическом руководстве, предназначенном для работников, непосредственно производящих на

местах оборудование сети постами, приводятся основные указания о типах водомерных сооружений для мелкой сети, удовлетворяющих перечисленным выше требованиям, об условиях применения отдельных типов, приводятся правила оборудования и эксплуатации постов, а также указания о расчетах и способах учета воды.

ПРЕДПОСЫЛКИ

1. ТРАПЕЦИОДАЛЬНЫЙ ВОДОСЛИВ.

В простейшем своем виде такой водослив представляет собой деревянный щит с трапециодальным вырезом. Очертания его изображены на рис. 1.

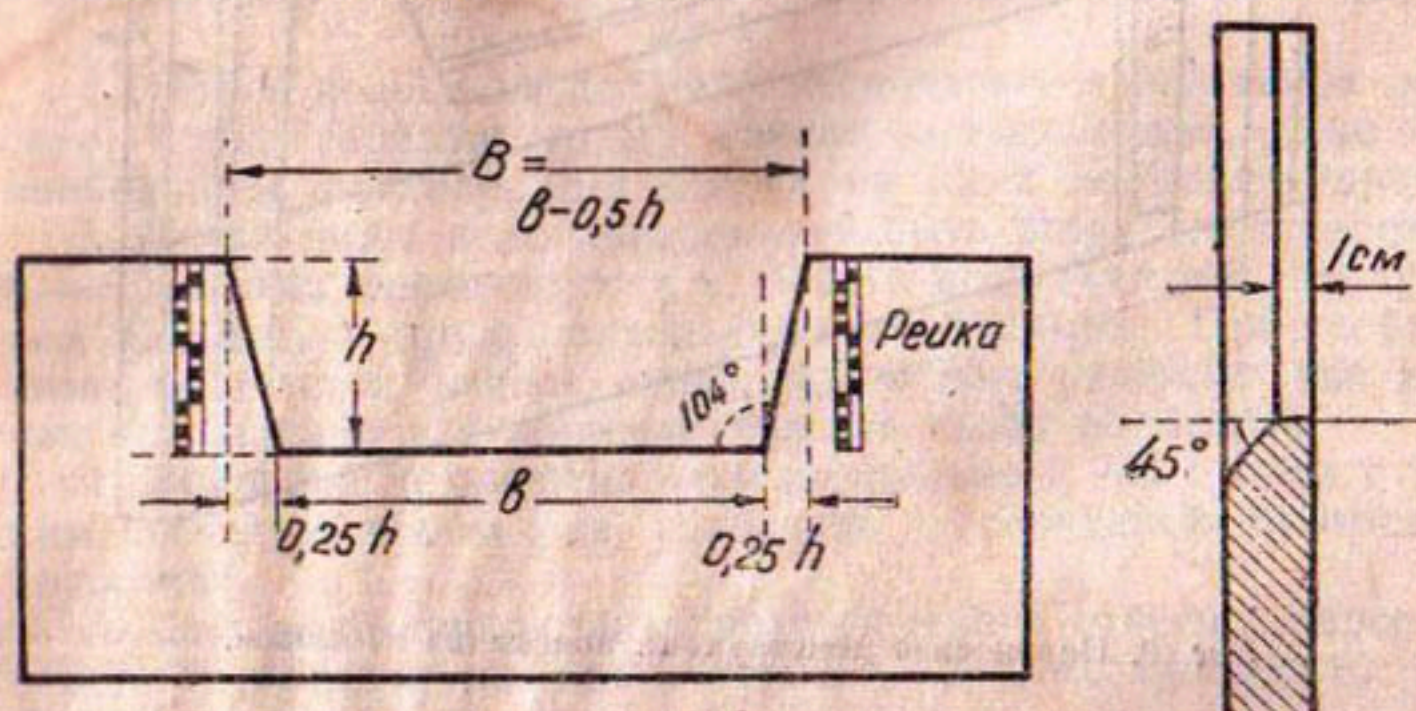


Рис. 1. Схема трапециодального водослива.

Основным размером водослива, определяющим также его пропускную способность, является длина горизонтальной грани выреза (т. е. порога), которая в условиях применения на мелкой сети составляет обычно 50, 75 или 100 см. Высота отверстия (h) должна быть, примерно, равна 0,4 длины порога (b). Угол между боковыми гранями и порогом при всех размерах сохраняется постоянным и равным 104° . При этих условиях длина выреза наверху (B) $= b + 0,5 h$. Боковые грани и грани порога с задней (нижней) стороны скашиваются под углом в 45° с тем, чтобы они были несколько заострены; это требуется для сохранения достаточной точности измерения расхода воды.

Щит водослива* изготавливается из обрезных досок толщиной в 3 — 4 см, соединенных в четверть и сплоченных с помощью двух или трех шпонок (см. рис. 2).

Трапециодальный водослив для учета воды может применяться:

а) на каналах с достаточным уклоном, на которых подпор, образующийся после установки водослива (повышение уровня воды против обычного), распространяется выше водослива на незначительном расстоянии;

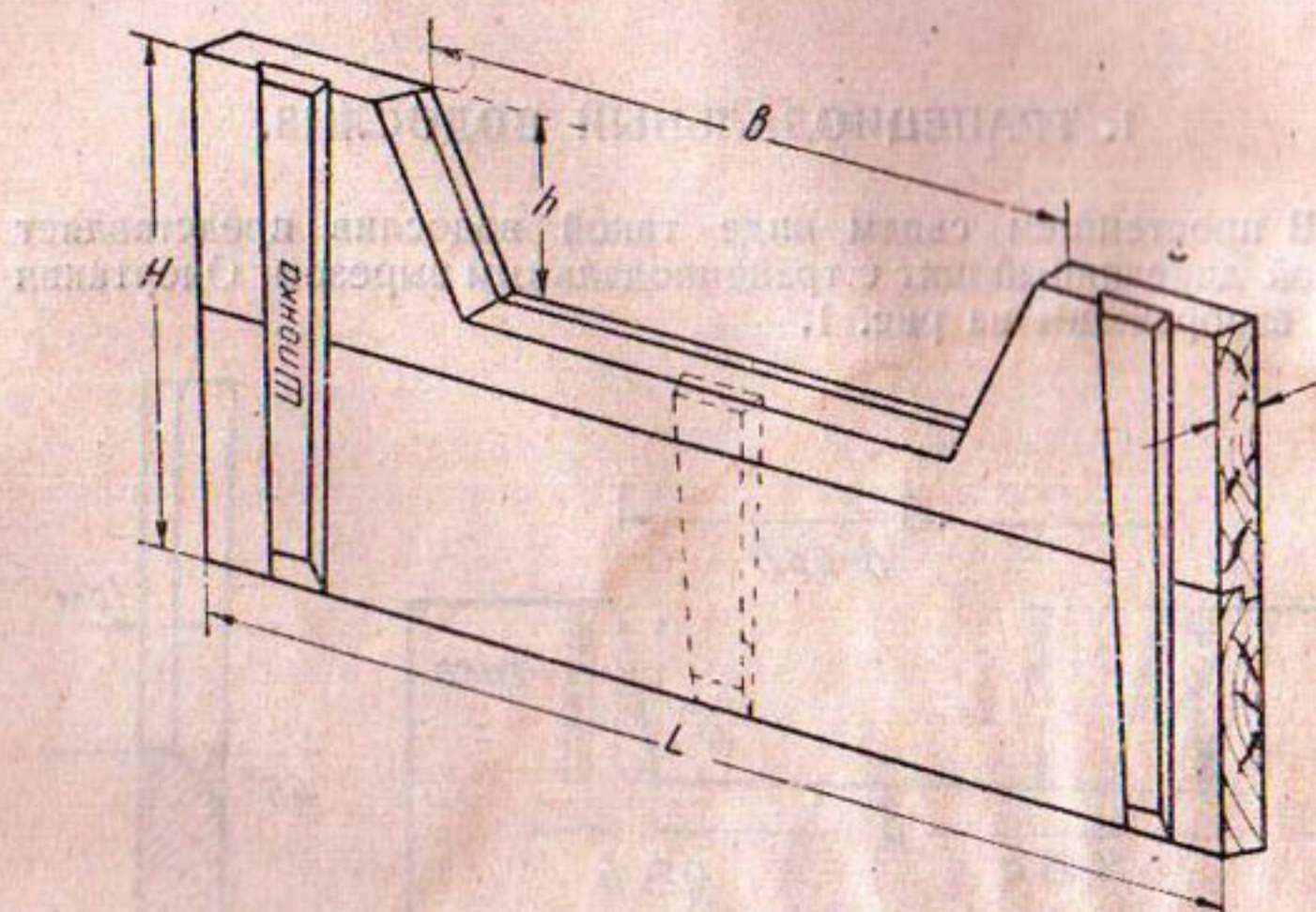


Рис. 2. Переносная конструкция водослива из досок.

б) при достаточных запасах берегов канала, т. е. когда подпор воды не вызывает переливания ее выше водослива или, во всяком случае, не требует больших работ по досыпке дамб;

в) при отсутствии движения донных наносов по дну или интенсивного заиления канала взвешенными наносами.

Приводим основные правила установки водослива, обеспечивающие его нормальную работу как измерителя:

1. При заделке водослива в дно и берега канала требуется, чтобы расстояние от дна и берегов до порога и боковых граней составляло: при длине порога в 0,5 м — не менее 15 см, при длине в 0,75 м — 0,25 м и при длине в 1,0 м — не менее

* Размеры его приводятся в табл. 1.

30 см. Если канал уже указанных размеров, его следует уширить на протяжении вверх от водослива не менее чем на полуторную-двойную ширину канала.

Табл. 1. Основные размеры трапециодального водослива.

Показатели	Сокращенные обозначения	Длина порога (в метрах)		
		0,5	0,75	1,00
Высота отверстия	h	18,0	30,0	36,0
Длина отверстия сверху	B	58,7	89,8	118,1
Длина деревянного щита	L	120,0	155,0	190,0
Высота	H	48,0	65,0	81,0
Толщина досок	t	3,0	4,0	4,0—5,0
Число шпонок :		2	2	3
Наибольшая пропускная способность ($л/сек.$)		55,0	180,0	325,0

2. Порог водослива должен располагаться на такой высоте, чтобы горизонт воды в канале за водосливом, даже при наибольшем расходе, был всегда на 1—2 см ниже порога.

3. Канал ниже водослива должен быть шире его отверстия и не стеснять сливающуюся с порога воду (доступ воздуха под падающую струю должен быть свободным). При необходимости участок канала ниже водослива уширяют так же, как это указано в отношении участка выше водослива.

4. Водослив устанавливается нормально к оси потока с таким расчетом, чтобы она совпадала с серединой отверстия водослива.

5. Щит водослива устанавливается строго отвесно, порог — строго горизонтально (при установке следует применять ватерпас).

6. Участок канала, где ставится водослив, должен быть прямолинейным, выше водослива не менее, чем на десятикратную, а ниже — на трех-четыре-кратную длину порога.

Кроме того, в местах заделки щита в русло требуется достаточное уплотнение грунта. Оно достигается забивкой мятой глиной ровика, отрытого в дне и берегах после установки в нем щита, а при непрочных грунтах — для обеспечения от размыва дна ниже водослива — требуется укрепление его дерном или загруженным камнем плетнем, или камышом, или, наконец, укладкой на дно крупной гальки.

Расчет водосливной установки заключается в определении его размера (длины порога), высоты установки порога и высоты подпора перед водосливом, т. е. повышения уровня воды в канале против нормального (до

установки водослива). Для расчета необходимо располагать данными о наибольшем расходе воды (Q_{max}), о наибольшей глубине ее в месте установки (h_m) при пропуске по каналу максимального расхода и о допустимом повышении уровня воды (h_n). При расчете следует пользоваться специальными таблицами (см. табл. 1 в приложениях) или, при отсутствии готовой таблицы — по формуле $Q = 1,90 b H^{3/2}$ м³/сек (b и H — в метрах).

Примеры расчета:

1. Даны: $Q_{max} = 110$ л/сек; $h_{max} = 0,25$ м; допустимая высота подпора (h_n) = 0,20 м (см. рис. 3).

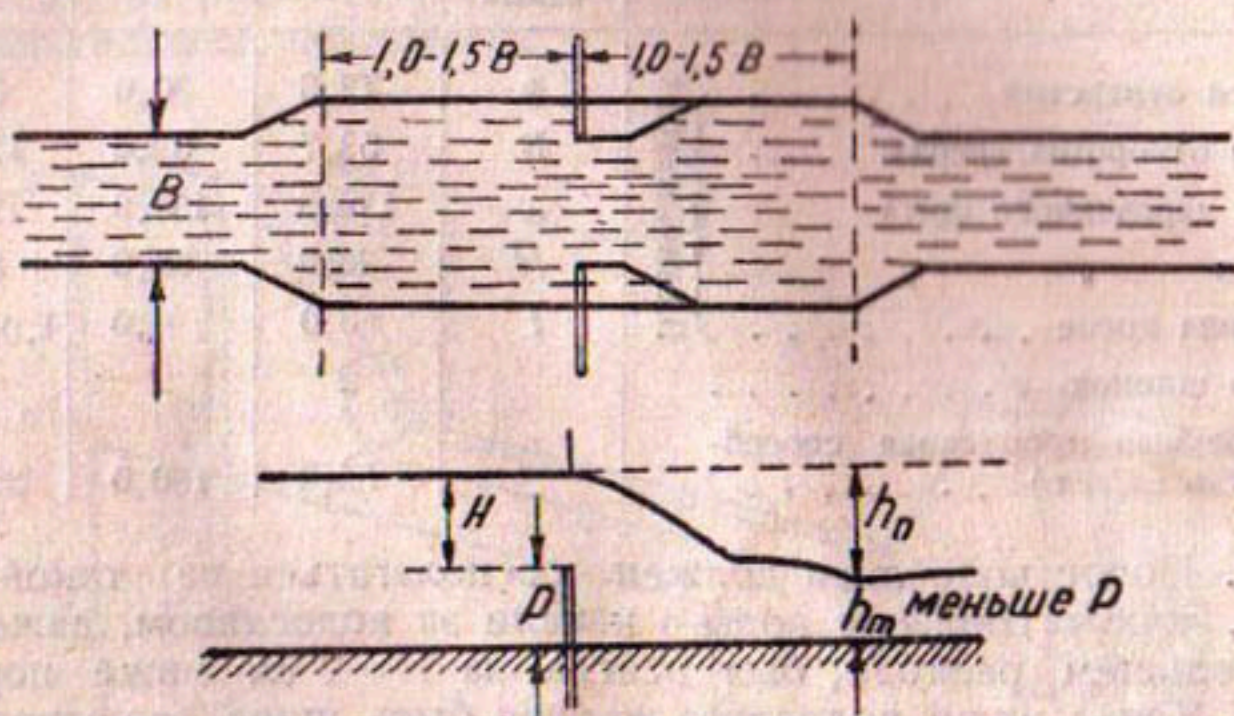


Рис. 3. Схема установки водослива.

Высота расположения порога над дном (P) зависит исключительно от наибольшей глубины канала (h_m) и должна быть, как указывалось выше, на 1—2 см больше ее. Следовательно, водослив в данном случае устанавливается таким образом, чтобы

$$P = h_m + 0,02 = 0,25 + 0,02 = 0,27 \text{ м.}$$

Глубина переливающегося слоя воды через порог (H) (или, как ее называют, напор) определяется из расчета высоты порога (P) и допустимого повышения уровня воды (h_n).

$$H = h_m + h_n - P = (0,25 + 0,20) - 0,27 = 0,18 \text{ м.}$$

Согласно полученной величине напора воды по табл. 1 (в приложениях) находим, при какой длине порога будет пропускаться заданный расход, если напор равен 0,18 м. Для данного примера находим, что длина порога равна 0,75 м.

2. Дан максимальный расход в 150 л/сек, наибольшая глубина 0,31 м. Требуется определить максимальную глубину воды перед водосливом.

По табл. 1 (в приложениях) находим, что для пропуска 150 л воды в секунду глубина переливающегося слоя (H) составит для водослива с длиной порога в 0,75 м 22,3 см, а с длиной порога в 1,0 м — 18,4 см. Таким образом, наибольшая глубина перед водосливом будет в первом случае $P + 0,22$, во втором $P + 0,18$.

Табл. 2. Разметка расходных реек.

Расход воды (литры в секунду)	Расстояние от ну- ля рейки (в мил- лиметрах) при длине порога (в метрах):			Расход воды (литры в секунду)	Расстояние от ну- ля рейки (в мил- лиметрах) при длине порога (в метрах):			Расход воды (литры в секунду)	Расстояние от нуля рейки (в миллиметрах при длине по- рога (в метрах):		
	0,50	0,75	1,00		0,50	0,75	1,00		0,50	0,75	1,00
2	16,4	12,6	10,3	55	149,6	114,8	94,4	180	—	251,8	208,4
4	26,1	19,9	16,4	60	158,4	121,0	99,9	185	—	—	212,2
6	34,2	26,1	21,5	65	167,1	127,7	105,5	190	—	—	216,0
8	41,4	31,6	26,1	70	175,8	134,0	110,8	195	—	—	219,7
10	47,9	36,6	30,4	75	184,2	140,5	115,8	200	—	—	223,4
12	54,2	41,4	34,2	80	—	146,5	121,0	205	—	—	227,0
14	60,1	45,9	37,9	85	—	152,5	126,0	210	—	—	230,6
16	65,8	50,2	41,4	90	—	158,4	131,0	215	—	—	234,2
18	71,1	54,2	44,8	95	—	164,2	135,8	220	—	—	237,8
20	76,3	58,2	47,9	100	—	170,0	140,5	225	—	—	241,3
22	81,3	62,1	51,1	105	—	175,8	145,1	230	—	—	244,8
24	86,2	65,8	54,2	110	—	181,3	149,6	235	—	—	248,8
26	90,8	69,3	57,2	115	—	186,3	154,0	240	—	—	251,8
28	95,4	72,9	60,1	120	—	192,4	158,4	245	—	—	255,3
30	99,9	76,3	62,9	125	—	197,7	162,8	250	—	—	258,8
32	104,3	79,5	66,8	130	—	203,0	167,1	255	—	—	262,3
34	108,6	82,8	68,4	135	—	208,4	174,5	260	—	—	265,8
36	112,7	86,2	71,1	140	—	213,4	175,8	265	—	—	269,2
38	116,8	89,3	73,7	145	—	218,4	180,0	270	—	—	272,6
40	121,0	92,5	76,3	150	—	223,4	184,2	275	—	—	276,0
42	142,8	95,5	78,7	155	—	228,2	188,3	280	—	—	279,4
44	128,8	98,5	81,3	160	—	233,4	192,4	285	—	—	282,8
46	132,8	101,5	83,6	165	—	237,8	196,5	290	—	—	286,2
48	136,7	104,4	86,2	170	—	242,5	200,5	295	—	—	289,5
50	140,5	107,2	88,4	175	—	247,2	204,5	300	—	—	292,8

Считая $P = h_m + 0,02 \text{ м} = 0,31 + 0,02 = 0,33 \text{ м}$, получим для водослива с длиной порога в $0,75 \text{ м}$ глубину, равную $0,33 + 0,22 = 0,55 \text{ м}$, а с длиной порога в $1,0 \text{ м}$ — $0,33 + 0,18 = 0,51 \text{ м}$.

Установление расхода воды производится по глубине ее над порогом. Для определения этой глубины справа и слева отверстия водослива со стороны подхода потока непосредственно к щиту прикрепляются рейки с делениями через каждые 2 мм — с таким расчетом, чтобы нули реек точно приходились на уровне линии грани порога (см. рис. 1).

Расход определяется по таблице: путем отсчета по рейке горизонта воды находят соответствующий расход при данном размере водослива.

Вместо реек с подобной шкалой рекомендуется применять специальные типы реек, непосредственно обозначающие расход воды (в литрах). При изготовлении таких реек можно пользоваться табл. 2*.

Поддержание в исправном состоянии установки требует периодического осмотра водослива и прилегающего к нему участка канала; требуется также систематическое устранение причин, приводящих к снижению точности работы водослива. Нельзя, например, допускать просачивания воды с боков и снизу из-под щита; последний должен стоять правильно (порог — строго горизонтально). При отложении наносов перед водосливом необходимо производить очистку дна, при размыве дна ниже водослива — крепление его местным материалом.

2. ВОДОМЕРНЫЙ НАСАДОК.

Конструкция измерительного насадка состоит из перегородивающего русла канала стенки, отверстия в стенке у дна канала и сходящегося насадка, вделанного в отверстие. Поперечное сечение насадка может быть круглым, квадратным или прямоугольным. Стенка может представлять собой обыкновенный деревянный щит; можно также выкладывать ее из кирпича или бетона или даже из дерна (чима).

Насадки могут быть деревянные, из листового железа, гончарные (при специальном изготовлении). При достаточной толщине стенки (например, кирпичной) насадком может служить просто суживающееся в ней отверстие.

В зависимости от величины пропускаемого через них расхода воды насадки делаются различного размера (рис. 4).

1. *Насадок круглого сечения.* Диаметр входного отверстия в $1,92$ раза превышает диаметр выходного отверстия. Длина насадка равна двойному диаметру выхода.

* В таблице указывается расстояние от нуля до соответствующих делений, отвечающих округленным показателям расходов.

2. *Насадок квадратного сечения.* Сторона квадрата входа в 1,92 раза превышает сторону квадрата выхода. Длина насадка равна двойной стороне квадрата выхода.

3. *Насадок прямоугольного сечения.* Ширина выхода вдвое превышает высоту выходного отверстия; высота входа в 1,9 раза больше высоты выхода; ширина входа в 2,9 раза превышает высоту выхода или в полтора раза высоту входа. Длина насадка равна трехкратной высоте выхода.

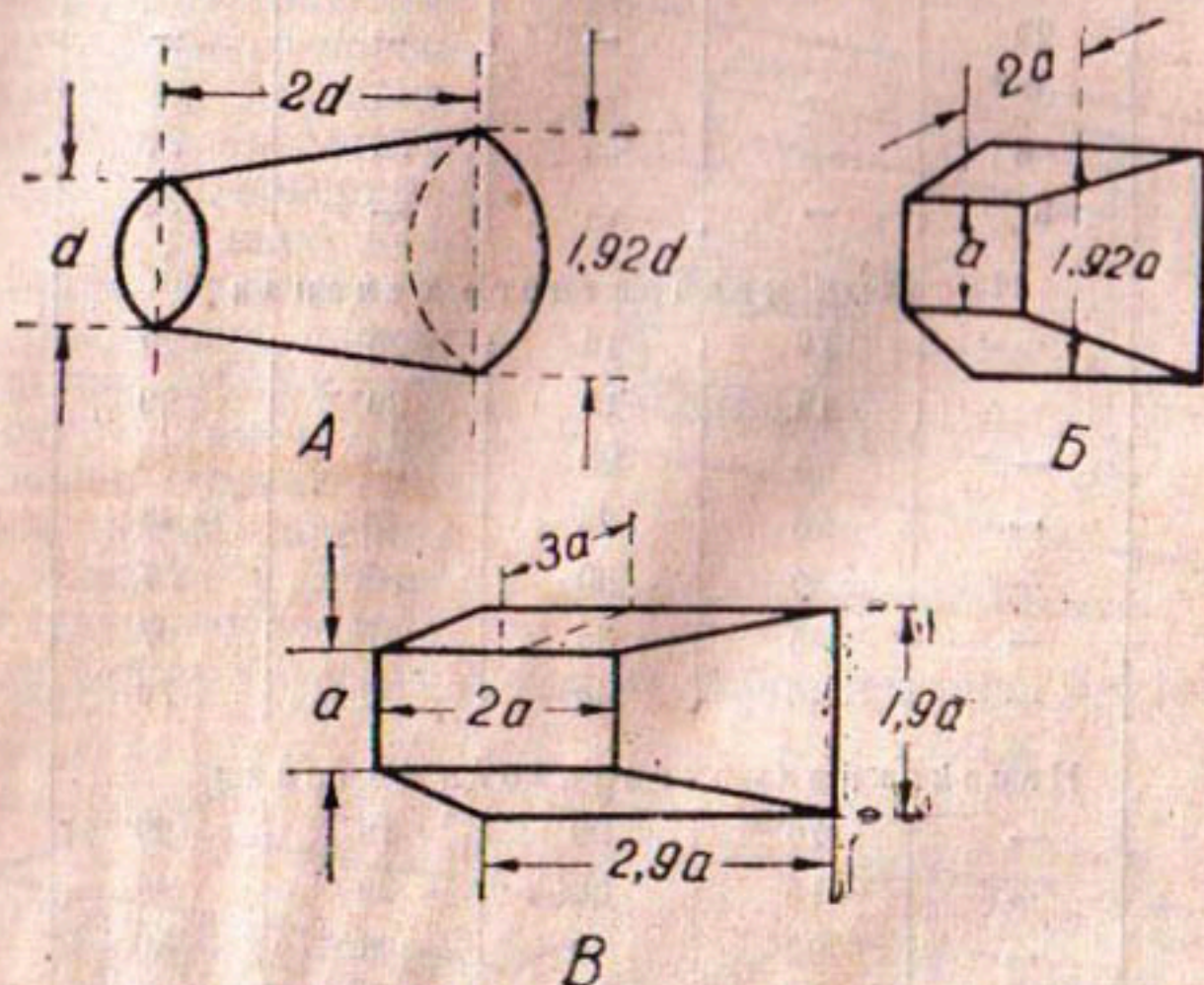


Рис. 4. Насадки различных сечений и размеров.

А—насадок круглого сечения; Б—насадок квадратного сечения; В—насадок прямоугольного сечения.

При изготовлении насадков для определения размеров их частей можно руководствоваться также табл. 3.

К наиболее простым типам водомерных насадков относятся деревянные и сделанные в стенке из чима. Деревянное сооружение состоит из досчатого щита толщиной в 3—5 см; насадок изготавливается также из досок или листового железа. Высота и ширина щита зависят от поперечного сечения канала и определяются с таким расчетом, чтобы края щита со стороны дна и откосов берегов были достаточно прочно заделаны в грунт (при средних по плотности грунтах не менее, чем на 15—20 см). При насадке из листового (кровельного) железа у входного широкого отверстия следует делать закраину шириной в 2—3 см для прикрепления насадка к щиту, а в края выходного отверстия—для большей прочности—заделывать проволоку (как у ведер).

Табл. 3. Размеры насадков (в сантиметрах).

Диаметр выходного отверстия	Диаметр входного отверстия	Высота выходного отверстия	Ширина выходного отверстия	Высота входного отверстия	Ширина входного отверстия	Длина насадка
Насадок круглого сечения						
10	20	—	—	—	—	20
15	29	—	—	—	—	30
20	38	—	—	—	—	40
25	48	—	—	—	—	50
30	57	—	—	—	—	60
Насадок квадратного сечения						
—	—	10	10	20	20	20
—	—	15	15	29	29	30
—	—	20	20	38	38	40
—	—	25	25	48	48	50
—	—	30	30	57	57	60
—	—	35	35	67	67	70
—	—	40	40	76	76	80
Насадок прямоугольного сечения						
—	—	10	20	19	29	30
—	—	15	30	29	44	45
—	—	20	40	38	58	60
—	—	25	50	47	72	75
—	—	30	60	57	87	90
—	—	35	70	66	101	105

При применении кровельного железа изготавливать насадки размером выхода больше 20 см не следует. Для больших размеров будет пригодно тонкое котельное железо (1,5—2,0 мм).

При применении деревянного насадка необходимо принимать все меры к тому, чтобы он впоследствии не деформировался (вследствие намокания и высыхания). Таким насадкам следует придавать прямоугольное сечение, наиболее выгодное по пропускной способности при относительно малой его высоте.

Деревянный насадок (см. рис. 5) изготавливается, в зависимости от размера, из досок толщиной в 2—4 см; их сплачивают в четверть с оставлением зазора в 3—4 мм (ввиду их последующего разбухания). Доски для внутренней стороны насадка тщательно острагивают. Для скрепления досок служат

хомуты из досок или брусков. Верхним хомутом одновременно соединяется насадок со щитом (гвоздями).

При таком оборудовании поста стенка выкладывается толщиной несколько меньше длины насадка — отвесно или с незначительным наклоном, подошва и края стенки заделываются в грунт на глубину в 25—40 см в зависимости от плотности грунта, для чего поперек русла отрывается канавка-котлован (рис. 6-А). Для предохранения от просачивания воды вдоль поверхности насадка укладку дерна следует производить очень тщательно, плотно обкладывая насадок кругом мятой глиной. При применении деревянного насадка, кроме скрепляющих хомутов у отверстий, следует посередине насадка делать раму из досок на ребро (см. рис. 6-Б).

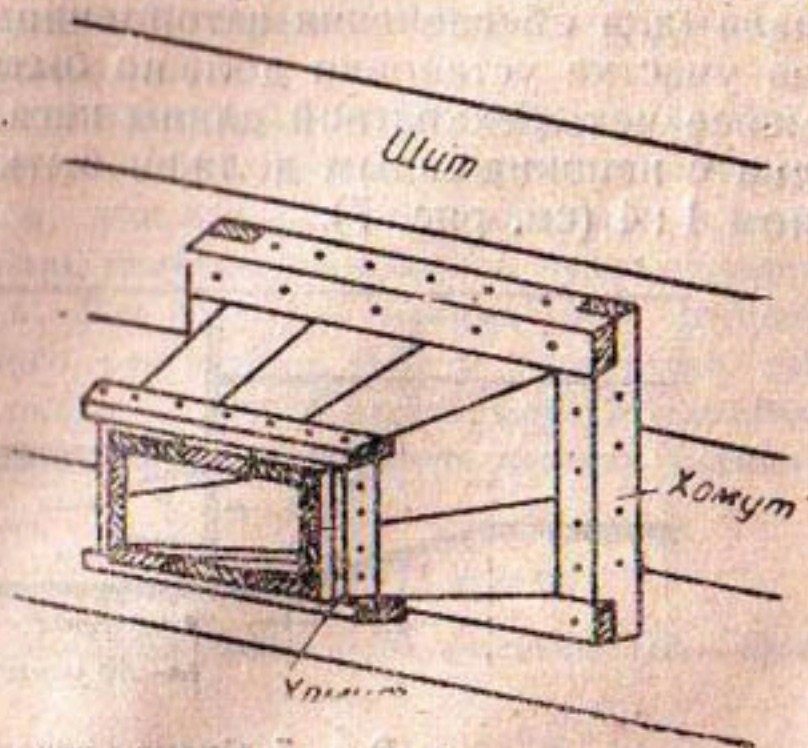


Рис. 5. Деревянный насадок.

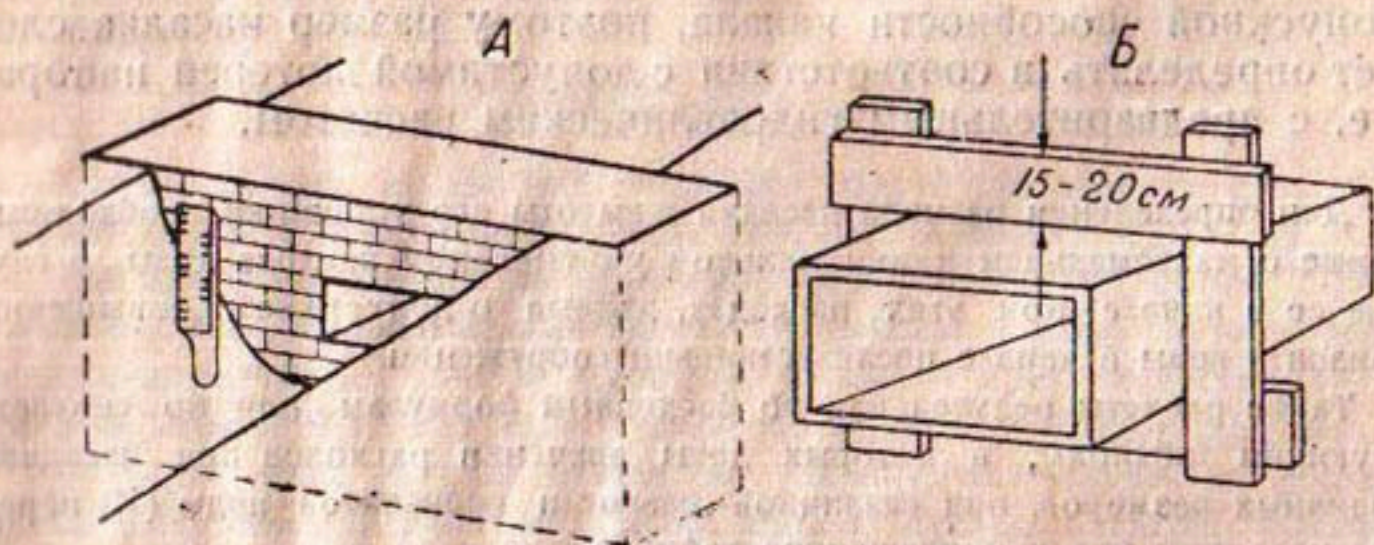


Рис. 6. Насадок в стенке из дерна.

Для чимовой стенки можно применять гончарные насадки.

Насадки применяются для учета оросительной воды в каналах с расходом до 500 л/сек с незначительным уклоном и при условии умеренного его заиления (когда не происходит отложения наносов внутри самого насадка).

Основные правила установки насадка:

1. При всех пропускаемых расходах воды как перед насадком, так и за ним уровень воды должен быть выше верхних кромок входного и выходного отверстий. При этом превышение горизонтов воды над кромками отверстий должно быть не менее 5 см.

2. Насадок необходимо установить правильно: его продольная ось должна быть строго горизонтальна и совпадать с осью потока (т. е. насадок должен находиться на середине сечения канала).

3. При необходимости расположения насадка ниже дна канала (для обеспечения затопления отверстий) понижение дна на участке установки должно быть плавным, протяжением не менее четырехкратной длины насадка. Участок пониженного дна с непониженным должен быть сопряжен откосом с уклоном 1:4 (см. рис. 7).

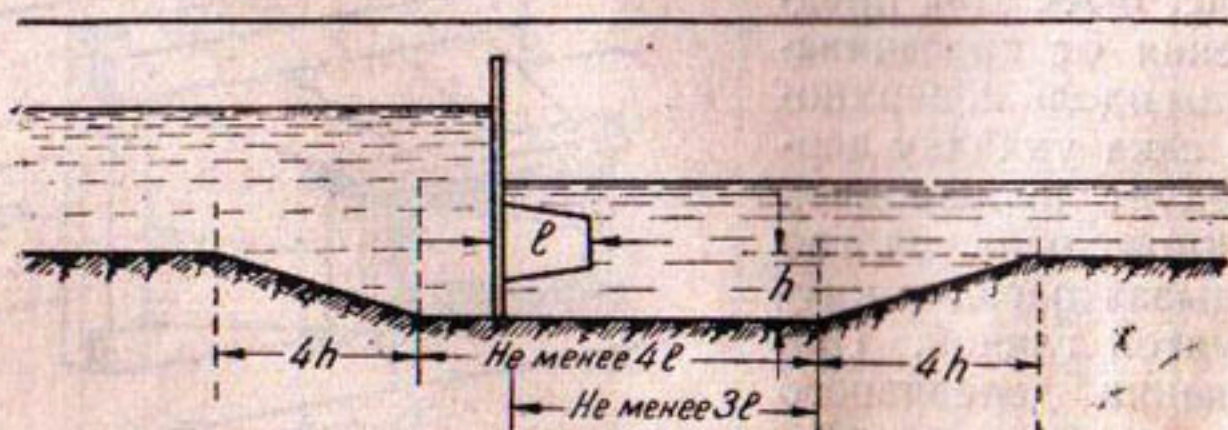


Рис. 7. Схема расчета насадков.

4. Пропускная способность насадка должна соответствовать пропускной способности канала, поэтому размер насадка следует определять в соответствии с допустимой потерей напора, т. е. с предварительным гидравлическим расчетом.

Для определения размера насадка и высоты его установки необходимы данные о максимальном и минимальном учитываемом расходе воды, о глубине ее в канале при этих расходах, данные о допустимом повышении горизонта воды в канале после установки сооружения.

Такие расчеты ведутся или по расходным формулам или по соответствующим таблицам, в которых даны значения расходов при насадках различных размеров, при различной разности горизонтов воды (Z) перед и за насадком (см. в приложениях табл. 2).

Общий ход расчета может быть принят следующий:

Сообразуясь с допустимой величиной подпора, определяют по таблице расходов наиболее выгодный размер насадка (выходного отверстия), при котором можно пропустить требуемый расход воды, принимая допустимый подпор равным разности горизонтов воды выше и ниже насадка. Затем для найденного размера насадка определяют разность напоров (Z) при минимальном расходе, которая не должна быть менее 4 — 5 см. После этого приступают к расчету самой установки; определяют положение над дном канала нижней грани входного сечения с тем, чтобы высота ее над дном обеспечивала необходимое затопление отверстий насадка. Искомая высота (h') подсчитывается по формуле:

$$h' = h_{\min} + Z_m - D - n,$$

где h_{min} — глубина канала при минимальном расходе;

Z_m — напор, найденный для такого же расхода;

D — высота входного отверстия (диаметр входа или высота входного отверстия при прямоугольном или квадратном сечении);

n — некоторая величина, принимаемая равной: а) при Z_m меньше $(D-d):2$ равной $0,05$ м; б) при Z_m больше $(D-d):2$ равной $0,05 + Z_m - (D-d):2$ (где d — высота выходного отверстия).

Пример первый. $Q_{max} = 75$ л/сек, $h_{max} = 0,70$ м, $Q_{min} = 42$ л/сек, $h_{min} = 0,55$ м. Допустимый подпор = $0,15$ м. Насадок круглого сечения.

По таблице расходов находим, что при разности напоров в $0,15$ м, равной 150 мм (допустимый подпор), наиболее подходящим будет насадок с выходным отверстием $d = 0,25$ м. Для пропуска минимального расхода в 42 л/сек при насадке выходного отверстия в $0,25$ м определяем по таблице разность напора, равную около 4 см (что допустимо). Определяем, на какой высоте следует расположить входное отверстие насадка (нижний край):

$$h' = h_{min} + Z - D - n = 0,55 + 0,04 - 0,48 - n.$$

Так как полученная ранее разность напоров в $0,04$ м меньше $(D-d):2$, ибо

$$\frac{0,48 - 0,25}{2} = 0,115 \text{ м},$$

то принимаем в данном случае $n = 0,05$.

Тогда

$$h' = 0,11 - 0,05 = 0,06.$$

Следовательно, по расчету насадок следует установить так, чтобы нижний конец входного отверстия был на высоте от дна канала на 6 см.

Так как такое близкое расположение ко дну отверстия может вызвать засорение его (случайный камень), то дно канала в этом случае следует несколько углубить с таким расчетом, чтобы от края отверстия до дна было не меньше $0,10$ м, т. е. углубить его на $(0,10 - 0,05) = 0,05$ м.

Размеры щита насадка назначаем: ширину, сообразуясь с шириной русла, с запасом для прочной заделки щита в откосы берегов, высоту — с таким расчетом, чтобы, кроме прочной заделки щита в дно, высота его над дном (непониженным) была равна:

$$h_{max} + Z_m + 0,10 = 0,70 + 0,15 + 0,10 = 0,95 \text{ м},$$

где Z — напор при Q_{max} .

Пример второй. $Q_{max} = 42$ л/сек, $h_{max} = 0,70$ м, $Q_{min} = 25$ л/сек, $h_{min} = 0,25$ м.

Допустимый подпор — $0,22$ м. Насадок — квадратного сечения.

По таблице находим, что при разности напоров, равной $0,22$ м, или 220 мм, наиболее подходящий размер насадка будет при высоте выходного отверстия в $0,15$ м. При этом размере разность напоров при расходе, равном 25 л/сек, будет составлять 80 мм, или $0,08$ м (что достаточно).

Тогда $h' = 0,25 + 0,08 - 0,29 - n = 0,04 - n$.

Так как $\frac{D-d}{2} = \frac{0,29-0,15}{2} = 0,07$ меньше Z_m ,

то n принимаем равным $(0,05 + 0,08) - 0,07 = 0,06$.

При этом значения n получим:

$$h' = 0,04 - 0,06 = -0,02 \text{ см.}$$

Следовательно, дно канала требуется углубить на $0,10 + 0,02 = 0,12 \text{ м}$.

Определение расхода воды водомерным насадком производится по разности горизонтов ее перед и за насадком, для чего водомерная установка оборудуется водомерными рейками. При насадке с деревянным щитом рейки прикрепляются непосредственно к щиту сбоку около входного и выходного отверстий; при перегородивающей стенке из дерна их укрепляют на свайках (см. рис. 6). Рейки устанавливаются таким образом, чтобы нули их были строго на одном уровне и находились на высоте не ниже верхнего края входного отверстия. Разметка реек должна допускать отсчеты с точностью до 1 — 2 мм.

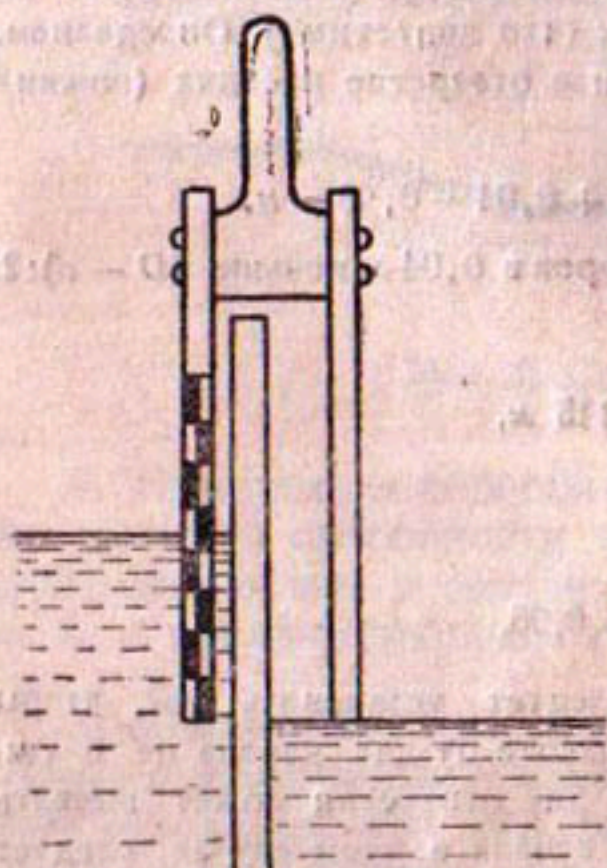


Рис. 8. Измерительная вилка для определения горизонтов воды

По определенной разности горизонтов воды расход находят по специальной таблице (см. табл. 2, 3, 4 в приложениях).

При насадке, вделанном в деревянный щит, разность горизонтов может быть определена непосредственно с помощью измерительной вилки (см. рис. 8). Установленная так, чтобы один конец ее касался уровня нижней стороны щита, она покажет необходимую разницу по счету уровня на другом конце вилки (со шкалой).

Конец вилки может быть размечен и для отсчета непосредственно расхода воды, причем такую разметку на каждой вилке можно делать применительно к четырем разным размерам насадка, нанося шкалу на каждую грань четырехгранного конца.

Такая разметка ведется по следующим формулам:
Для насадков круглого сечения:

$$m = \frac{Q^2}{10,89 \times d^4}$$

Для насадков квадратного сечения:

$$m = \frac{Q^2}{16,81 \times a^4}$$

Для насадков прямоугольного сечения:

$$m = \frac{Q^2}{16,81 \times a^2 \times b^2}$$

m — расстояние (в метрах) от нуля рейки до деления шкалы данного расхода при Q в куб. метрах в секунду и диаметре отверстия (d) или высоте (a) и ширине (b) в метрах.

Пример. Насадок круглого сечения $d = 0,15$ м, m для расхода (Q) = 0,020 м³ (20 л/сек).

$$m = \frac{0,020 \times 0,020}{10,89 \times 0,15 \times 0,15 \times 0,15 \times 0,15} = 0,073, \text{ или } 73 \text{ мм.}$$

Поддержание водомерной установки в исправном состоянии требует систематических наблюдений за общей целостностью сооружения, за характером и величиной отложений наносов и за правильной установкой водомерных реек. Необходимо также внимательно следить за тем, чтобы вода не просачивалась через перегораживающую стенку или через щит. Кроме того, нельзя допускать размыва у дна и откосов в месте заделки в грунт щита, отложения наносов вблизи выходного отверстия насадка (требуется систематическая чистка дна участка).

Рейка должна быть прочно прикреплена точно отвесно; нули на верхней и нижней рейках должны быть строго на одном уровне. Необходимо систематически проверять состояние самого водомерного насадка, не допускать деформаций его: помятости насадка из листового железа, коробления досок деревянного насадка (коробление может изменить поперечные размеры отверстий).

3. ВОДОМЕРНЫЙ ЛОТОК.

Из водомерных сооружений типа лотков наиболее простым по конструкции является лоток прямоугольного сечения с горизонтальным дном и сходящимися боковыми стенками (см. рис. 9) со следующими соотношениями размеров частей:

Длина (l) вдвое больше ширины выхода (b).

Ширина входной части (B) в 1,7 раза больше ширины выхода.

Высота стенок лотка (h) в 1,5 — 2 раза больше ширины выхода (см. табл. 4).

Лотки могут изготовляться из различного материала; предпочтительно все же, изготовлять их из досок или выкладывать из жженого кирпича.

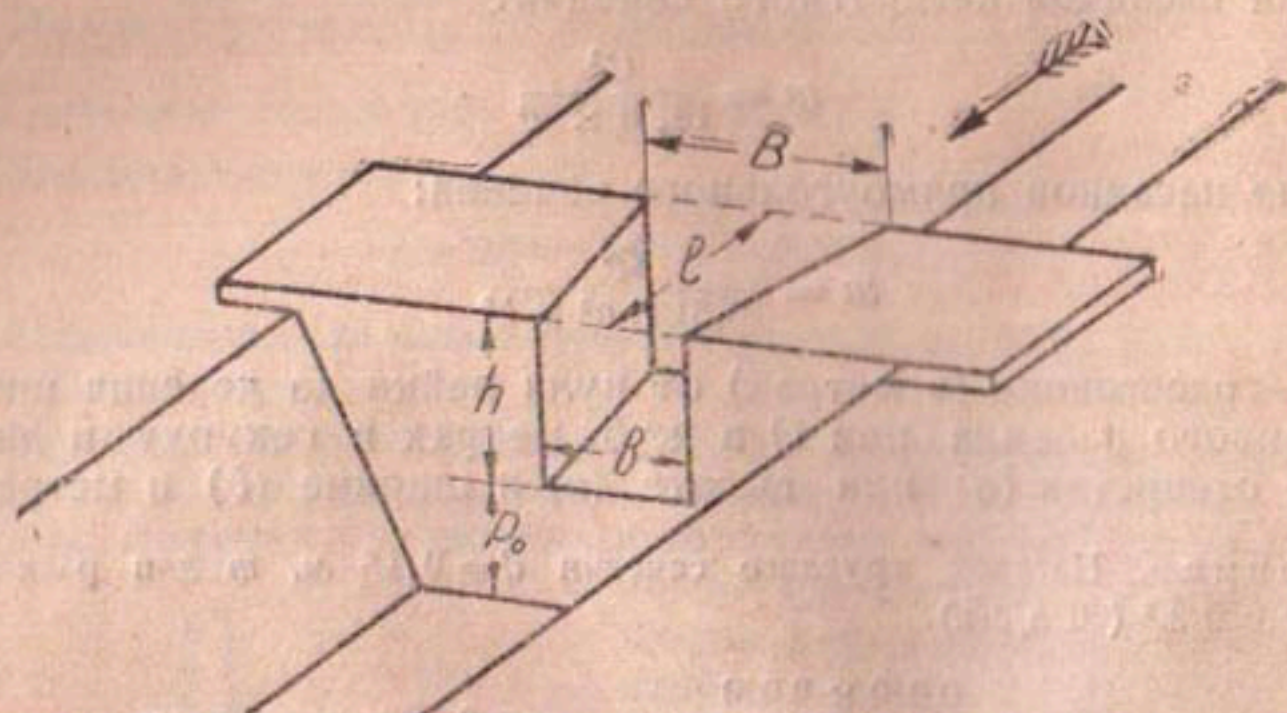


Рис. 9. Схема водомерного лотка.

Табл. 4. Размеры лотков различной пропускной способности.

Ширина выхода	Ширина входа	Длина по оси	Высота стенок	Наиболь- ший расход воды (литры в секунду)	Примечание
В метрах					
0,20	0,34	0,40	0,40	50	Указанный наибольший расход воды пропускается при свободном истечении и глубине воды над дном лотка, равной, примерно, 0,8 высоты стенки
0,25	0,42	0,50	0,50	84	
0,30	0,51	0,60	0,65	160	
0,40	0,68	0,80	0,70	300	
0,50	0,85	1,00	0,80	550	
0,60	1,02	1,20	1,00	900	
0,70	1,19	1,40	1,00	1100	
0,80	1,36	1,60	1,00	1200	

Кирпичный лоток малых размеров (при ширине выхода в 0,25 м) представляет собой проем в кирпичной стенке, в толще которой устраиваются и наблюдательные колодцы для помещения реек в целях определения расхода воды. При ширине выхода в 0,2 м стенки делаются толщиной в полтора кирпича, при ширине в 0,25 м — в два кирпича. Стенка выкладывается на цементном растворе с обязательной штукатуркой боковых стенок, дна и углов (граней входного и выходного отверстий), а также стенок внутри наблюдательных колодцев с тем, чтобы сквозь стенки их не просачивалась вода. Участок канала ниже лотка (дно и откосы) следует крепить местными материалами (булыжниками, каменной отсыпкой, кирпичом, хворостом и т. п.) на протяжении 150 — 200 см.

кирпич. Дно лотка между боковыми стенками выстилается также кирпичом в один ряд на ребро. В остальном устройство этих лотков не отличается от таковых малых размеров.

Деревянный лоток (рис. 11) изготавливается из досок. Он состоит из рам, стенок, дна и обратных стенок, с помощью которых лоток сопрягается с откосами и дном канала. Для лотков малых размеров (ширина выхода до 30 см) применяются доски толщиной в 2,5 — 3 см, для лотков больших размеров — в 4 см. Для обшивки дна и стенок применяются чистые обрезные доски с обстроганной наружной поверхностью, для рам и обратных стенок можно употреблять необрезные доски или даже горбыли (необходимо лишь следить за аккуратным выполнением углов в сопряжениях лотка с обратными стенками). В целях лучшего сохранения деревянного лотка все его части следует осмаливать.

Опорные рамы в числе двух в малых лотках (при ширине выхода до 40 см) и трех (третья — посередине лотка) в больших изготавливаются из досок шириной в 10 — 12 см. Поперечины со стойками лучше соединять болтами. Пришивка досок к рамам производится гвоздями (длиной в 10 см). Во избежание коробления досок их следует пришивать с некоторым зазором (до 5 мм). Заглубление в дно канала поперечных стенок делается не менее, чем на 25 — 30 см от поверхности дна в нижнем бьефе; на такой же размер заделываются стенки и в откосы берегов канала.

Крепление дна нижнего бьефа производится так же, как и при кирпичных лотках.

Рейки для определения расходов воды помещаются: верхняя — на обратной стенке, сбоку от входа, на расстоянии 15 — 20 см от боковой грани лотка, а нижняя — в колодце, устраиваемом за нижней обратной стенкой или же в откосе канала (в ковше) ниже лотка на 2 — 3 м в том месте, где поверхность потока достаточно спокойна.

При необходимости экономии материала лотки малого и среднего размеров (с шириной выхода до 0,5 м) можно делать без нижней обратной стенки, устраивая на ее месте лишь опору под дно у выхода.

Подобная опора представляет собой раму, в которой стойки с лежнем и насадком соединяются на шипах. Лежень рамы необходимо заглубить в грунт с таким расчетом, чтобы размыв грунта не нарушал прочность рамы.

Крепление дна около рамы обязательно.

Подобные водомерные лотки могут применяться достаточно широко на мелкой сети, ибо с их помощью точно учитывается расход воды как при свободном, так и затопленном истечении. Кроме того, на водомерные его свойства не сказывается заиление дна выше лотка (если перед лотком наносы откладываются не выше дна лотка).

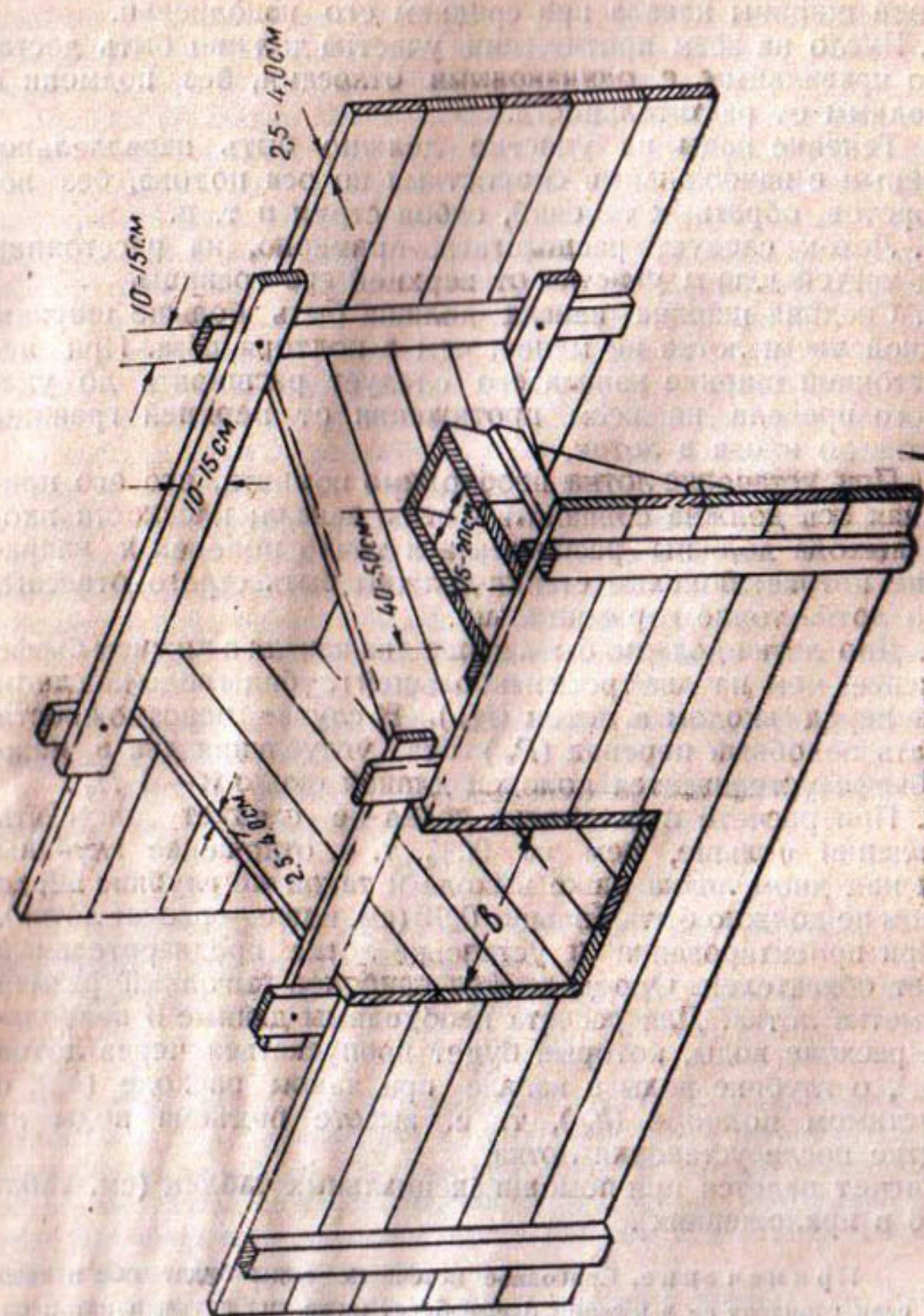


Рис. 11. Схема деревянного лотка.

Лотки устанавливаются с соблюдением следующих основных правил:

1. Участок канала, на котором строится лоток, должен быть прямолинейным на протяжении не менее четырех-пятикратной ширины канала при среднем его наполнении.

2. Русло на всем протяжении участка должно быть достаточно правильным, с одинаковыми откосами, без подмоин и свободным от растительности.

3. Течение воды на участке должно быть параллельно-струйным с наибольшими скоростями по оси потока, без водоворотов, обратных течений, отбоя струи и т. п.

4. Лоток следует располагать, примерно, на расстоянии двух третей длины участка от верхней его границы.

5. Средняя ширина канала должна быть больше ширины входной части лотка не менее, чем в полтора раза. При недостаточной ширине канала его следует расширить до указанного предела на всем протяжении от верхней границы участка до входа в лоток.

6. При установке лотка необходимо помнить, что его продольная ось должна совпадать с осью канала; плоскости входа и выхода должны располагаться точно поперек к направлению потока; боковые стенки должны быть строго отвесны, а дно лотка точно горизонтально.

7. Дно лотка должно быть выше дна канала в нижнем бьефе не менее, чем на две трети наибольшей глубины воды над дном лотка перед входом в лоток (H_0). В случае невозможности создать подобный перепад (P_0) без углубления дна в нижнем бьефе устраивается колодец длиной около $3 - 4 H_0$.

8. При расчете и установке лотка не следует допускать затопления больше, чем на 90%, т. е. отношение глубины воды над дном лотка ниже выхода к такой же глубине перед входом не должно быть больше 0,90 (см. ниже — расчет лотка).

При проектировании и установке лотка предварительный расчет обязателен. Определяются наиболее выгодный размер и отметка лотка. Для расчета необходимы данные о наибольшем расходе воды, который будет пропускаться через лоток (Q_{max}), о глубине воды в канале при таком расходе (h_m), о допустимом подпоре (h_k), т. е. высоте подъема воды на участке после установки лотка.

Расчет ведется при помощи специальных таблиц (см. табл. 5 и 6 в приложениях).

Примечание. Свободное истечение воды будет обечечено, если горизонт ее в нижнем бьефе будет ниже дна лотка, а затопленное истечение — выше дна лотка. Величина затопления определяется отношением глубины воды над дном лотка в нижнем бьефе (H_k) над таковой в верхнем бьефе (H_0); от этой же величины зависит и коэффициент затопления (см. табл. 6 в приложениях).

Порядок расчета виден из следующих примеров:

Пример первый. Дан максимальный расход воды в 270 л/сек при максимальной глубине в 0,80 м; допустимый подпор — 0,30 м.

Первоначально находим в таблице, при каком наименьшем размере лотка пропускается расход воды в 270 л/сек, если предположить, что истечение будет свободным. Таким размером является ширина выхода, равная 40 см. Заданный расход воды будет пропускаться при $H_в = 47$ см.

Получив эти данные, проверяем возможность свободного истечения: требуется, чтобы дно лотка было несколько выше наибольшего горизонта воды. При заданном расходе глубина составит 80 см. К этой глубине необходимо прибавить полученный показатель напора над дном лотка в верхнем бьефе, равный 47 см, — следовательно, общая глубина воды выше лотка при расходе в 270 л/сек в условиях свободного истечения должна составить не менее $80 + 47 = 127$ см. С другой стороны, при подпоре в 30 см максимально допустимой глубиной может быть только $80 + 30 = 110$ см. Очевидно, что свободное истечение при данном лотке (ширина выхода в 0,4 м) невозможно. Здесь нужно увеличить размер лотка или допустить затопление.

Проверим первую возможность. Чтобы общая глубина в канале перед лотком не превышала 110 см, заданный расход в 270 л/сек должен пропускаться при глубине воды над порогом в верхнем бьефе, равной 0,30 м. При таком напоре нужен лоток шириной в 80 см (см. табл. 5). Устраивать такой большой лоток невыгодно, проще допустить затопление. Расчет затопленного лотка ведется в порядке постепенного подбора:

1. Принимают какое-либо значение затопления, т. е. отношение $H_n : H_в = K$.
2. По принятому отношению (K) находят в табл. 6 (в приложениях) коэффициент затопления.
3. Определяют условный расход (Q'), который приравнивают к заданному расходу, разделенному на коэффициент затопления.

$$Q' = Q_{\max} : \varphi_n$$

4. По условному расходу находят в табл. 5 (в приложениях) $H_в$ применительно к наименьшему размеру лотка.

5. Вычисляют превышение дна лотка над дном канала (P) по формуле

$$P = h_m - KH_в$$

6. Определяют полную глубину канала выше лотка (H_0), которая будет: равна $H_в + P$, и сравнивают ее с допустимой полной глубиной ($h_m + h_n$). Если глубина канала (H_0) получается равной или меньше допустимой, задача может считаться решенной, если же она больше допустимой, повторяют все вычисления для следующего значения K и т. д. до получения удовлетворительного результата.

Результаты подсчетов рекомендуется сводить в таблицу (см. табл. 5).

Получив окончательное решение, проверяют необходимость устройства ниже лотка колодца, т. е. углубления дна канала, с тем, чтобы перепад составлял не меньше двух третей глубины в верхнем бьефе. Если необходимая величина перепада получается больше высоты порога, то колодец

назначается глубиной, равной $P_0 - P$. В приведенном выше примере колодец не требуется, так как

$$P_0 = \frac{2}{3} H_0 = \frac{2}{3} \times 49 = 33 \text{ см, что меньше } P = 60,5 \text{ см.}$$

В случае получения неудовлетворительного результата применительно к лотку наименьшего размера или если определится слишком значительное затопление, расчет продолжают в том же порядке применительно к следующему по размеру лотку.

Табл. 5. Расчет лотка.

Отношение глубин (K)	Коэффици- ент затоп- ления (σ_K)	Расход во- ды (литры в секунду)	Глубина воды в верх- нем бьефе (H_0)	Ширина выхода (a)	Высота по- рога (P)	Глубина канала (H_0)	Перепад (P_0)	Глубина колодца
0,2	0,983	275	47,5	40	70,5	118,0	—	—
0,3	0,963	279	48,0	40	66,0	114,0	—	—
0,4	0,948	285	49,0	40	60,5	109,5	—	—

Пример второй. Задан максимальный расход воды в 315 л/сек при наибольшей глубине (h_m) в 0,53 см и допустимый водпор в 0,50 см.

По специальной таблице применительно к свободному истечению находим, что требуемый расход воды пропускается лотком при ширине выхода в 0,50 м и напора в 45 см. Если принять высоту порога для обеспечения свободного истечения несколько больше h_m , т. е. если принять высоту порога (P) равной 55 см, то общая глубина перед лотком будет

$$P + H_0 = 55 + 45 \text{ см} = 100 \text{ см,}$$

что меньше допустимой глубины:

$$h_m + h_n = 53 + 50 = 108 \text{ см.}$$

Следовательно, при найденном размере лотка пропуск наибольшего расхода воды обеспечивается при свободном истечении. Задача может считаться решенной. Углубления дна в нижнем бьефе не требуется, так как

$$P_0 = \frac{2}{3} H_0 = 30 \text{ см меньше } P = 55 \text{ см.}$$

Пример третий. Задан максимальный расход в 350 л/сек при наибольшей глубине в 0,60 см и максимально допустимом подпоре в 0,15 м. Наибольшее затопление допустимо:

$$K = 0,7.$$

По специальной таблице находим, что для свободного истечения необходим лоток с шириной выхода в 50 см и напор, равный 48 см, что определяет общую глубину перед лотком:

$$60 + 48 = 108 \text{ см.}$$

Допустимая глубина составляет $60 + 15 = 75 \text{ см.}$

В этих условиях свободное истечение воды невозможно. Не обеспечивается оно и при больших размерах лотка. Действительно, при наибольшей ширине выхода в 80 см расход пропускается при напоре в 35,5 см, что определяет общую глубину в 95,5 см, т. е. больше допустимой. Расчет на затопление ведем первоначально, исходя из ширины выхода в 0,5 м. По подсчетам мы видим, что для лотка этого размера пропуск заданного объема воды при предельном затоплении невозможен. Продолжаем расчет, исходя из ширины выхода в 0,6 м. Получаем удовлетворительный результат.

Следовательно, принимаем ширину выхода в 0,6 м, высоту дна лотка над дном канала в 26,5 см.

Табл. 6. Расчет лотка при затоплении.

Отношение глубин (Ю)	Кoeffици- ент затоп- ления (сп)	Условный расход воды (Q)	Напор в верх- нем бьефе	Ширина выхода (с)	Высота порога (Р)	Глубина канала (H ₀)	Высота перепа- да (Р ₀)	Глубина колодца
			В с а н т и м е т р а х					
0,2	0,983	0,356	49,0	50	50,0	99,0	—	—
0,3	0,963	0,364	49,5	.	45,0	94,5	—	—
0,4	0,948	0,369	50,0	.	40,0	90,0	—	—
0,5	0,925	0,378	51,0	.	34,5	85,5	—	—
0,6	0,893	0,392	52,0	.	29,0	81,0	—	—
0,7	0,844	0,415	54,0	.	22,0	76,0	—	—
0,2	0,983	0,356	43,0	60	51,5	94,5	—	—
0,3	0,963	0,364	44,0	.	47,0	91,0	—	—
0,4	0,948	0,369	44,5	.	42,0	86,5	—	—
0,5	0,925	0,378	45,0	.	37,5	82,5	—	—
0,6	0,893	0,392	46,0	.	32,5	78,5	—	—
0,7	0,844	0,415	48,0	.	26,5	74,5	32,0	6,0

Дно в нижнем бьефе понижаем на $P_0 - P = 32,0 - 26,5 = 6$ см.

Определение расходов воды, проходящих через лоток, производится по показаниям водомерных реек перед входом и ниже выхода лотка. Для этого рейки помещают или в колодцах, или на обратных стенках, как указано выше. Нули реек должны быть расположены точно на уровне дна лотка.

В случае свободного истечения, когда уровень воды по нижней рейке стоит ниже нуля, расход определяется по показанию верхней рейки. Если по нижней рейке уровень воды выше нуля, первоначально определяют отношение показания нижней рейки к показанию верхней, а по полученной величине $H_n : H_b$ по таблице определяют соответствующий коэффициент затопления и расход (по показанию верхней рейки). Найденное число множат на коэффициент, и получают расход воды, проходящий через лоток.

Пример первый. Лоток имеет ширину выхода в 0,5 м. Показание верхней рейки 37 см, уровень воды по нижней рейке — ниже нуля.

По первой вертикальной графе табл. 5 (в приложениях) находят напор $(H_v) = 37$ см, затем по горизонтальной строке находят расход при ширине выхода в 0,50 м. Таким образом, расход равен 233 л/сек.

Пример второй. Ширина выхода лотка равна 0,6 м, напор в верхнем бьефе $(H_v) = 42,5$ см, в нижнем (H_n) — меньше нуля.

По таблице находим расход для $H_v = 42$ см и для $H_v = 43$ см. Расход при $H_v = 42,5$ см принимаем средний,

$$\text{т. е. } \frac{339 + 351}{2} = 345 \text{ л/сек.}$$

Пример третий. Ширина выхода лотка равна 0,4 м, напор в верхнем бьефе $(H_v) = 32$ см, в нижнем $(H_n) = 24$ см.

Определяем отношение H_n к H_v ; оно будет равно $24 : 32 = 0,75$. По табл. 5 (в приложениях) находим расход при $H_v = 32$ см, а по табл. 6 — коэффициент затопления при $H_n : H_v = 0,75$, равный 0,81. Таким образом, расход воды составит $0,81 \times 149 = 121$ л/сек.

Для бесперебойной работы лотка необходимо постоянно следить за исправным его состоянием.

1. Рейки, служащие для определения глубины воды, должны быть прочно закреплены, причем нули должны находиться точно на уровне дна лотка.

2. Вода в наблюдательные колодцы должна поступать свободно только через трубки. Последние должны быть чисты от наносов; нельзя допускать, чтобы дно колодца было залено выше отверстия трубки.

3. Необходимо проверять состояние дна в нижнем бьефе в районе водобоя, следить за тем, чтобы отложение наносов там не превышало высоту слоя, при котором высота перепада становится меньше двух третей напора.

Все замеченные неисправности необходимо своевременно устранять, не допуская ошибки при определении расхода воды.

4. ТРУБЧАТЫЙ ВОДОМЕРНЫЙ ВЫПУСК.

Трубчатый водомерный выпуск в надлежащих условиях является одним из наиболее рациональных типов водомерного устройства. Наиболее простое сооружение такого типа состоит из деревянной трубы прямоугольного сечения с регулировочным щитком на входном конце и сходящимся насадком на другом. Такая труба заделывается в дамбу канала и, служа одновременно выпускным сооружением, позволяет вести учет пропускаемой через трубу воды (см. рис. 12).

Длина трубы (без насадка) зависит от ширины дамбы канала и должна составлять не менее тройной наибольшей глубины воды перед входом над верхней кромкой входного отверстия, т. е. $l = 3 Z'$.

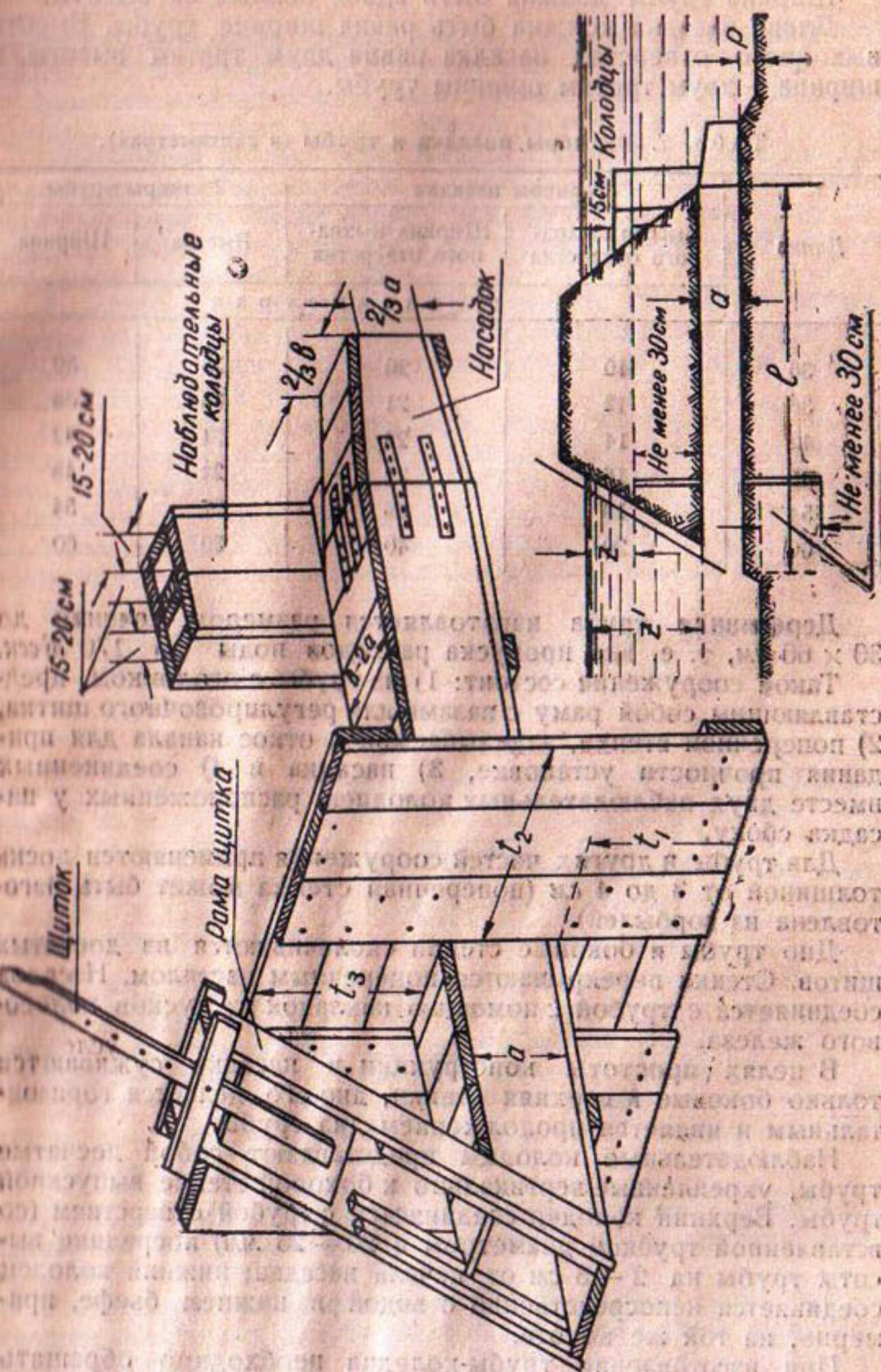


Рис. 12. Деревянный трубчатый водомерный выпуск.

Ширина трубы должна быть вдвое больше ее высоты. Длина насадка должна быть равна ширине трубы. Высота выходного отверстия насадка равна двум третям высоты, а ширина — двум третям ширины трубы.

Табл. 7. Размеры насадка и трубы (в сантиметрах).

Длина	Размеры насадка		Размеры трубы	
	Высота выходного отверстия	Ширина выходного отверстия	Высота	Ширина
в сантиметрах				
30	10	20	15	30
36	12	24	18	36
42	14	28	21	42
48	16	32	24	48
54	18	36	27	54
60	20	40	30	60

Деревянная труба изготавливается размером сечения до 30×60 см, т. е. для пропуска расходов воды до 170 л/сек.

Такое сооружение состоит: 1) из трубы с оголовком, представляющим собой раму с пазами для регулировочного щитка, 2) поперечной стенки, заделываемой в откос канала для придания прочности установке, 3) насадка и 4) соединенных вместе двух наблюдательных колодцев, расположенных у насадка сбоку.

Для трубы и других частей сооружения применяются доски толщиной от 3 до 4 см (поперечная стенка может быть изготовлена из горбылей).

Дно трубы и боковые стенки сколачиваются из досчатых щитов. Стенки перекрываются поперечным настилом. Насадок соединяется с трубой с помощью накладок из кусков полосового железа.

В целях простоты конструкции в насадке суживаются только боковые и верхняя стенки, дно его делается горизонтальным и является продолжением дна трубы.

Наблюдательные колодцы представляют собой досчатые трубы, укрепленные вертикально к боковой стенке выпускной трубы. Верхний колодец соединяется с трубой отверстием (составленной трубкой диаметром в 20 — 25 мм) посередине высоты трубы на 2 — 3 см от начала насадка; нижний колодец соединяется непосредственно с водой в нижнем бьефе, примерно, на той же высоте.

При изготовлении трубы-колодца необходимо обращать особенное внимание на достижение полной водонепроницае-

мости как наружных стенок, так и стенки, разделяющей колодец. То же касается и дна колодца.

Верхние отверстия колодцев должны быть на 15 см выше наибольшего уровня воды в отводе (в нижнем бьефе).

Поперечный щиток, скрепляемый с трубой с помощью деревянных брусков, делается с таким расчетом, чтобы щит заглублялся в грунт не менее, чем на 30 см ниже дна канала, а сбоку и вверх (t_2 и t_3) не менее, чем на 30 см от наружной поверхности трубы.

Подобный тип деревянного трубчатого водомера применяется, как указывалось выше, для оборудования голов выпусков. Правильная его работа как водомера требует соблюдения следующих условий:

При пропуске любого расхода воды выходное отверстие насадка должно быть затоплено полностью, причем горизонт воды в нижнем бьефе должен быть не менее, чем на 5 см выше верхнего края отверстия. С другой стороны, при минимальных расходах воды, пропускаемых через трубу, разность горизонтов их в наблюдательных колодцах должна составлять не меньше 4 см.

Для определения размера (сечения) трубы пользуются или общей формулой:

$$Q = 3,8 \omega \sqrt{Z},$$

где ω — площадь выходного отверстия, а Z — действующий напор, т. е. разность уровня воды в верхнем и нижнем бьефах, или же пользуются специальной таблицей (см. табл. 8).

Для расчета необходимо знать максимальный расход воды в отводе и уровень ее в канале при прохождении средних и наибольших расходов.

Пример. Максимальный расход воды в отводе составляет 82 л/сек; условная отметка уровня в отводе при пропуске 82 л/сек равна 5,41 м, отметка уровня воды в канале при среднем расходе = 5,6 м.

Разность отметок, т. е. Z , составляет $5,60 - 5,41 = 0,19$ м.

По табл. 7 (в приложениях) против $Z = 19$ см находим, что заданный расход воды будет пропускаться трубой с выходным отверстием насадка в 10×32 см.

По табл. 7 находим и все остальные размеры: длину насадка — 48 см, высоту сечения трубы — 24 см, ширину ее — 48 см.

Расчет высоты расположения дна трубы над дном отвода должен обеспечить достаточное затопление ее при пропуске малых расходов воды.

Для решения этой задачи необходимо знать глубину воды (h_{min}) в отводе при наименьшем расходе.

Табл. 8. Расход воды (литры в секунду).

Разность напоров (Z)	Размеры насадка (в сантиметрах)						
	10×20	12×24	14×28	15×30	16×32	18×36	20×40
5	17	24	33	38	43	55	68
6	18	27	36	42	48	60	74
7	20	29	39	45	51	65	80
8	21	31	42	48	55	70	86
9	23	33	45	51	58	74	91
10	24	35	47	54	61	78	96
11	25	36	49	57	64	82	101
12	26	38	51	59	67	85	105
13	27	39	53	62	70	89	110
14	28	41	55	64	73	92	114
15	29	42	57	66	75	95	118
16	30	44	59	68	78	98	122
17	31	45	61	70	80	101	125
18	32	46	63	72	82	104	129
19	33	48	65	74	85	107	133
20	34	49	66	76	87	110	136
21	35	50	68	78	89	113	139
22	36	51	69	80	91	115	143
23	36	52	71	82	93	118	146
24	37	54	73	84	95	120	149
25	38	55	74	85	97	123	152
26	39	56	76	87	99	126	155
27	39	57	77	88	101	128	158
28	40	58	78	90	103	130	161
29	41	59	80	92	105	132	164
30	42	60	81	94	106	135	167
31	42	61	83	95	108	137	169
32	43	62	85	98	112	139	172
33	44	63	85	98	112	141	175
34	44	64	87	100	113	143	177
35	45	65	88	101	115	145	180
36	46	66	89	103	117	148	182
37	46	67	90	104	118	150	185
38	47	67	92	105	120	152	187
39	47	68	93	107	121	154	190
40	48	69	94	108	123	156	192
41	49	70	95	109	125	158	194
42	49	71	96	111	126	160	197
43	50	72	97	112	128	161	199
44	50	73	98	113	129	163	201
45	51	73	100	114	130	165	204

Высоту над дном отвода дна трубы (P) мы определяем:

$$P = h_{min} - (0,05 + \frac{2}{3}a).$$

Пример первый. Допустим, что при наименьшем учитываемом расходе (Q_{min}) в 40 л/сек глубина воды в отводе (h_{min}) составляет 25 см (размер трубы см. ранее приведенный пример).

В этом случае дно трубы укладывается над дном отвода.

$$P = 0,25 - (0,5 + \frac{2}{3} \cdot 0,24) = 0,25 - 0,21 = 0,04 \text{ м.}$$

Пример второй. Допустим, что $h_{min} = 0,15$ см, $P = 0,15 - 0,21 = -0,06$ м.

Отрицательный результат показывает, что дно трубы следует заглубить против дна отвода на 6 см, углубление дна канала рекомендуется делать на протяжении, равном не менее шестикратной высоты трубы, сопрягая пониженное дно с дном отвода откосом, имеющим обратный уклон, равный от одной трети до четверти (для данного примера дно ниже трубы углубляется на протяжении:

$$6a = 6 \times 24 = 1,50 \text{ м}).$$

Кроме определения основных данных, необходимо в заключение проверить величину разности горизонтов воды в наблюдательных колодцах, чтобы удостовериться, не будет ли эта разность меньше допустимой, т. е. меньше 4 см.

Проверка эта производится по табл. 7 (в приложениях), в которой находим искомую величину (h) по размеру насадка и заданному минимальному расходу воды (Q_{min}).

Пример. $Q_{min} = 50$ л/сек; размер насадка 16×32 см.

Разность уровня в колодцах по таблице немного больше 4 см, что можно считать удовлетворительным.

Определение расхода воды в трубчатом водомерном сооружении производится по разности ее горизонтов в колодцах. Для отсчетов этой разности в колодцах устанавливаются рейки с сантиметровыми делениями*, располагая нули точно на одном уровне, или (что проще и точнее) подобная разность определяется измерением расстояний (с помощью линейки) от общего верхнего края колодца до уровня воды в колодцах (вычитая меньшее из большего, находим искомую величину).

Расход воды определяется по табл. 7 (в приложениях).

Пример. Труба с насадком в 16×32 см. Расстояние уровня воды от края колодца (перегородка) в верхнем колодце равно 30,5 см, в нижнем — 21,0 см.

$$h = 30,5 - 21 = 9,5 \text{ см. Расход по таблице равен } 76 \text{ л/сек.}$$

* Если по расчету h не меньше 15 см.

Правильная работа водомера требует постоянной проверки его состояния и своевременного исправления замеченных дефектов.

Необходимо соблюдать следующие правила:

1. В наблюдательные колодцы вода должна поступать только через соединительные трубки. Перегородку между колодцами нужно делать водонепроницаемой. Соединительные трубки должны свободно пропускать воду. На дне колодцев не должно быть отложившихся наносов.

2. Рейки в колодцах должны быть прочно закреплены, нули их — точно на одном уровне. Если определение горизонтов в колодцах производится с помощью линейки, необходимо проверить положение меток, от которых производится отсчет. Метки должны быть точно на одном уровне для обоих колодцев.

3. Если в трубе имеются отложившиеся наносы, необходимо перед определением расхода промыть ее под большим напором. Нужно также проверить состояние насадка и размеры сечения выходного отверстия. В случае деформации насадка и невозможности исправления его на месте, его следует сменить.

Наблюдение за прочими частями сооружения и участками кавала перед и за сооружением производится в обычном порядке, принятом вообще при эксплуатации мелкой ирригационной сети.

5. ОТКРЫТЫЙ ВОДОМЕРНЫЙ ВЫПУСК.

Открытый водомерный выпуск со щитовым затвором представляет собой обычное регулирующее сооружение, позволяющее определять пропускаемый через него расход воды без предварительного тарирования.

При полностью поднятом щите подобный водомерный выпуск представляет собой как бы водомерный лоток, а при работе со щитом — водомерное отверстие переменной высоты.

Схема подобного водомерного выпуска (рис. 13) заключается в следующем:

Перед обычным плоским вертикальным щитом устраивается подходной суживающийся участок длиной (L), равной двойной ширине (ϕ), и шириной входа (B) $= 1,7\phi$. Назначение подходного участка — создание однообразных условий подхода потока к щиту и уничтожение бокового сжатия при подходе к отверстию.

Ниже щита, расположенного в конце суживающегося участка, устраивается прямолинейный лоток шириной, равной ширине подщитового отверстия (ϕ), и длиной, равной тройной его ширине.

Боковые стенки входа и лотка отвесны. Дно порога лотка горизонтально; дно входной части может быть горизонтальным или с уклоном (обратным), но не большим, чем 0,175. Величина перепада (P_2) должна быть не меньше 0,25 $H_{\text{с max}}$.

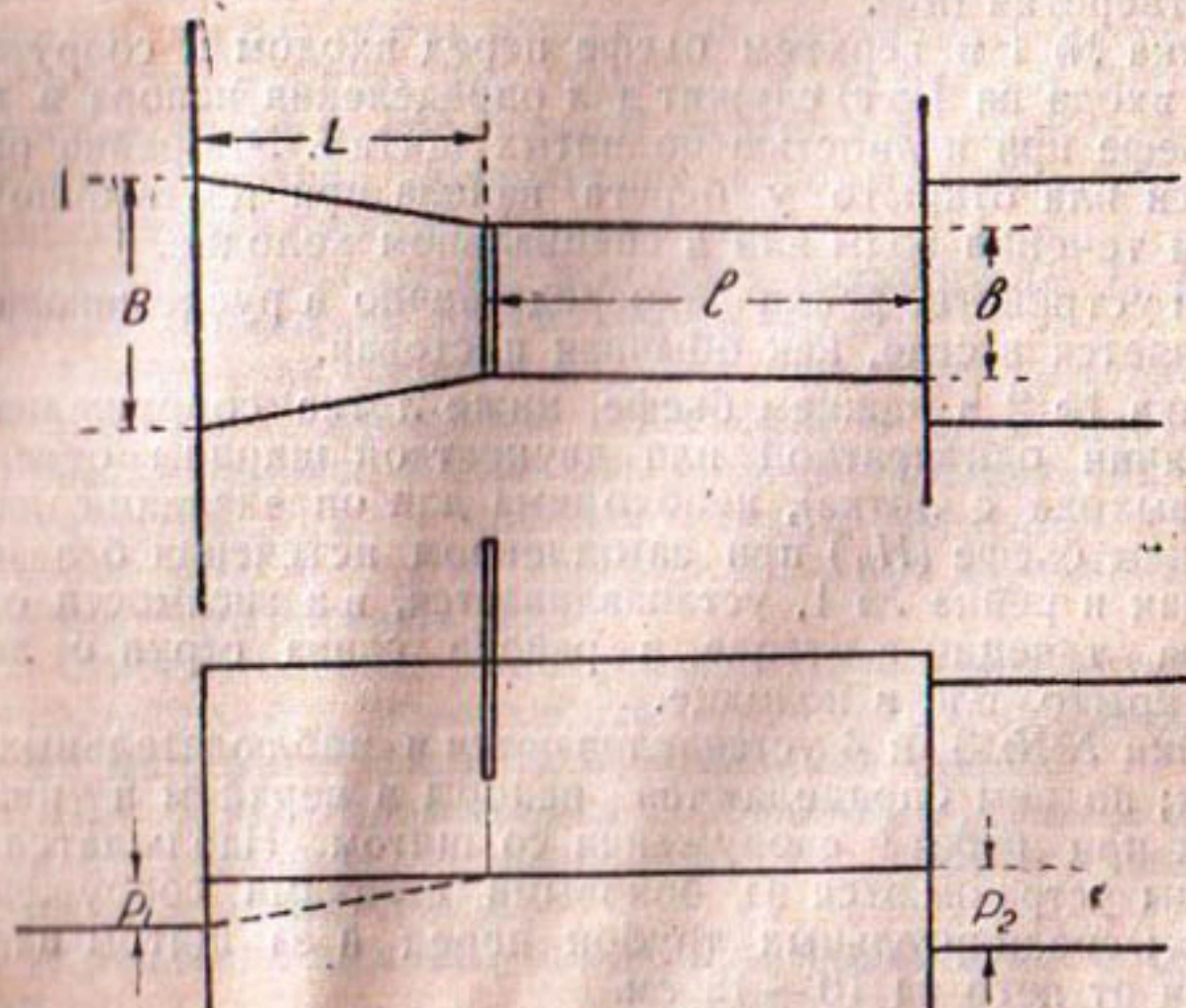


Рис. 13. Схема открытого водомерного выпуска.

Табл. 9. Размеры сооружений.

Ширина отвер- стия (b)	Ширина входа (B)	Длина подход- ного уча- стка (L)	Длина лотка (l)	Расход воды (в куб. мет- рах в се- кунду)	Примечание
В метрах					
0,4	0,63	0,80	1,20	0,296	Максимальный расход определен в условиях свободного истечения без щита при напоре, равном полуторной ши- рине отверстия
0,5	0,85	1,00	1,50	0,517	
0,6	1,02	1,20	1,80	0,815	
0,7	1,19	1,40	2,10	1,200	
0,8	1,36	1,60	2,40	1,672	

Водомерный выпуск указанной конструкции допускает достаточно точный учет при угле водозабора от 0 до 90°. Учет воды может производиться при свободном и затопленном истечении, при истечении из-под щита и при полностью поднятом щите.

Необходимые для учета расхода воды значения величин H_v , H_n , Z и $h_{ш}$ определяются с помощью водомерных реек, устанавливаемых в бьефах сооружения.

Всего необходимы четыре рейки для определения глубин и одна рейка или разметка для определения высоты подщитового отверстия ($h_{ш}$).

Рейка № 1 в верхнем бьефе перед входом в сооружение (выше входа на 1,5 в) служит для определения напора в верхнем бьефе при полностью поднятых щитах. Эта рейка располагается или открыто у берега канала при достаточно спокойном течении воды или в специальном колодце.

При устройстве рейки непосредственно в русле канала она укрепляется в свае, как обычная постоная.

Рейка № 2 в нижнем бьефе, ниже лотка сооружения (на расстоянии однократной или двукратной ширины отверстия ниже выхода с лотка), необходима для определения напора в нижнем бьефе (H_n) при затопленном истечении без щита. Она, как и рейка № 1, устанавливается, в зависимости от характера течения в отводе, в районе слива струи с лотка, или открыто, или в колодце.

Рейки №№ 3 и 4 устанавливаются в наблюдательных колодцах; по ним определяются напоры в верхнем и нижнем бьефах при работе сооружения со щитом. Наблюдательные колодцы устраиваются за боковыми стенками сооружения с выводом соединительных трубок перед и за щитом на расстоянии от него на 10—12 см.

Нули на водомерных рейках располагаются на одном уровне с дном порога лотка сооружения.

Если сооружение работает в условиях свободного истечения воды как из под щита, так и без него, оно оборудуется только двумя рейками — №№ 1 и 3.

Свободное истечение воды при работе сооружения без щита происходит в тех случаях, когда напор в нижнем бьефе меньше 0,65 H_v , т. е. при $H_n : H_v \leq 0,65$. Затопленное истечение будет при $H_n : H_v > 0,65$. Истечение воды из под щита будет свободным, если струя, вытекающая из подщитового отверстия, не покрывает его, и затопленным — при уровне воды непосредственно за щитом, покрывающим (затопляющим) отверстие.

Для определения высоты щитового отверстия ($h_{ш}$) вдоль пазы щитового устройства необходимо укреплять размеченную рейку (вертикально) с таким расчетом, чтобы нуль на ней находился точно на уровне верхнего края щита, когда последний опущен до отказа. Такие рейки желательно ставить вдоль пазов справа и слева с тем, чтобы контролировать правильное положение щита (без перекоса). Вместо реек можно делать разметки непосредственно на щитовых стойках.

Как на водомерных, так и на щитовых рейках должны быть сантиметровые разметки, допускающие отсчет с точностью до 0,5 см.

Водомерный выпуск рекомендуется изготавливать преимущественно из местных материалов, обеспечивающих постоянство основных размеров сооружения. Широкое применение, например, может иметь кирпич на цементном растворе (примерную конструкцию из кирпича см. на рис. 14). При ширине отверстия до 0,5 м сооружение может выполняться из досок.

К числу правил, выполнение которых обязательно при осуществлении проекта, относятся:

1. Точное соблюдение основных размеров (b , L , B , l), не допуская отклонений более чем на 0,5 см.

2. Тщательная кладка и отделка поверхностей стенок (входа и лотка) с соблюдением отвесности и гладкости их. Для достижения гладкости стен при кирпичной кладке их следует оштукатурить или, в крайнем случае, затирать цементным раствором швы и другие неровности, а при деревянных водовыпусках — острагивать доски.

3. Строгое соблюдение горизонтальности дна лотка, а также гладкости его поверхности и дна входа с применением тех же мер, какие указаны в отношении стенок.

4. Щит может применяться деревянный с ручным или винтовым подъемником. Неправильные его формы и перекос в сооружении недопустимы.

5. Крепление нижнего бьефа производится по общим правилам.

6. Внутренние стенки и дно наблюдательных колодцев следует оштукатурить жирным цементным раствором для придания им водонепроницаемости.

Гидравлический расчет сооружения ведется по приведенным формулам или по специальным таблицам (см. приложения).

Табл. 10. Размеры водовыпуска.

Размеры		Размеры при высоте стенок (h):			
		60 см	80 см	100 см	120 см
Толщина стенок	(t_3)	25*	25	38**	38
	(t_4)	25	25	25	38
	(t_5)	20	26	33	40
Толщина закладки верхнего зуба (d_1)		45	55	65	75
То же нижнего зуба (d_2)		40	50	55	60
Длина крепления ($l_{кр}$)		300	400	500	600

* В один кирпич.

** В полтора кирпича.

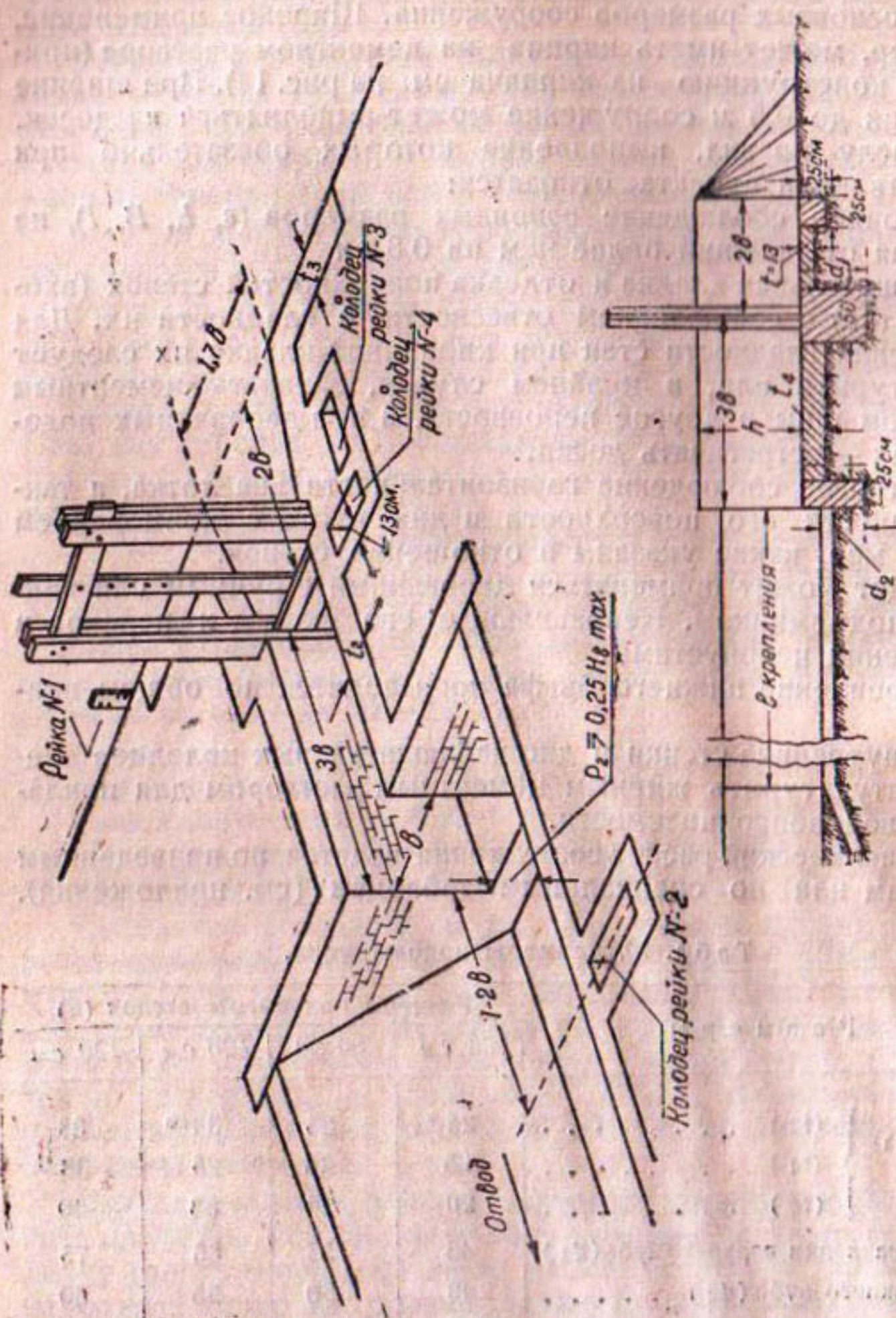


Рис. 14. Кирпичный водомерный выпуск.

Задачей расчета является или определение размера сооружения и отметки его порога, или же при заданном пороге — определение размера и проверка степени затопления (при затопленном истечении).

Расчет ведется применительно к истечению потока при полностью поднятых щитах на максимальный расход с последующей проверкой на учитываемый минимальный расход для определения характера истечения или степени затопления.

При свободном истечении воды может быть принят следующий порядок расчета:

1. *Определение отметки порога и размера сооружения (рис. 15).*
По заданному расходу воды (см. табл. 8 в приложениях) определяют для разной ширины отверстия (b) соответствующие напоры (H_b).

По найденному напору для наименьшей ширины отверстия определяют:

$$P_1 = h_{кан} - H_b$$

и отметку порога $a_{пор} = a_{кан} + P_1$.

По отметке $a_{пор}$ и $a_{отв}$ вычисляют $P_0 = a_{пор} - a_{отв}$ и $H_n = h_{отв} - P_0$.

Если отношение вычисленных таким образом $H_n : H_b$ меньше 0,65, задача может считаться решенной, в противном случае повторяют вычисления применительно к следующему размеру отверстия и напору соответственно заданному расходу и т. д. до получения удовлетворительного результата.

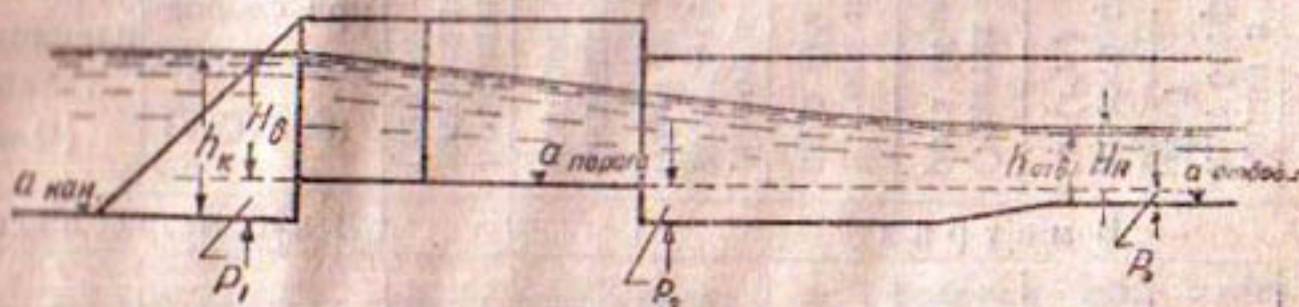


Рис. 15. Схема расчета открытого водомерного выпуска.

Проверка на пропуск меньших расходов воды ведется после решения задачи в отношении максимального расхода. При проверке определяется величина $H_n : H_b$, которая должна быть меньше 0,65.

За расчетную величину минимального расхода обычно принимают от четверти до восьмой части максимального расхода или же принимают некоторую минимальную величину напора, по которой по таблице определяют минимальный расход.

Если при малых расходах определится затопленное истечение воды, расчет ведут, как указано применительно к следующему большему размеру сооружения.

2. *Определение размера сооружения при заданной отметке порога.*

По табл. 8 (в приложениях) определяют наиболее подходящий размер сооружения (b) для пропуска максимального расхода воды, а затем ведут проверку применительно к минимальному расходу, как указано в первом случае. Вычисление ведут по приведенным выше уравнениям.

Порядок расчета при затопленном истечении.

1. Определение размера сооружения, отметки порога и степени затопления.

Заданы: максимальный расход воды, отметка дна канала, отметка дна отвода, глубина канала и глубина отвода.

Аналогичным способом, указанным применительно к свободному истечению определяют по заданному максимальному расходу при наименьшей ширине, отверстия (по табл. 8) соответствующие напор (H_v), высоту порога (P), $a_{пор}$, P_o и H_n ; по $H_n : H_v$ и по табл. 9 определяют коэффициент затопления (σ_n) и действительную пропускную способность, равную $Q_{зат} = Q_{св} \cdot \sigma_n$.

Вычисленный $Q_{зат}$ сравниваем с $Q_{зад}$; при расхождении их производят перерасчет, задавшись несколько меньшим P_1 (при той же ширине отверстия). Если уменьшение высоты порога (P_1) не дает результатов (P_1 можно уменьшить до получения $K = H_n : H_v$ не более 0,90 или не более другого заданного затопления), то тот же процесс вычисления повторяют применительно к другой ширине отверстия и т. д.

Вычисление рекомендуется сводить в таблицы (см. табл. 11).

Пример. $Q_{расч} = 0,40 \text{ м}^3/\text{сек}$, $h_{кан} = 0,90 \text{ м}$, $h_{отв} = 0,85 \text{ м}$, $a_{кан} = 8,50 \text{ м}$, $a_{отв} = 8,45 \text{ м}$.

Табл. 11. Расчет водовыпуска.

Ширина отверстия (a)	Напор в верхнем бьефе (H_v)	Высота порога (P_1)	Отметка порога ($a_{пор}$)	Высота перепада (P_o)	Напор в нижнем бьефе (H_n)	Отношение напоров (K)	Коэффициент затопления (σ_n)	Расход воды при свободном истечении ($Q_{св}$)	Расход воды при затопленном истечении ($Q_{зат}$)
В метрах								В куб. метрах в секунду	
0,5	0,635	0,265	8,765	0,315	0,535	0,845	0,842	0,400	0,337
.	0,660	0,240	8,740	0,290	0,560	0,830	0,833	0,423	0,353
.	0,680	0,220	8,720	0,270	0,580	0,853	0,829	0,443	0,268
.	0,700	0,200	8,700	0,250	0,600	0,858	0,820	0,464	0,980
.	0,720	0,180	8,680	0,230	0,620	0,860	0,815	0,485	0,395
.	0,730	0,170	8,670	0,220	0,630	0,853	0,810	0,495	0,401

2. Определение размера сооружения при заданной отметке порога.

Даны: $Q_{тах}$, $a_{кан}$, $a_{пор}$, $a_{отв}$, h_k , $h_{отв}$.

Решение. $P_1 = a_{пор} - a_{кан}$.

$P_o = a_{пор} - a_{отв}$.

$H_v = h_{кан} - P_1$.

$H_n = h_{отв} - P_o$.

$\frac{H_n}{H_v} = \frac{h_{отв} - P_o}{h_{кан} - P_1}$

(не должно быть меньше 0,90).

По табл. 7 (в приложениях) определяют расходы для разной ширины отверстия и умножают их на коэффициент затопления (по найденному K), полученные $Q_{зат}$ сопоставляют с заданным и назначают тот размер сооружения, который пропускает при найденных условиях расход, наиболее приближающийся к заданному.

Пример. $Q_{max} = 0,600$ м/сек, $a_{кан} = 8,50$ м, $a_{пор} = 8,60$ м, $a_{отв} = 8,45$ м, $h_k = 0,90$ м, $h_{отв} = 0,80$ м, $P_1 = 8,60 - 8,50 = 0,10$ м, $P_o = 8,60 - 8,45 = 0,15$ м, $H_s = 0,90 - 0,10 = 0,80$ м, $H_n = 0,80 - 0,15 = 0,65$ м.

$$K = \frac{0,65}{0,80} = 0,813.$$

По табл. 9 (в приложениях) $\sigma_n = 0,801$.

По табл. 8 (в приложениях) находим расходы применительно к различной ширине отверстия и при напоре, равном 0,8 м.

Умножая определенные величины расхода на коэффициент затопления, находим наиболее подходящий размер: $b = 0,6$ м.

Табл. 12. Вычисление расхода воды.

Ширина отверстия (в) в метрах	Расход воды при свободном истечении ($Q_{св}$)	Расход воды при затопленном истечении ($Q_{зат}$)
	Куб. метры в секунду	
0,50	0,573	0,510
0,60	0,677	0,603
0,70	0,781	0,695
0,80	0,884	0,787

3. Определение размера сооружения и отметки при заданных H_n ; $H_s = K$.

Даны: Q_{max} , $a_{кан}$, $a_{отв}$, h_k , $h_{отв}$, K .

Решение ведется путем подбора.

Первоначально определяют по табл. 9 согласно заданному отношению напоров (K) коэффициент затопления (σ_n). Затем находят значения $a_{пор}$ по формуле:

$$\frac{H_n}{H_s} = \frac{h_{отв} - P_o}{h_{кан} - P_1} = K,$$

или (что то же самое):

$$K = \frac{h_{отв} - (a_{пор} - a_{отв})}{h_{кан} - (a_{пор} - a_{кан})},$$

откуда:

$$a_{пор} = \frac{h_{отв} + a_{отв} - K(h_{кан} + a_{кан})}{1 - K}$$

Вычислив таким образом $a_{пор}$, $P_0 = (a_{пор} - a_{отв})$ и $P_1 = (a_{пор} - a_{кан})$, определяют $H_e = h_{кан} - P_1$.

По табл. 8 (в приложениях) подбирают наиболее подходящий размер сооружения, т. е. тот, при котором при найденной величине напора может пропустить расход $Q_{max} : \sigma_n$

Пример. Даны: $Q_{max} = 550 \text{ л/сек}$, $a_{кан} = 8,30 \text{ м}$, $a_{отв} = 8,30 \text{ м}$, $h_k = 0,96 \text{ м}$, $h_{отв} = 0,86 \text{ м}$, $K = 0,85$.

Решение:

$$\sigma_n = 0,833,$$

$$a_{пор} = \frac{0,86 + 8,30 - 0,85(0,96 + 8,80)}{0,15} = 8,60 \text{ м.}$$

$$P_1 = 8,60 - 8,30 = 0,30 \text{ м.}$$

$$P_0 = 8,60 - 8,30 = 0,30 \text{ м.}$$

$$H_e = 0,96 - 0,30 = 0,66 \text{ м.}$$

$$\frac{Q_{max}}{\sigma_n} = \frac{0,550}{0,833} = 0,66 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

При напоре, равном 0,66 м, по табл. 8 (в приложениях) находим, что наиболее подходящий размер сооружения будет при $b = 0,80 \text{ м}$.

Определять пропускаемый сооружением расход воды можно только при условии установившегося расхода, что контролируется постоянством уровня воды в бьефах. Поэтому прежде чем приступить к отсчету по рейкам, необходимо убедиться в том, что уровень воды не изменяется.

Обязательной является также проверка правильности работы наблюдательных колодцев и положения водомерных реек. Подводящие трубки должны быть чисты и свободно пропускать в колодцы воду. Рейки должны быть строго отвесны и нулевое деление всех реек находится на одном уровне с порогом. С целью контроля необходимо периодически проверять рейки с помощью нивелира и тотчас по обнаружении неисправности обеспечить необходимые исправления.

Перед отсчетами необходимо также убедиться в исправности щита и всего сооружения: щит должен сохранять вертикальное положение без поперечного перекоса; на дне входа и лотка не должно быть отложения наносов.

Устранение всех ненормальностей необходимо обеспечить до отсчетов.

Отсчеты по рейкам надо производить с особой тщательностью с точностью до 0,5 см. В случае затруднительного отсчета из-за колебания уровня воды около рейки следует определять максимальный и минимальный уровень и фиксировать среднюю величину.

Отсчеты и определение расхода производятся в следующем порядке:

1. Свободное истечение воды при полностью поднятых щитах. Отсчет определяется по рейке № 1, а расход — по табл. 8

(в приложениях), где против соответствующей величины напора (H_a) при данном размере сооружения (σ) указывается соответствующее значение расхода.

Регулирование расхода воды (пропуск заданного расхода) достигается путем регулирования уровня воды в канале. Необходимая величина напора (уровень у рейки № 1) для заданного расхода определяется также по табл. 8.

В графе, соответствующей размеру сооружения, находят заданный расход, а против него — соответствующий напор.

Изменение H_a достигается путем регулирования уровня канала с помощью нижележащего перегораживающего сооружения или головного сооружения канала.

2. *Затопленное истечение при полностью поднятых щитах.* H_a и H_n определяются соответственно по рейкам 1 и 2.

Расход определяется или с помощью таблицы, составленной применительно к каждому размеру сооружения при разных H_a и H_n , или по табл. 8 и вспомогательной табл. 9 (в приложениях).

В первом случае расход находим на пересечении графы соответствующих наблюдаемых напоров в верхнем и нижнем бьефах; во втором случае первоначально находим по табл. 8 расход по напору в верхнем бьефе, не учитывая напора в нижнем бьефе, затем определяем отношение H_n к H_a и на основе этого отношения по табл. 9 определяем поправку на затопление (σ_n), на которую умножаем найденный расход.

Пропуск заданного расхода воды производится постепенным изменением H_a (с подрегулировкой). Первоначально определяют пропускаемый сооружением расход (как указано выше) и в зависимости от того, превосходит он или не достигает заданного, несколько понижают или повышают уровень в верхнем бьефе. Спустя некоторое время, достаточное для установления постоянного режима (контролируется показаниями реек 1 и 2), делают отсчет и определяют по таблицам расход. Если он отличается от заданного более, чем на 5%, прибегают к подрегулировке H_a и т. д. до получения нужных результатов.

3. *Свободное истечение воды из-под щита.* Для установления расхода необходимо по рейке № 3 определить H_a и с помощью специальных реек или разметок (см. выше) — высоту подщитового отверстия ($h_{щ}$). Расход определяется по табл. 10 (в приложениях) на пересечении строчек против H_a и $h_{щ}$ (каждому размеру сооружения соответствует отдельная таблица).

Регулирование расхода ведется с помощью щита, для чего, определив H_a по рейке, находят в графе данного H_a искомый расход, а по расходу — соответствующий $h_{щ}$.

4. *Затопленное истечение воды из-под щита.* Определение расхода воды производится с помощью основной табл. 11,

составленной соответственно каждому размеру сооружений, и табл. 12 — общей для всех размеров.

Уровень воды определяется: напор в верхнем бьефе — по рейке № 3, в нижнем бьефе — по рейке № 4, высота подщитового отверстия — по специальной разметке (см. выше).

По наблюдаемым H_e и H_n определяют разность уровня в бьефах $Z = H_e - H_n$, а по Z и $h_{щ}$ по табл. 11 находят некоторый условный расход.

Затем в табл. 12 по H_e и $h_{щ}$ находят поправку, на которую умножают условный расход.

Регулирование расхода при затопленном истечении воды из-под щита производится путем постепенного изменения положения щита. Определив первоначально проходящий расход воды, увеличивают или уменьшают подщитовое отверстие, затем, выждав необходимое время для установления постоянного уровня на рейках, вновь определяют расход, причем, в случае необходимости, прибегают к соответствующей регулировке до получения заданного расхода (см. выше).

6. ВОДОМЕРНЫЙ ПЕРЕПАД.

Водомерный перепад не является, собственно, водомерным сооружением, а служит лишь для улучшения участка гидрометрического поста, оборудованного для учета воды с помощью вертушки. Подобный перепад устраивается на тех постах, где, вследствие изменчивости русла под влиянием движения и осадения наносов, не представляется возможным получить устойчивую зависимость между расходами и горизонтами. Особенно они применимы в каналах с движущимися донными наносами, которые, то откладываясь ниже поста, то смываясь потоком, создают переменный подпор, затрудняющий учет воды по кривой расхода.

Перепад на участке поста образуется в результате устройства порога на дне канала в виде невысокой — с горизонтальной верхней кромкой — стенки, заделываемой в грунт дна и берегов русла. В простейшем своем виде такая стенка представляет собой доску или сколоченный щит, устанавливаемый вертикально поперек канала (см. рис. 16).

После установки щита (для чего предварительно откапывается узкая канавка, забиваемая потом мятой глиной) дно канала, выше щита, поднимается вровень с верхним краем щита с обратным уклоном не более 0,1 (рис. 17).

Для щита могут применяться как обрезные доски, так и горбыли. При значительной ширине дна русла, во избежание прогиба щита, его следует подпирать снизу при помощи прочно забитых в дно кольев с таким расчетом, чтобы между кольями и между откосом берега и ближайшим колом расстояние было не больше 1 м.

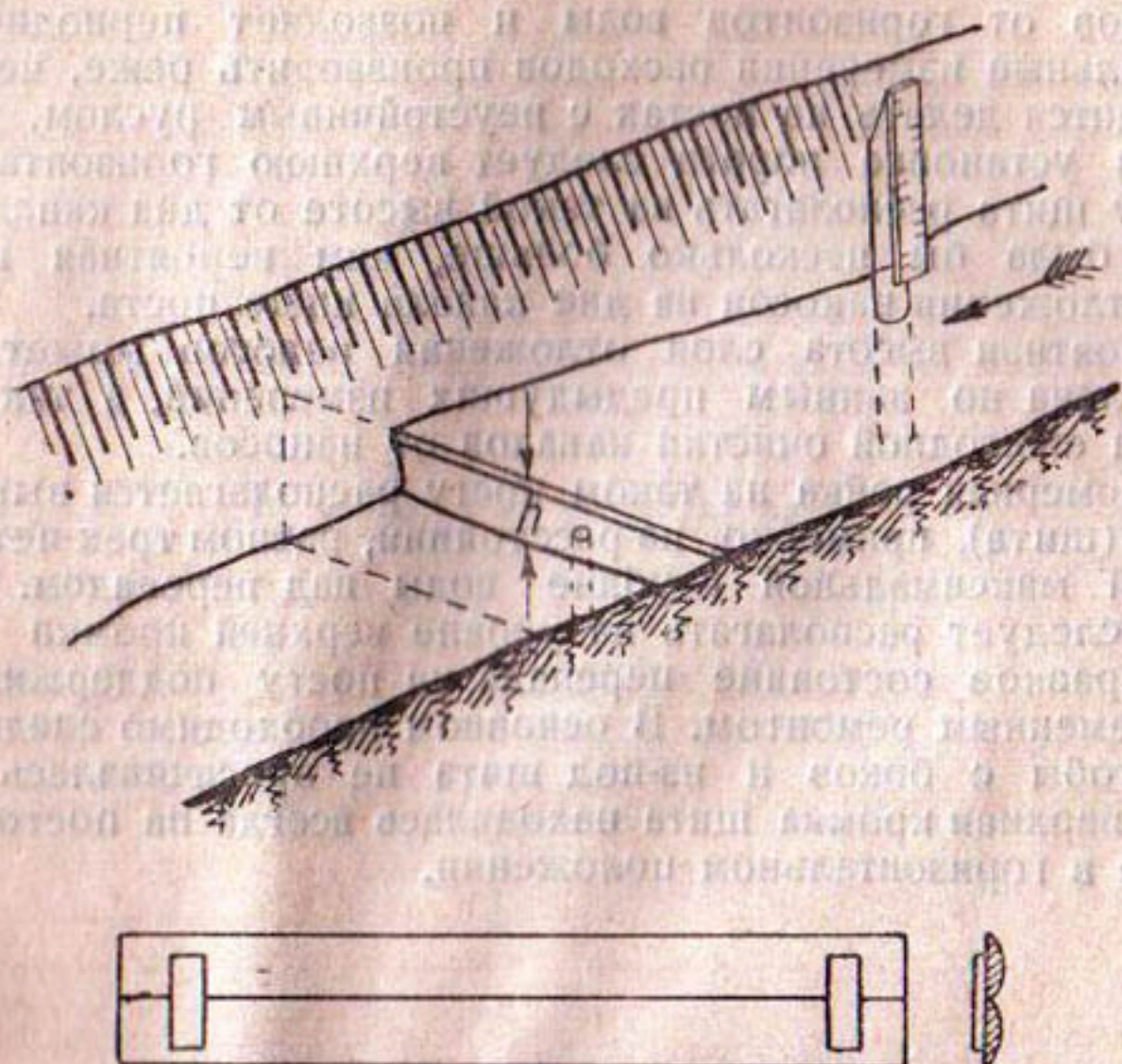


Рис. 16. Схема устройства водомерного порога в канале.

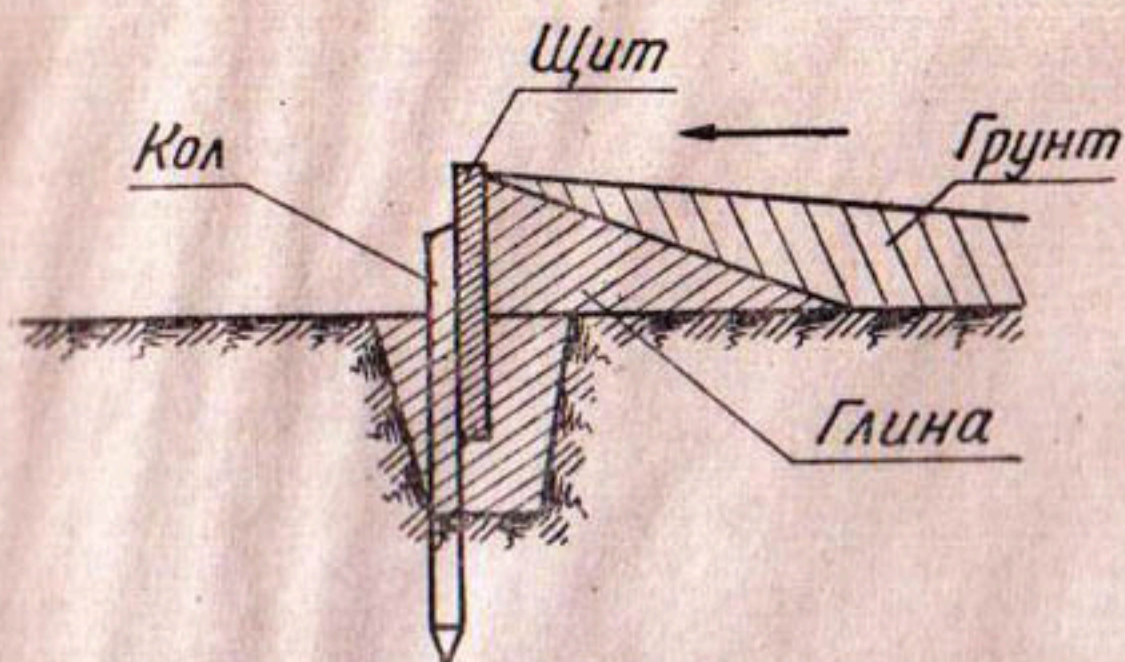


Рис. 17. Схема заделки водомерного порога в канале.

На таком улучшенном посту работа проводится, как принято на обычных постах с гидрометрическими створами. Перепад обеспечивает бóльшую устойчивость зависимости расходов от горизонтов воды и позволяет периодические контрольные измерения расходов производить реже, чем это приходится делать на постах с неустойчивым руслом.

При установке порога следует верхнюю горизонтальную кромку щита располагать на такой высоте от дна канала, которая была бы несколько больше, чем вероятная высота слоя отложения наносов на дне канала ниже поста.

Вероятная высота слоя отложения наносов может быть определена по данным предыдущих измерений, а также по данным ежегодной очистки каналов от наносов.

Водомерная рейка на таком посту располагается выше перепада (щита), примерно, на расстоянии, равном трех-четырехкратной максимальной глубине воды над перепадом. Нуль рейки следует располагать на уровне верхней кромки щита.

Исправное состояние перепада на посту поддерживается своевременным ремонтом. В основном необходимо следить за тем, чтобы с боков и из-под щита не просачивалась вода, чтобы верхняя кромка щита находилась всегда на постоянном уровне в горизонтальном положении.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦАМ.

К табл. 2.

Расходная формула:

$$Q = 3,3 d^3 \sqrt{Z} \text{ м}^3/\text{сек} \text{ (} d \text{ и } Z \text{ — в метрах).}$$

К табл. 3.

Расходная формула:

$$Q = 4,1 a^3 \sqrt{Z} \text{ м}^3/\text{сек} \text{ (} a \text{ и } Z \text{ — в метрах).}$$

К табл. 4.

Расходная формула:

$$Q = 4,1 ab \sqrt{Z} \text{ м}^3/\text{сек} \text{ (} a, b \text{ и } Z \text{ — в метрах).}$$

К табл. 9.

$$\sigma_n = K \frac{\sqrt{1-K}}{0,395} \text{ при } K = \frac{H_n}{H_e}$$

Поправка вводится при

$$\frac{H_n}{H_e} > 0,65.$$

К табл. 10.

1. Формула расходов:

$$Q = \left[1,2 \left(\frac{h_{ш}}{H_e} \right)^2 \left(\frac{h_{ш}}{H_e} - 0,25 \right) + 0,6351 \right] b h_{ш} \sqrt{2g} \sqrt{h_e - h_{ш}}$$

2. h_e определяется по уровню воды перед щитом на расстоянии 10—12 см.

3. Допустимые пределы изменения $h_{ш} : H_e$ от 0,10 до 0,75.

4. Таблицы расходов для других размеров ширины отверстия (e) составляются путем умножения расходов, данных в этой таблице, на отношение $e : 0,5$.

5. Для практического учета следует значения $h_{ш}$ и H_e приводить через каждый сантиметр.

К табл. 11.

1. Таблица составлена по формуле:

$$Q = v h_{ш} \sqrt{2g} \sqrt{Z}.$$

2. Определенный по этой таблице условный расход умножается на величину поправки, определяемой по табл. 10 (в приложениях) по значениям h_v и $h_{ш}$.

3. Таблица условных расходов для других размеров ширины отверстия (v) составляется путем умножения расходов данной таблицы на отношение $v : 0,5$.

В целях практического учета таблицу следует составлять для значений $h_{ш}$ и Z через каждый сантиметр.

К табл. 12.

1. Таблица составлена по формуле:

$$m = 0,62 + 0,375 \frac{h_{ш}}{H_v} \left(\frac{h_{ш}}{h_v} - 0,48 \right).$$

2. Таблица применима для разных размеров сооружения.

3. Расход определяется умножением $Q_{усл}$ по табл. 11 на поправку m по табл. 12.

4. H_v определяется по уровню воды перед щитом на расстоянии 10—12 см.

5. Точность учета воды по табл. 11, 12 допускает ошибки в среднем до $\pm 4\%$.

Табл. 1. Определение расходов воды (литры в секунду) по трапециодальному водосливу.

Напор (H) (в сантиметрах)	Расход воды при длине порога (в сантиметрах):			Напор (H) (в сантиметрах)	Расход воды при длине порога (в сантиметрах):			Напор (H) (в сантиметрах)	Расход воды при длине порога (в сантиметрах):		
	50	75	100		50	75	100		50	75	100
6,0	11	—	—	14,2	51	76	102	23,2	—	159	212
6,2	11	—	—	14,4	52	78	104	23,4	—	161	215
6,4	12	—	—	14,6	53	79	106	23,6	—	163	218
6,6	13	—	—	14,8	54	81	108	23,8	—	165	221
6,8	13	—	—	15,0	55	83	110	24,0	—	167	223
6,0	14	—	—	15,2	56	85	113	24,2	—	170	226
6,2	15	—	—	15,4	57	86	115	24,4	—	172	229
6,4	15	—	—	15,6	59	88	117	24,6	—	174	232
6,6	16	—	—	15,8	60	89	119	24,8	—	176	235
6,8	17	—	—	16,0	61	91	122	25,0	—	178	238
7,0	18	26	—	16,2	62	93	124	25,2	—	—	240
7,2	18	28	—	16,4	63	95	126	25,4	—	—	243
7,4	19	29	—	16,6	64	96	128	25,6	—	—	246
7,6	20	30	—	16,8	65	98	131	25,8	—	—	249
7,8	21	31	—	17,0	67	100	133	26,0	—	—	252
8,0	22	32	—	17,2	68	102	136	26,2	—	—	255
8,2	22	33	—	17,4	69	103	138	26,4	—	—	258
8,4	23	35	—	17,6	70	105	140	26,6	—	—	261
8,6	24	36	—	17,8	71	107	143	26,8	—	—	264
8,8	25	37	—	18,0	—	109	145	27,0	—	—	267
9,0	26	38	—	18,2	—	111	148	27,2	—	—	270
9,2	26	40	—	18,4	—	112	150	27,4	—	—	273
9,4	27	41	—	18,6	—	114	152	27,6	—	—	276
9,6	28	42	—	18,8	—	116	155	27,8	—	—	279
9,8	29	44	—	19,0	—	118	57	28,0	—	—	282
10,0	30	45	—	19,2	—	120	160	28,2	—	—	285
10,2	31	46	—	19,4	—	122	162	28,4	—	—	288
10,4	32	48	—	19,6	—	124	165	28,6	—	—	291
10,6	33	49	—	19,8	—	126	167	28,8	—	—	294
10,8	34	50	—	20,0	—	127	170	29,0	—	—	297
11,0	35	52	—	20,2	—	129	172	29,2	—	—	300
11,2	36	53	—	20,4	—	131	175	29,4	—	—	303
11,4	37	55	—	20,6	—	133	178	29,6	—	—	306
11,6	38	56	—	20,8	—	135	180	29,8	—	—	309
11,8	39	58	—	21,0	—	137	183	30,0	—	—	312
12,0	40	59	—	21,2	—	139	185	30,2	—	—	315
12,2	40	61	—	21,4	—	141	188	30,4	—	—	318
12,4	41	62	—	21,6	—	143	191	30,6	—	—	321
12,6	42	64	—	21,8	—	145	193	30,8	—	—	325
12,8	43	65	—	22,0	—	147	196	31,0	—	—	328
13,0	44	67	89	22,2	—	249	199	31,2	—	—	331
13,2	46	68	91	22,4	—	151	201	31,4	—	—	334
13,4	47	70	93	22,6	—	153	204	31,6	—	—	337
13,6	48	71	95	22,8	—	155	207	31,8	—	—	341
13,8	49	73	97	23,0	—	157	210	32,0	—	—	344
14,0	50	74	99								

Табл. 2. Расход воды (литры в секунду) при насадках круглого сечения.

Разность напоров Z (в миллиметрах)	Диаметр (в сантиметрах)					
	10	15	20	25	30	35
40	6,6	15,0	26	41	59	81
50	7,4	16,5	30	46	66	91
60	8,1	18,0	32	51	73	99
70	8,7	19,5	35	55	79	107
80	9,3	21,0	37	58	84	115
90	10,0	22,5	40	62	89	122
100	10,5	23,5	42	65	94	128
110	11,0	24,5	44	68	98	134
120	11,5	25,5	46	71	103	140
130	12,0	27,0	48	74	107	146
140	12,5	28,0	49	77	111	152
150	13,0	29,0	51	80	115	157
160	13,0	30,0	53	82	119	162
170	13,5	31,0	54	85	122	169
180	14,0	32,0	56	88	126	172
190	14,5	32,0	58	90	130	176
200	15,0	33,0	59	92	132	181
210	15,0	34,0	60	95	136	186
220	15,5	35,0	62	97	139	190
230	16,0	36,0	63	99	142	194
240	16,0	36,0	65	101	146	198
250	16,5	37,0	66	103	148	202
260	17,0	38,0	67	105	151	206
270	17,0	39,0	68	107	154	210
280	17,5	39,0	70	109	157	213
290	18,0	40,0	71	111	160	218
300	18,0	41,0	72	113	162	221

Табл 3. Расход воды (литры в секунду) при насадках квадратного сечения.

Разность напоров Z (в миллиметрах)	Высота отверстия (в сантиметрах)						
	10	15	20	25	30	35	40
40	8,2	18,5	33	51	74	100	131
50	9,2	20,5	37	57	83	112	146
60	10,0	22,5	40	63	90	123	160
70	11,0	24,5	43	68	97	133	174
80	11,5	26,0	46	73	104	142	186
90	12,5	27,5	49	77	111	151	197
100	13,0	29,0	52	81	117	150	208
110	13,5	30,5	54	85	122	156	218
120	14,0	32,0	57	89	128	174	227
130	15,0	33,0	59	92	133	181	236
140	15,5	34,0	61	96	138	188	245
150	16,0	35,0	64	99	143	194	254
160	16,5	37,0	66	102	148	201	262
170	17,0	38,0	68	106	152	207	270
180	17,5	39,0	70	108	156	213	278
190	18,0	40,0	72	112	161	219	286
200	18,5	41,0	73	114	164	225	293
210	19,0	42,0	75	118	169	230	300
220	19,5	43,0	77	120	173	236	307
230	19,5	44,0	79	123	177	241	314
240	20,0	45,0	80	126	181	246	321
250	20,5	46,0	82	128	184	251	328
260	21,0	47,5	84	130	188	256	334
270	21,5	48,0	85	134	192	261	340
280	21,5	49,0	87	136	196	266	347
290	22,0	50,0	88	138	199	271	353
300	22,5	51,0	90	140	202	275	350

Табл. 4. Расход воды (литры в секунду) при насадках прямоугольного сечения.

Разность напоров (Z) (в миллиметрах)	Ширина и высота отверстия (в сантиметрах)					
	10×20	15×30	20×40	25×50	30×60	35×70
40	16,5	37	66	102	118	201
50	18,5	42	73	115	165	225
60	20,0	45	80	126	181	246
70	21,5	49	87	135	195	266
80	23,0	52	93	145	209	285
90	24,5	55	98	154	222	302
100	26,0	58	104	162	234	318
110	27,0	61	109	170	245	334
120	28,5	64	114	178	256	348
130	29,5	66	118	185	267	362
140	31,0	69	123	192	277	376
150	32,0	71	127	198	287	389
160	33,0	74	131	205	296	402
170	34,0	76	135	211	305	414
180	35,0	78	139	217	313	426
190	36,0	80	143	223	322	438
200	37,0	82	147	229	331	450
210	38,0	84	150	235	339	461
220	38,0	86	154	241	347	471
230	39,0	88	158	246	355	482
240	40,0	90	161	251	363	492
250	41,0	92	164	256	370	502
260	42,0	94	168	261	377	512
270	43,0	96	170	266	384	522
280	43,0	98	174	271	391	531
290	44,0	99	177	276	398	541
300	45,0	101	180	281	405	550

Табл. 5. Определение расходов воды (литры в секунду)
по водомерному лотку.

Напор (H) в сантиметрах	Ширина лотка (в сантиметрах)								
	20	25	30	40	50	60	70	75	80
5	4,3	5,4	6,5	8,6	10,8	13,0	15,1	16,2	17,3
6	5,5	6,8	8,2	10,9	13,6	16,4	19,1	20,4	21,8
7	6,9	8,7	10,4	13,9	17,4	20,8	24,3	26,0	27,8
8	8,6	10,7	12,9	17,2	21,4	25,7	30,0	32,1	34,2
9	10,3	12,9	15,5	20,6	25,8	30,9	36,0	38,6	41,2
10	12,1	15,1	18,2	24,2	30,2	36,3	42,3	45,4	48,4
11	14,3	17,8	21,4	28,5	35,7	42,8	49,9	53,5	57,0
12	16,1	20,1	24,2	32,2	40,2	48,3	56,0	60,0	64,0
13	18,2	22,8	27,3	36,4	45,5	55,0	64,0	68,0	73,0
14	20,4	25,5	30,6	40,7	51,0	61,0	71,0	76,0	81,0
15	22,8	28,5	34,2	45,5	57,0	68,0	80,0	85,0	91,0
16	25,4	31,7	38,0	51,0	63,0	76,0	88,0	95,0	101,0
17	27,8	34,7	41,6	56,0	69,0	83,0	97,0	104,0	111,0
18	30,4	38,0	45,5	61,0	76,0	91,0	106,0	114,0	122,0
19	33,0	41,2	49,4	66,0	82,0	99,0	115,0	124,0	132,0
20	35,8	44,7	54,0	72,0	89,0	107,0	125,0	134,0	143,0
21	38,6	48,1	58,0	77,0	96,0	116,0	135,0	145,0	154,0
22	41,4	52,0	62,0	83,0	103,0	124,0	145,0	155,0	165,0
23	44,4	55,0	66,0	89,0	111,0	133,0	155,0	166,0	177,0
24	47,8	60,0	72,0	95,0	120,0	143,0	167,0	179,0	191,0
25	51,0	63,0	76,0	102,0	127,0	153,0	178,0	190,0	203,0
26	—	67,0	81,0	108,0	135,0	162,0	189,0	202,0	216,0
27	—	71,0	85,0	114,0	143,0	171,0	200,0	214,0	228,0
28	—	75,0	90,0	120,0	151,0	181,0	210,0	226,0	241,0
29	—	79,0	95,0	127,0	159,0	191,0	223,0	238,0	254,0
30	—	84,0	100,0	134,0	163,0	201,0	234,0	251,0	268,0
31	—	—	106,0	142,0	177,0	212,0	248,0	266,0	283,0
32	—	—	111,0	149,0	186,0	223,0	260,0	278,0	297,0
33	—	—	117,0	156,0	195,0	234,0	273,0	293,0	312,0
34	—	—	122,0	163,0	204,0	244,0	285,0	305,0	326,0
35	—	—	128,0	170,0	213,0	256,0	298,0	319,0	341,0
36	—	—	134,0	178,0	223,0	268,0	312,0	334,0	356,0
37	—	—	140,0	187,0	233,0	280,0	326,0	350,0	373,0
38	—	—	146,0	194,0	243,0	291,0	340,0	364,0	388,0
39	—	—	152,0	202,0	253,0	303,0	354,0	379,0	404,0
40	—	—	157,0	210,0	262,0	314,0	366,0	393,0	419,0
41	—	—	—	218,0	272,0	327,0	381,0	409,0	436,0
42	—	—	—	226,0	282,0	339,0	396,0	424,0	452,0
43	—	—	—	234,0	293,0	351,0	410,0	439,0	468,0

Напор (H) в сантиметрах	Ширина лотка (в сантиметрах)								
	20	25	30	40	50	60	70	75	80
44	—	—	—	243,0	304,0	364,0	425,0	455,0	485,0
45	—	—	—	252,0	314,0	377,0	440,0	471,0	502,0
46	—	—	—	261,0	326,0	391,0	456,0	489,0	521,0
47	—	—	—	269,0	337,0	403,0	471,0	505,0	538,0
48	—	—	—	279,0	348,0	418,0	488,0	522,0	557,0
49	—	—	—	287,0	359,0	431,0	502,0	538,0	575,0
50	—	—	—	296,0	370,0	444,0	518,0	555,0	592,0
51	—	—	—	—	381,0	457,0	533,0	571,0	609,0
52	—	—	—	—	392,0	470,0	549,0	588,0	627,0
53	—	—	—	—	404,0	485,0	566,0	606,0	646,0
54	—	—	—	—	616,0	500,0	583,0	625,0	666,0
55	—	—	—	—	429,0	515,0	600,0	643,0	685,0
56	—	—	—	—	440,0	528,0	616,0	660,0	701,0
57	—	—	—	—	452,0	543,0	633,0	678,0	724,0
58	—	—	—	—	464,0	558,0	650,0	696,0	744,0
59	—	—	—	—	477,0	573,0	668,0	715,0	764,0
60	—	—	—	—	490,0	589,0	687,0	736,0	785,0
61	—	—	—	—	503,0	604,0	705,0	754,0	805,0
62	—	—	—	—	516,0	619,0	723,0	773,0	825,0
63	—	—	—	—	529,0	634,0	741,0	793,0	845,0
64	—	—	—	—	542,0	649,0	759,0	808,0	866,0
65	—	—	—	—	555,0	665,0	777,0	832,0	887,0
66	—	—	—	—	—	681,0	795,0	852,0	908,0
67	—	—	—	—	—	697,0	813,0	872,0	929,0
68	—	—	—	—	—	713,0	832,0	892,0	950,0
69	—	—	—	—	—	729,0	851,0	912,0	971,0
70	—	—	—	—	—	745,0	870,0	932,0	993,0
71	—	—	—	—	—	761,0	889,0	952,0	1014,0
72	—	—	—	—	—	777,0	908,0	972,0	1035,0
73	—	—	—	—	—	794,0	927,0	992,0	1058,0
74	—	—	—	—	—	811,0	946,0	1012,0	1080,0
75	—	—	—	—	—	828,0	965,0	1032,0	1102,0
76	—	—	—	—	—	845,0	981,0	1054,0	1124,0
77	—	—	—	—	—	863,0	1004,0	1074,0	1147,0
78	—	—	—	—	—	880,0	1024,0	1065,0	1170,0
79	—	—	—	—	—	898,0	1044,0	1117,0	1193,0
80	—	—	—	—	—	916,0	1054,0	1139,0	1217,0

Табл. 6. Коэффициенты затопления.

$H_k : H_0$	σ_n	$H_k : H_0$	σ_n	$H_k : H_0$	σ_n	$H_k : H_0$	σ_n
0,01	1,00	0,26	0,97	0,51	0,92	0,76	0,80
0,02	1,00	0,27	0,97	0,52	0,92	0,77	0,79
0,03	1,00	0,28	0,97	0,53	0,92	0,78	0,78
0,04	1,00	0,29	0,97	0,54	0,91	0,79	0,77
0,05	1,00	0,30	0,97	0,55	0,91	0,80	0,76
0,06	0,99	0,31	0,97	0,56	0,91	0,81	0,75
0,07	0,99	0,32	0,96	0,57	0,90	0,82	0,73
0,08	0,99	0,33	0,96	0,58	0,90	0,83	0,72
0,09	0,99	0,34	0,96	0,59	0,90	0,84	0,71
0,10	0,99	0,35	0,96	0,60	0,89	0,85	0,69
0,11	0,99	0,36	0,96	0,61	0,89	0,86	0,67
0,12	0,99	0,37	0,96	0,62	0,88	0,87	0,65
0,13	0,99	0,38	0,95	0,63	0,88	0,88	0,63
0,14	0,99	0,39	0,95	0,64	0,88	0,89	0,61
0,15	0,99	0,40	0,95	0,65	0,87	0,90	0,58
0,16	0,99	0,41	0,95	0,66	0,87	0,91	0,56
0,17	0,99	0,42	0,94	0,67	0,86	0,92	0,52
0,18	0,98	0,43	0,94	0,68	0,86	0,93	0,49
0,19	0,98	0,44	0,94	0,69	0,85	0,94	0,45
0,20	0,98	0,45	0,94	0,70	0,84	0,95	0,40
0,21	0,98	0,46	0,94	0,71	0,84	—	—
0,22	0,98	0,47	0,93	0,72	0,83	—	—
0,23	0,98	0,48	0,93	0,73	0,83	—	—
0,24	0,98	0,49	0,93	0,74	0,82	—	—
0,25	0,98	0,50	0,93	0,75	0,81	—	—

Табл. 7. Расходы воды (литры в секунду) по трубчатому водомерному выпуску.

Разность (h) уровня воды в колодцах (в сантиметрах)	Выходное сечение насадка (в сантиметрах)						
	10×20	12×24	14×28	15×30	16×32	18×36	20×40
3	17	24	33	38	49	51	67
4	19	28	33	44	49	63	77
5	22	31	42	49	55	70	86
6	24	34	46	53	61	77	65
7	26	37	50	57	65	83	102
8	27	39	54	62	70	89	109
9	29	42	57	65	74	94	116
10	31	44	60	69	78	99	122
11	32	46	63	72	82	101	128
12	34	48	66	75	86	108	134
13	35	50	68	78	89	113	140
14	36	52	71	81	92	117	145
15	38	54	73	84	96	121	150
16	39	56	76	87	99	125	155
17	40	57	78	90	102	129	159
18	41	59	80	92	105	133	164
19	42	61	83	95	108	136	169
20	43	62	85	97	111	140	173
21	44	64	87	100	113	144	177
22	45	65	89	102	116	147	182
23	46	67	91	104	119	150	186
24	47	68	93	107	121	153	190
25	48	70	95	109	124	156	193
26	49	71	96	111	126	160	197
27	50	72	98	113	129	163	201
28	51	74	100	115	131	166	205
29	52	75	102	117	133	169	208
30	53	76	104	119	135	172	212
31	54	77	105	121	138	174	215
32	55	79	107	123	140	177	218
33	56	80	109	125	142	180	222
34	57	81	110	126	144	182	226
35	57	82	112	129	146	185	229

Табл. 8. Свободное истечение воды через порог.

Напор (в сантиметрах)	Расход воды (литры в секунду) при ширине отверстия (в сантиметрах):					Напор (в сантиметрах)	Расход воды (литры в секунду) при ширине отверстия (в сантиметрах):				
	40	50	60	70	80		40	50	60	70	80
6	—	—	—	—	—	66	344,0	423,0	511,0	579,0	657,0
7	—	—	—	—	—	67	353,0	433,0	523,0	592,0	672,0
8	11,6	—	—	—	—	68	361,0	443,0	525,0	606,0	688,0
9	14,2	—	—	—	—	69	370,0	453,0	537,0	620,0	703,0
10	16,9	20,3	—	—	—	70	378,0	464,0	549,0	633,0	719,0
11	20,0	23,8	—	—	—	71	—	474,0	562,0	647,0	735,0
12	23,2	27,6	30,8	—	—	72	—	485,0	574,0	661,0	751,0
13	26,6	31,6	36,5	—	—	73	—	495,0	586,0	675,0	767,0
14	30,3	36,0	41,4	47,0	—	74	—	506,0	599,0	689,0	783,0
15	34,3	40,5	46,5	52,7	—	75	—	517,0	612,0	704,0	800,0
16	38,4	45,3	52,1	59,0	66,0	76	—	528,0	624,0	719,0	817,0
17	42,0	50,4	57,8	65,0	73,0	77	—	539,0	637,0	734,0	834,0
18	45,7	55,7	63,9	72,0	80,0	78	—	550,0	650,0	749,0	851,0
19	49,6	61,3	70,1	79,0	87,0	79	—	562,0	663,0	765,0	868,0
20	53,7	67,0	76,6	86,0	95,0	80	—	573,0	677,0	781,0	884,0
21	58,0	72,0	83,0	94,0	104,0	81	—	585,0	690,0	797,0	901,0
22	62,0	77,0	91,0	102,0	113,0	82	—	596,0	703,0	812,0	918,0
23	67,0	83,0	98,0	110,0	122,0	83	—	607,0	717,0	828,0	936,0
24	71,0	88,0	106,0	119,0	131,0	84	—	619,0	731,0	843,0	954,0
25	76,0	94,0	112,0	127,0	141,0	85	—	631,0	745,0	858,0	973,0
26	80,0	100,0	119,0	137,0	151,0	86	—	—	759,0	874,0	991,0
27	85,0	106,0	126,0	146,0	161,0	87	—	—	773,0	890,0	1010,0
28	90,0	112,0	133,0	155,0	172,0	88	—	—	787,0	906,0	1029,0
29	95,0	118,0	141,0	164,0	183,0	89	—	—	801,0	922,0	1048,0
30	100,0	124,0	148,0	172,0	194,0	90	—	—	815,0	938,0	1067,0
31	105,0	131,0	156,0	181,0	206,0	91	—	—	829,0	955,0	1086,0
32	110,0	138,0	164,0	190,0	217,0	92	—	—	844,0	972,0	1105,0
33	116,0	145,0	172,0	199,0	227,0	93	—	—	859,0	990,5	1124,0
34	122,0	151,0	180,0	209,0	238,0	94	—	—	873,0	1008,0	1143,0
35	127,0	158,0	188,0	218,0	248,0	95	—	—	888,0	1025,0	1162,0

Напор (в сан- тиметрах)	Расход воды (литры в секунду) при ширине отверстия (в сантиметрах):					Напор (в сан- тиметрах)	Расход воды (литры в секунду) при ширине отверстия (в сантиметрах):				
	40	50	60	70	80		40	50	60	70	80
26	133,0	165,0	196,0	227,0	259,0	96	—	—	903,0	1042,0	1181,0
37	139,0	172,0	204,0	237,5	270,0	97	—	—	918,0	1060,0	1200,0
38	145,0	179,0	213,0	247,0	281,0	98	—	—	933,0	1078,0	1219,0
39	151,0	187,0	222,0	257,0	292,0	99	—	—	948,0	1095,0	1238,0
40	157,0	194,0	230,0	267,0	303,0	100	—	—	963,0	1113,0	1258,0
41	163,0	201,0	239,0	278,0	315,0	101	—	—	—	1130,0	1277,0
42	169,0	209,0	249,0	288,0	320,0	102	—	—	—	1147,0	1296,0
43	175,0	216,0	258,0	298,0	340,0	103	—	—	—	1164,0	1316,0
44	182,0	224,0	267,0	309,0	352,0	104	—	—	—	1182,0	1336,0
45	188,0	232,0	276,0	320,0	364,0	105	—	—	—	1200,0	1356,0
46	195,0	240,0	286,0	331,0	376,0	106	—	—	—	1218,0	1377,0
47	202,0	249,0	295,0	342,0	389,0	107	—	—	—	1237,0	1397,0
48	208,0	257,0	305,0	353,0	402,0	108	—	—	—	1255,0	1418,0
49	215,0	266,0	315,0	364,0	415,0	109	—	—	—	1273,0	1438,0
50	222,0	274,0	325,0	376,0	428,0	110	—	—	—	1291,0	1459,0
51	229,0	282,0	335,0	388,0	441,0	111	—	—	—	1310,0	1479,0
52	236,0	291,0	345,0	400,0	454,0	112	—	—	—	1329,0	1500,0
53	243,0	300,0	356,0	412,0	467,0	113	—	—	—	1348,0	1521,0
54	250,0	309,0	366,0	424,0	480,0	114	—	—	—	1368,0	1542,0
55	258,0	318,0	377,0	437,0	494,0	115	—	—	—	1388,0	1563,0
56	266,0	327,0	388,0	449,0	508,0	116	—	—	—	—	1585,0
57	273,0	336,0	398,0	461,0	522,0	117	—	—	—	—	1607,0
58	280,0	345,0	409,0	474,0	537,0	118	—	—	—	—	1628,0
59	288,0	355,0	420,0	487,0	552,0	119	—	—	—	—	1650,0
60	296,0	364,0	431,0	500,0	567,0	120	—	—	—	—	1672,0
61	304,0	373,0	442,0	513,0	582,0	121	—	—	—	—	1695,0
62	312,0	383,0	454,0	526,0	597,0	122	—	—	—	—	1717,0
63	320,0	393,0	466,0	539,0	612,0	123	—	—	—	—	1740,0
64	328,0	403,0	477,0	552,0	627,0	124	—	—	—	—	1763,0
65	336,0	413,0	489,0	566,0	642,0	125	—	—	—	—	1786,0

Т а б л. 9. Коэффициенты затопления (σ_n) при истечении воды через порог.

$H_n : H_e$	σ_n	$H_n : H_e$	σ_n	$H_n : H_e$	σ_n
0,660	0,995	0,855	0,824	0,926	0,635
0,670	0,990	0,860	0,815	0,927	0,633
0,680	0,985	0,865	0,805	0,928	0,630
0,690	0,980	0,870	0,794	0,929	0,626
0,700	0,975	0,875	0,783	0,930	0,622
0,710	0,970	0,880	0,772	0,931	0,619
0,720	0,965	0,885	0,760	0,932	0,615
0,730	0,960	0,890	0,747	0,933	0,611
0,740	0,955	0,895	0,735	0,934	0,607
0,750	0,950	0,900	0,720	0,935	0,603
0,760	0,943	0,902	0,715	0,936	0,599
0,770	0,935	0,904	0,710	0,937	0,595
0,780	0,926	0,906	0,708	0,938	0,591
0,790	0,916	0,908	0,697	0,939	0,587
0,800	0,905	0,910	0,691	0,940	0,583
0,805	0,900	0,912	0,685	0,941	0,579
0,810	0,895	0,914	0,678	0,942	0,574
0,815	0,887	0,916	0,672	0,943	0,570
0,820	0,880	0,918	0,665	0,944	0,565
0,825	0,873	0,920	0,659	0,945	0,560
0,830	0,865	0,921	0,655	0,946	0,556
0,835	0,858	0,922	0,651	0,947	0,551
0,840	0,850	0,923	0,648	0,948	0,547
0,845	0,842	0,924	0,644	0,949	0,542
0,850	0,833	0,925	0,640	0,950	0,537

Табл. 10. Свободное истечение воды из-под щита при ширине отве

[illegible]

ИТОМ (в сантиметрах):

[illegible]

Т а б л. 11. Затопленное истечение воды из-под щита (условные расходы)

Высота отверстия (в санти- метрах)	Условный расход воды (литры в секунду) при следующей разности напора в верхнем и нижнем																						
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
6	26,6	32,5	37,6	42,0	46,0	49,7	53,1	56,8	59,3	62,3	65,0	67,7	70,2	72,7	75,0	77,5	79,7	81,8	83,8	86,0	88,0	90,0	92,0
8	35,4	43,4	50,0	56,0	61,3	66,1	70,8	75,0	79,1	83,0	87,0	90,0	93,5	97,0	100,0	103,0	106,0	109,0	112,0	115,0	118,0	120,0	123,0
10	44,3	54,3	62,6	70,0	76,6	82,8	88,5	94,0	99,0	104,0	109,0	113,0	117,0	121,0	125,0	129,0	133,0	137,0	140,0	144,0	147,0	151,0	154,0
12	53,1	65,0	75,0	84,0	92,0	99,0	106,0	113,0	119,0	125,0	130,0	136,0	141,0	146,0	150,0	155,0	160,0	164,0	168,0	172,0	178,0	180,0	184,0
14	62,0	76,0	87,5	98,0	107,0	116,0	124,0	132,0	139,0	145,0	152,0	158,0	164,0	170,0	175,0	181,0	186,0	191,0	196,0	201,0	206,0	210,0	215,0
16	71,0	87,0	100,0	112,0	123,0	133,0	142,0	150,0	158,0	166,0	174,0	181,0	187,0	194,0	200,0	206,0	212,0	218,0	224,0	229,0	235,0	240,0	245,0
18	79,5	97,3	113,0	126,0	138,0	149,0	160,0	169,0	178,0	187,0	195,0	203,0	210,0	218,0	225,0	232,0	239,0	245,0	252,0	258,0	264,0	270,0	276,0
20	88,5	109,0	125,0	140,0	153,0	166,0	177,0	188,0	198,0	208,0	217,0	226,0	234,0	242,0	251,0	258,0	266,0	273,0	280,0	287,0	294,0	300,0	306,0
22	97,5	119,0	138,0	151,0	168,0	182,0	195,0	207,0	218,0	228,0	239,0	248,0	257,0	267,0	276,0	284,0	292,0	300,0	307,0	315,0	312,0	330,0	337,0
24	108,0	130,0	150,0	168,0	184,0	199,0	213,0	226,0	238,0	249,0	260,0	271,0	281,0	291,0	301,0	310,0	319,0	328,0	336,0	344,0	352,0	360,0	368,0
26	115,0	141,0	163,0	182,0	199,0	215,0	230,0	244,0	258,0	270,0	282,0	294,0	304,0	315,0	326,0	336,0	345,0	356,0	364,0	373,0	381,0	391,0	398,0
28	124,0	152,0	175,0	196,0	214,0	232,0	248,0	263,0	277,0	291,5	304,0	316,0	328,0	340,0	351,0	362,0	372,0	382,0	392,0	401,0	410,0	420,0	429,0
30	133,0	163,0	188,0	210,0	230,0	248,0	266,0	282,0	297,0	311,0	325,0	338,0	351,0	364,0	376,0	387,0	398,0	409,0	419,0	429,0	439,0	449,0	459,0
32	142,0	174,0	200,0	224,0	246,0	265,0	284,0	300,0	317,0	332,0	347,0	361,0	375,0	388,0	401,0	413,0	425,0	437,0	449,0	460,0	470,0	480,0	490,0
34	151,0	184,0	213,0	238,0	260,0	282,0	301,0	319,0	337,0	352,0	369,0	384,0	398,0	412,0	426,0	439,0	451,0	464,0	476,0	488,0	499,0	510,0	521,0
36	160,0	195,0	225,0	252,0	276,0	298,0	319,0	338,0	356,0	373,0	390,0	406,0	421,0	436,0	450,0	465,0	479,0	491,0	503,0	516,0	529,0	540,0	551,0
38	168,0	206,0	238,0	266,0	291,0	314,0	337,0	357,0	376,0	394,0	412,0	429,0	445,0	461,0	476,0	491,0	505,0	519,0	531,0	545,0	558,0	570,0	582,0
40	177,0	217,0	250,0	280,0	306,0	331,0	354,0	376,0	396,0	415,0	434,0	451,0	469,0	485,0	500,0	516,0	531,0	546,0	560,0	573,0	587,0	600,0	613,0
42	186,0	228,0	263,0	294,0	322,0	348,0	372,0	394,0	416,0	436,0	455,0	474,0	491,0	510,0	525,0	541,0	558,0	573,0	587,0	602,0	616,0	630,0	643,0
44	195,0	239,0	275,0	308,0	337,0	364,0	390,0	413,0	436,0	456,0	477,0	497,0	515,0	533,0	560,0	568,0	585,0	600,0	615,0	631,0	645,0	660,0	673,0
46	204,0	250,0	288,0	322,0	353,0	381,0	408,0	432,0	456,0	478,0	500,0	520,0	539,0	558,0	576,0	594,0	611,0	628,0	643,0	660,0	676,0	690,0	705,0
48	213,0	260,0	300,0	336,0	368,0	397,0	425,0	450,0	475,0	497,0	520,0	541,0	561,0	582,0	600,0	619,0	637,0	655,0	671,0	688,0	704,0	720,0	735,0
50	222,0	271,0	313,0	350,0	388,0	414,0	443,0	470,0	495,0	519,0	543,0	565,0	585,0	607,0	626,0	645,0	665,0	683,0	700,0	717,0	733,0	750,0	766,0
52	230,0	282,0	326,0	364,0	398,0	430,0	460,0	488,0	515,0	540,0	564,0	587,0	609,0	631,0	651,0	670,0	690,0	709,0	727,0	745,0	763,0	780,0	796,0
54	239,0	293,0	338,0	378,0	414,0	447,0	478,0	507,0	535,0	560,0	585,0	610,0	632,0	655,0	676,0	696,0	717,0	737,0	755,0	775,0	792,0	810,0	—
56	248,0	304,0	350,0	392,0	429,0	464,0	496,0	526,0	555,0	581,0	607,0	632,0	665,0	680,0	701,0	723,0	744,0	763,0	783,0	803,0	822,0	—	—
58	257,0	315,0	363,0	406,0	445,0	480,0	514,0	545,0	575,0	601,0	630,0	655,0	679,0	704,0	727,0	750,0	771,0	791,0	811,0	832,0	—	—	—
60	266,0	326,0	375,0	420,0	460,0	497,0	531,0	563,0	593,0	622,0	650,0	677,0	702,9	728,0	750,0	775,0	797,0	818,0	838,0	—	—	—	—

при ширине отверстия в 0,50 м.

нижнем бьефах (в сантиметрах)

50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90
94,0	96,0	98,0	99,0	101,0	103,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
125,0	128,0	130,0	133,0	135,0	137,0	139,0	142,0	144,0	146,0	148,0	150,0	152,0	154,0	157,0	159,0	—	—	—	—	—
157,0	160,0	163,0	166,0	169,0	172,0	174,0	177,0	180,0	183,0	185,0	188,0	191,0	193,0	196,0	198,0	200,0	203,0	205,0	208,0	210,0
188,0	192,0	195,0	199,0	202,0	206,0	209,0	213,0	216,0	219,0	222,0	226,0	229,0	232,0	235,0	238,0	241,0	244,0	247,0	249,0	—
219,0	223,0	228,0	232,0	236,0	240,0	244,0	248,0	252,0	266,0	259,0	263,0	266,0	270,0	273,0	277,0	280,0	284,0	287,0	—	—
250,0	255,0	260,0	265,0	270,0	274,0	279,0	283,0	287,0	292,0	296,0	300,0	304,0	308,0	313,0	317,0	321,0	325,0	—	—	—
281,0	287,0	293,0	298,0	303,0	308,0	314,0	319,0	324,0	328,0	333,0	338,0	343,0	347,0	352,0	356,0	360,0	—	—	—	—
313,0	319,0	325,0	331,0	337,0	343,0	348,0	354,0	360,0	365,0	370,0	375,0	381,0	386,0	391,0	396,0	—	—	—	—	—
344,0	351,0	358,0	365,0	371,0	377,0	384,0	390,0	396,0	402,0	408,0	414,0	419,0	425,0	430,0	—	—	—	—	—	—
375,0	383,0	390,0	397,0	404,0	411,0	418,0	425,0	431,0	438,0	444,0	450,0	457,0	473,0	—	—	—	—	—	—	—
407,0	415,0	423,0	431,0	439,0	446,0	453,0	460,0	467,0	474,0	481,0	488,0	495,0	—	—	—	—	—	—	—	—
428,0	447,0	463,0	463,0	472,0	480,0	488,0	496,0	503,0	511,0	518,0	525,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
470,0	479,0	488,0	497,0	506,0	515,0	523,0	531,0	539,0	547,0	555,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
501,0	511,0	520,0	530,0	540,0	549,0	558,0	567,0	576,0	574,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
533,0	543,0	553,0	563,0	573,0	583,0	593,0	603,0	612,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
564,0	575,0	585,0	596,0	606,0	617,0	628,0	638,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
595,0	607,0	618,0	630,0	641,0	652,0	663,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
626,0	639,0	651,0	663,0	675,0	685,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
658,0	671,0	683,0	695,0	708,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
689,0	703,0	716,0	730,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
720,0	735,0	749,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
751,0	766,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
782,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Т а б л. 12. Поправки для определения расходов воды при

[illegible]

ы при затопленном истечении из-под щита.

Глубина воды перед щитом (в сантиметрах)

	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86
05	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
00	0,600	0,600	0,600	0,600	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	—	—	—
00	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605
05	0,595	0,595	0,595	0,595	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605
5	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
0	0,600	0,600	0,600	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
5	0,605	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
0	0,605	0,605	0,605	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595	0,595
5	0,610	0,610	0,610	0,605	0,605	0,605	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,595	0,595
0	0,615	0,615	0,610	0,610	0,610	0,605	0,605	0,605	0,605	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
0	0,625	0,620	0,620	0,615	0,610	0,610	0,610	0,610	0,605	0,605	0,605	0,605	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
5	0,630	0,630	0,625	0,620	0,620	0,615	0,615	0,610	0,610	0,610	0,605	0,605	0,605	0,605	0,600	0,600	0,600	0,600
0	0,640	0,635	0,630	0,625	0,625	0,620	0,620	0,615	0,615	0,610	0,610	0,610	0,610	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605
0	0,650	0,645	0,640	0,635	0,630	0,625	0,625	0,620	0,620	0,615	0,615	0,610	0,610	0,610	0,610	0,605	0,605	0,605
0	0,665	0,655	0,650	0,640	0,640	0,635	0,635	0,625	0,625	0,620	0,620	0,615	0,615	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610
5	0,675	0,665	0,660	0,650	0,645	0,640	0,640	0,635	0,630	0,625	0,625	0,620	0,620	0,615	0,615	0,615	0,610	0,610
0	0,690	0,680	0,670	0,665	0,655	0,650	0,645	0,640	0,635	0,630	0,630	0,625	0,625	0,620	0,620	0,615	0,615	0,615
5	0,705	0,690	0,680	0,675	0,665	0,660	0,655	0,650	0,645	0,640	0,635	0,630	0,630	0,625	0,625	0,620	0,620	0,615
0	0,720	0,705	0,695	0,685	0,680	0,670	0,665	0,655	0,650	0,645	0,640	0,640	0,635	0,630	0,630	0,625	0,625	0,620
—	—	0,720	0,710	0,700	0,690	0,680	0,675	0,665	0,660	0,655	0,650	0,645	0,640	0,640	0,635	0,630	0,630	0,625
—	—	—	0,725	0,710	0,700	0,690	0,685	0,675	0,670	0,665	0,660	0,650	0,650	0,645	0,640	0,635	0,635	0,630
—	—	—	—	—	0,715	0,705	0,695	0,690	0,680	0,670	0,665	0,660	0,655	0,650	0,645	0,640	0,640	0,635
—	—	—	—	—	—	0,720	0,710	0,700	0,690	0,685	0,675	0,670	0,665	0,660	0,655	0,650	0,645	0,640
—	—	—	—	—	—	—	0,720	0,710	0,700	0,695	0,685	0,680	0,675	0,665	0,660	0,655	0,650	0,650
—	—	—	—	—	—	—	—	0,720	0,715	0,705	0,695	0,690	0,680	0,675	0,670	0,665	0,660	0,655
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,715	0,710	0,700	0,690	0,685	0,680	0,670	0,665	0,660	0,660
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,720	0,710	0,700	0,695	0,685	0,680	0,675	0,670	0,670
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,720	0,710	0,705	0,695	0,690	0,680	0,680	0,680
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,720	0,715	0,705	0,700	0,690	0,685	0,685
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,725	0,715	0,710	0,700	0,695	0,695