

ТРУДЫ
СРЕДНЕАЗИАТСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ИРРИГАЦИИ

Выпуск 76

М. В. БУТЫРИН

Кандидат технических наук

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ
ВОДОМЕРНЫЙ ВЫПУСК
ТИПА СБ-47

Краткое практическое руководство по применению выпусков

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УзССР
Ташкент — 1951

§ 1. Теория и сущность предлагаемого водомерного выпуска кратко заключаются в следующем. Известно, что расход воды при свободном истечении из-под щита может быть выражен формулой:

$$Q = mbh_{щ} \sqrt{2g(H - \varepsilon_v h_{щ})} = \varphi \varepsilon_b \varepsilon_v bh_{щ} \sqrt{2g(H - \varepsilon_v h_{щ})}$$

где m — общий коэффициент расхода,
 φ — коэффициент скорости,
 ε_b — коэффициент бокового сжатия струи,
 ε_v — коэффициент вертикального сжатия струи,
 b — ширина щитового отверстия,
 H — напор над порогом в верхнем бьефе,
 $h_{щ}$ — высота открытия щитового отверстия.

Практика тарировки сооружений и исследования САНИИРИ показали, что общий коэффициент расхода m и составляющие его коэффициенты ε_b и ε_v являются переменными величинами, поэтому учет воды значительно (особенно при затопленном истечении) затруднен. В результате исследований водомерности ирригационных сооружений возникла идея нового водомерного выпуска, заключающаяся в обеспечении идеальных условий его работы, т. е. с постоянным общим коэффициентом, равным единице.

Коэффициент расхода $m = \varphi \varepsilon_b \varepsilon_v$ может быть равным единице тогда, когда его составляющие коэффициенты будут также по отдельности равны единице.

Как показали исследования, наилучшей формой, обеспечивающей равенство единице коэффициентов φ и ε_b является медленно сходящийся к щиту подходный участок с соотношениями

$$B = 1,70b, \quad l = 2b,$$

где b — ширина щитового отверстия,
 B — ширина входа,
 l — длина подходного участка.

Коэффициент вертикального сжатия ε_v оказалось возможным устранить (заменить) путем соответствующего закругления нижней части щита по радиусу $r = 0,20 \cdot H_{\text{макс}}$.

Указанные выше соображения действительны и для затопленного истечения из-под щита.

Лабораторные исследования на модели подтвердили теоретические предпосылки, и коэффициент расхода m как при свободном, так и при затопленном истечении получился 0,970 (с точностью $\pm 5\%$), т. е. почти равным единице.

§ 2. Разработанные нами в САНИИРИ и рекомендуемые производству новые усовершенствованные водомерные выпуски „САНИИРИ — Бутырин 47 г.“ (СБ-47) выгодно отличаются от ранее предложенных тем, что они:

а) наиболее экономичны в строительном отношении по причине большей пропускной способности ($m = 1,0$);

б) применимы как при малых расчетных перепадах $z = 10$ см, так и при больших, т. е. при затопленном и свободном истечении;

в) обладают функциями регулирования и учета воды с достаточной точностью и простотой как при свободном, так и при затопленном истечении (по одной таблице);

г) обладают большим диапазоном учитываемых расходов:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} > 8 - 10 \text{ раз.}$$

Выпуски СБ-47, в основном рекомендуемые для армирования голов мелкой распределительной сети и выделов в хозяйство при расходах до $1,5 - 2$ м³/сек, могут быть одиночными и входить в состав узла (звездочки) сооружений.

Так как выпуски имеют большую пропускную способность ($m = 1,0$) они рекомендуются к работе только при истечении из-под щита. Этим устраняется многообразие работы выпусков и отпадают случаи затопленного истечения без щита, особенно неблагоприятного для водомерности.

На прилагаемом чертеже представлен примерный проект бетонного водомерного выпуска СБ-47. Аналогично он может быть выполнен из железобетонной и кирпичной кладки.

Сооружение состоит из:

1) входной части в виде сходящегося к щиту подходного участка с соотношениями

$$B = 1,70b; l = 2b,$$

где b — ширина узкой части (щитового отверстия);

B — ширина у входа,

l — длина подходного участка;

2) щитовой стенки со стандартной рамой и подъемником;

3) металлического щита с закругленной нижней частью по радиусу $r = 0,2 H_{\max} = 0,2 H_{\text{фк}}$, заканчивающейся 5 см горизонтальным участком. Для прочности закругленная часть усилена уголками или косынками;

4) водобойной части трапециoidalного сечения с шириной дна от b до $b_{от}$ (ширина отвода). Перепада P_2 может и не быть. Длина водобойной части L_b от 2 до 3,5 м в зависимости от напора $H_{макс}$ и перепада P_2 ;

5) в целях механизации учета воды предусмотрены два смежных колодца, первый из них соединяется 3—4 трубками $d = 5$ см с верхним бьефом, а второй—такими же трубками с нижним бьефом. Колодцы перекрываются общей крышкой с петлями и запором.

В эти колодцы могут быть установлены приборы; парциальный счетчик стока, или указатель расхода, или тот и другой вместе. Конструкции приборов разработаны в САНИИРИ А. В. Соколовым.

Для последующей установки счетчика стока необходимо в отдельной стенке предусмотреть деревянную или битумную пробку $d \geq 6$ см;

6) если установка приборов не предполагается, то колодцев можно не делать, а установить верхнюю и нижнюю рейки в указанных на чертеже местах. Нули обеих реек должны быть точно совмещены с отметкой порога a_n выпуска;

7) в случае единичного бокового выпуска сопряжение с каналом делается конусами или ныряющими стенками (см. вариант на чертеже); в случае, когда выпуски составляют узел, они сопрягаются вертикальными обратными стенками.

§ 3. При данных для проектирования:

$a_{дк}$ — отметка дна канала,

$a_{нк}$ — отметка расчетного (нормального) горизонта канала,

$a_{фк}$ — отметка форсированного горизонта канала,

$a_{до}$ — отметка дна отвода,

$a_{фо}$ — отметка форсированного горизонта отвода,

$Q_{фо}$ — форсированный расход отвода,

расчет заключается в назначении отметки порога a_n и определении ширины отверстия выпуска b при условии пропуска $Q_{фо}$ при расчетном (нормальном) горизонте в канале $a_{нк}$.

Так как данный водомерный выпуск СБ-47 предназначен к работе всегда с истечением из-под щита, то должно быть соблюдено еще условие:

$$h_{щ} \leq 0,65 H_{нк}$$

Задаваясь в первом приближении отметкой порога a_n (например, на уровне дна отвода), будем иметь:

$$H_{нк} = a_{нк} - a_n.$$

Если при этом $Z = a_{нк} - a_{фо} \geq 0,35 H_{нк}$, то истечение будет свободное, и ширина отверстия, имея в виду $h_{щ} = 0,65 H_{нк}$, найдется из уравнения

$$b = \frac{Q_{фо}}{h_{щ} \sqrt{2g(H_{нк} - h_{щ})}} = \frac{Q_{фо}}{1,71 H_{нк} \sqrt{H_{нк}}}$$

Если же

$$Z = a_{нк} - a_{фо} < 0,35 H_{нк}$$

то будет затопленное истечение, и тогда ширина отверстия

$$b = \frac{Q_{фо}}{h_{щ} \sqrt{2g(H_{нк} - h_{фо})}} = \frac{Q_{фо}}{2,88 H_{нк} \sqrt{Z}}$$

Отметку порога рекомендуется назначать на уровне дна отвода, когда последнее выше дна канала, и на уровне дна канала, когда дно отвода ниже дна канала.

Для подбора размера выпуска СБ-47 можно пользоваться приведенными ниже таблицами.

Таблица 1

При затопленном истечении ($Z < 0,35 H_{нк}$)

b_m	Q при $H_{нк} = 0,40$ и $Z =$		Q при $H_{нк} = 0,60$ и $Z =$			Q при $H_{нк} = 0,80$ и $Z =$			
	0,10	0,15	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20	0,25
0,30	0,110	0,133	0,164	0,200	0,231	0,220	0,268	0,310	0,345
0,50	0,180	0,222	0,273	0,334	0,385	0,365	0,447	0,515	0,575
0,70	0,250	0,312	0,382	0,467	0,540	0,510	0,625	0,725	0,800
0,90	0,330	0,400	0,490	0,600	0,690	0,650	0,800	0,930	1,030

Таблица 2

При свободном истечении ($Z > 0,35 H_{нк}$)

b_m	$Q_{л/сек}$ при $H_{нк} =$				
	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
0,30	0,130	0,180	0,237	0,300	0,365
0,50	0,216	0,300	0,395	0,500	0,610
0,70	0,300	0,420	0,550	0,700	0,850
0,90	0,390	0,480	0,710	0,900	1,100

§ 4. При постройке необходимо соблюдать следующие основные правила:

1) основные внутренние размеры выпуска (b , B) должны быть точно выдержаны; отклонения более чем на $0,5$ см не допускаются;

2) внутренние поверхности стенок и дна сходящейся ча ти и горловины должны быть строго вертикальными и горизонтальными, и, желательно, оштукатурены;

3) стойки рамы и порог должны быть заделаны заподлицо с поверхностями стенок и дна щитовой стенки так, чтобы не было никаких выступающих частей;

4) рама, подъемник и щит должны быть смонтированы так, чтобы последний был вертикальным, не имел перекоса и чтобы нижняя его кромка была горизонтальной;

5) высота открытия щита $h_{щ}$ определяется или от сделанной при полностью опущенном (закрытом) щите отметки на стойке рамы или отметки на винте (тяге), сделанной при том же положении щита. Лучше же всего укрепить вдоль паза щитового устройства сантиметровую рейку так, чтобы нуль ее находился точно на уровне верхнего края щита, когда последний опущен до отказа (см. чертеж). Таких реек желательно иметь две: вдоль пазов справа и слева от щита для того, чтобы можно было контролировать правильное положение щита (без перекосов).

§ 5. Расход воды щитовым водомером СБ-47 как для вободного, так и для затопленного истечения определяется по единой формуле

$$Q = 0,97bh_{щ} \sqrt{2gZ_k} = Ch_{щ} \sqrt{Z_k},$$

где C — постоянный коэффициент пропорциональности для данного размера b выпуска,

$h_{щ}$ — высота открытия щита,

$0,97$ — коэффициент расхода,

Z_k равняется $H - h_{щ}$ в случае свободного истечения;

в случае же затопленного истечения Z_k равняется $H - h_n$.

1. В случае отсутствия колодцев и приборов учет воды производится по расходной таблице, которая составляется по приведенной формуле.

Такая таблица для примера прилагается для размера $b = 1,0$ м, для других размеров данные таблицы надо просто перемножить на b в метрах.

Таким образом, имея данные наблюдения по верхней рейке H , нижней рейке h_n (только при затопленном истечении) и по реечкам на раме $h_{щ}$, легко находим цифру расхода по расходной таблице на пересечении $h_{щ}$ и Z_k (см. приложения к таблице).

Если выпуск всегда работает со свободным истечением, то еще проще составить расходную таблицу по формуле:

$$Q = 0,97 bh_{щ} \sqrt{2g(H - h_{щ})} = Ch_{щ} \sqrt{H - h_{щ}},$$

и тогда цифра расхода воды будет находиться на пересечении данных наблюдений H и $h_{щ}$.

2. При наличии колодцев учет воды может производиться:

- а) с помощью указателя расхода, то есть дифференциального прибора, который автоматически указывает расход на циферблате при $h_{щ}$, равном единице. Циферблат градуируется по зависимости

$$Q = CV\bar{Z}_k.$$

Таким образом, расход определяется простым умножением показания прибора на высоту открытия щита $h_{щ}$ в данный момент;

- б) с помощью парциального счетчика стока, если для колхозных (хозяйственных) выпусков необходимо, кроме расхода, учитывать количество отпущенной воды (сток). Для этого в колодцах следует установить парциальный счетчик стока по схеме, показанной на чертеже.

Сток подсчитывается по уравнению

$$W = K (N_1 h_{щ1} + N_2 h_{щ2} + N_3 h_{щ3} + \dots),$$

где W — сток в кубометрах.

K — постоянный для данного выпуска коэффициент парциальности,

N_1, N_2, N_3 — количество оборотов или разность показаний счетчика при соответствующих высотах открытия щита $h_{щ1}, h_{щ2}, h_{щ3}$.

Конструкции приборов — указателя расхода и счетчика стока, разработаны в САНИИРИ и находятся в стадии производственного апробирования, после чего будет организовано их серийное производство.

§ 6. При эксплуатации водомерного выпуска необходимо:

- 1) очищать подходный участок, колодцы, трубки, пазы и щитовое отверстие от мусора и наносов,

- 2) следить за исправностью щитового устройства, не допуская перекосов и других деформаций,

- 3) своевременно устранять различные деформации всего сооружения, особенно не допуская их на дне и стенках щитового отверстия (горловины),

- 4) периодически проверять правильность установки реек путем нивелировки нулей верхней и нижней реек (они должны совпадать с уровнем порога); проверять правильность измерительного приспособления для $h_{щ}$,

- 5) бережно ухаживать за приборами.

Расходная таблица для выпуска СБ-47. $b=1,0$ м

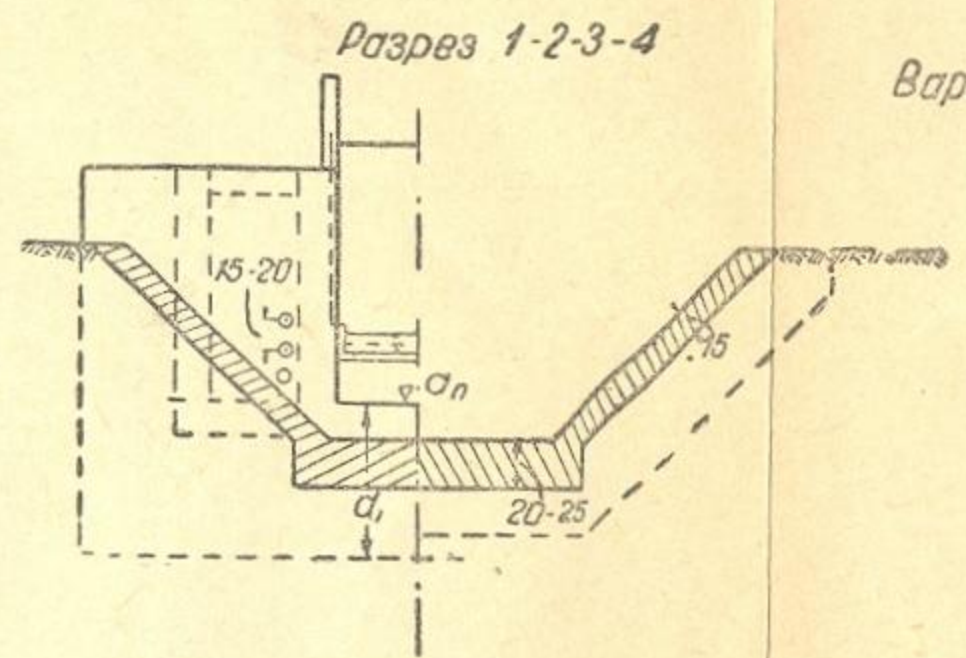
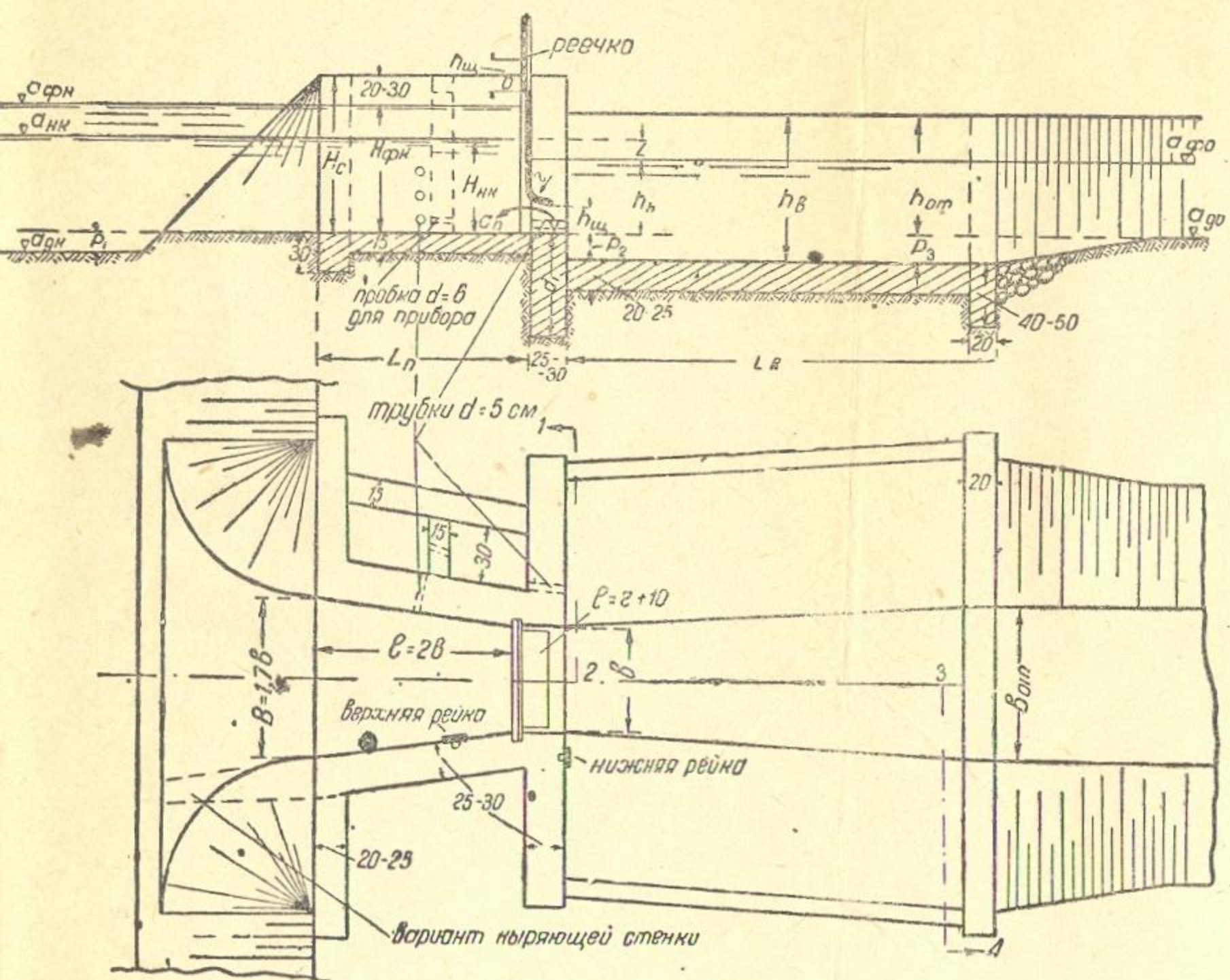
Z_k \ $h_{ш}$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
4	35	53	71	89	104	122	140	157	175	193	212	228	241	263	280	288	296	330	346	364	380	400	416	430	445	463	480	495
6	43	65	87	109	128	150	172	193	214	235	255	278	300	322	341	366	386	404	425	445	465	486	508	530	545	567	587	605
8	50	75	100	125	147	172	197	222	246	271	295	321	345	372	393	420	443	466	488	510	535	560	584	607	630	650	675	700
10	56	84	112	140	165	193	221	250	276	304	330	360	386	415	440	470	493	520	544	570	600	625	652	680	700	730	755	780
12	61	92	120	154	181	212	242	273	301	332	362	393	424	455	482	512	540	568	595	625	654	684	713	742	770	800	828	855
14	66	100	132	166	195	228	262	295	326	360	390	423	454	490	520	552	582	615	640	675	710	738	770	802	830	860	895	924
16	71	106	142	177	208	245	280	316	350	385	417	454	490	526	553	592	623	658	690	722	756	790	825	860	890	920	950	990
18	75	113	150	188	220	260	294	333	367	406	442	480	515	553	587	622	660	697	728	765	800	840	873	910	944	980	1013	1050
20	79	119	156	198	233	273	310	351	390	428	466	505	543	582	620	660	693	732	768	805	845	883	920	960	995	1030	1070	1110
22	83	125	166	208	245	287	327	370	410	450	490	530	572	614	652	692	733	770	805	840	888	930	970	1010	1040	1085	1120	1160
24	87	131	175	219	258	301	344	388	430	471	514	559	600	644	685	726	765	810	847	893	934	973	1020	1064	1100	1140	1180	1220
26	91	136	181	226	268	312	356	401	446	490	532	578	624	668	708	750	795	840	880	920	965	1010	1055	1100	1135	1180	1220	1260
28	94	140	187	234	276	323	370	415	461	506	551	598	645	690	731	776	823	870	910	954	1000	1050	1096	1140	1180	1220	1260	1310
30	97	145	194	242	287	335	382	430	478	525	575	620	670	716	755	805	850	900	940	990	1040	1085	1140	1180	1220	1265	1310	1350
35	105	157	210	262	310	362	414	465	516	567	620	670	794	773	820	875	927	975	1020	1075	1128	1175	1220	1275	1320	1370	1420	1470
40	112	168	225	280	332	387	442	492	553	608	665	716	773	834	880	936	990	1025	1090	1140	1202	1250	1310	1365	1410	1460	1510	1565
45	119	178	238	297	350	410	466	526	584	643	703	760	820	872	933	984	1050	1100	1160	1215	1270	1330	1390	1445	1500	1560	1610	1660
50	126	188	250	313	370	432	491	553	617	680	740	800	861	922	975	1040	1120	1173	1220	1280	1340	1400	1460	1520	1570	1630	1690	1745
55	132	198	263	329	388	454	517	580	647	712	776	838	905	966	1030	1095	1160	1232	1280	1350	1405	1465	1530	1600	1650	1715	1770	1830
60	138	206	275	344	406	475	540	608	677	747	814	880	947	1013	1075	1143	1210	1280	1340	1400	1465	1530	1600	1670	1730	1800	1850	1920
65	143	214	285	357	422	492	560	630	702	776	842	915	980	1050	1115	1183	1263	1330	1390	1460	1525	1600	1660	1740	1800	1865	1925	2000
70	149	223	297	372	440	512	584	657	732	806	875	948	1020	1095	1160	1230	1310	1380	1450	1515	1585	1660	1740	1800	1860	1940	2000	2070

П о я с н е н и я: 1. При свободном истечении, имея данные наблюдения H и $h_{ш}$ в с.м. определяем сначала $Z_k = H - h_{ш}$, а затем по таблице находим расход воды в л/сек.

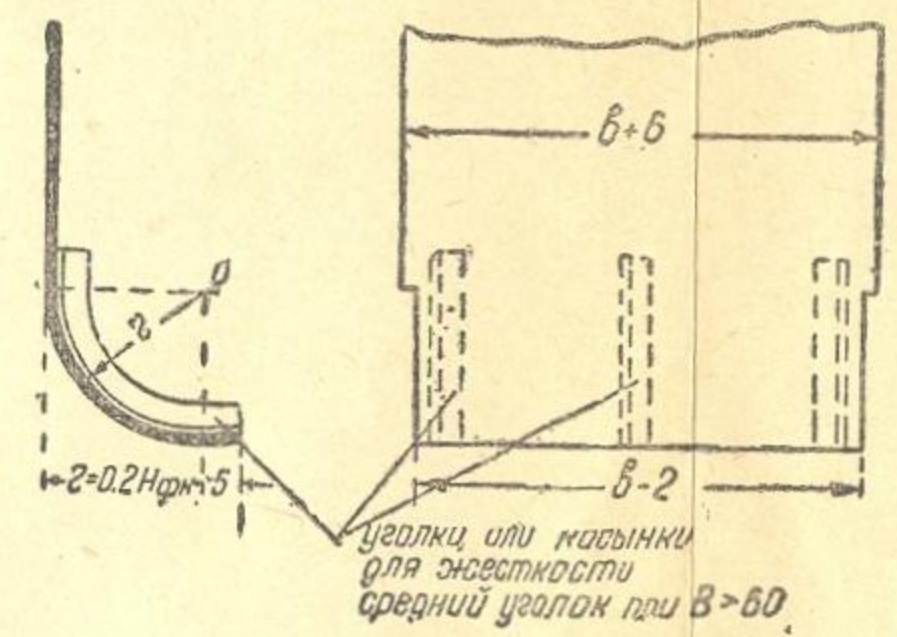
2. При затопленном истечении, имея данные наблюдения H , h_n , $h_{ш}$, определяем сначала $Z_k = H - h_n$, а затем на пересечении Z_k и $h_{ш}$ находим расход воды в л/сек.

3. Для выпусков b надо данные таблицы умножить на ширину щитового отверстия b в м.

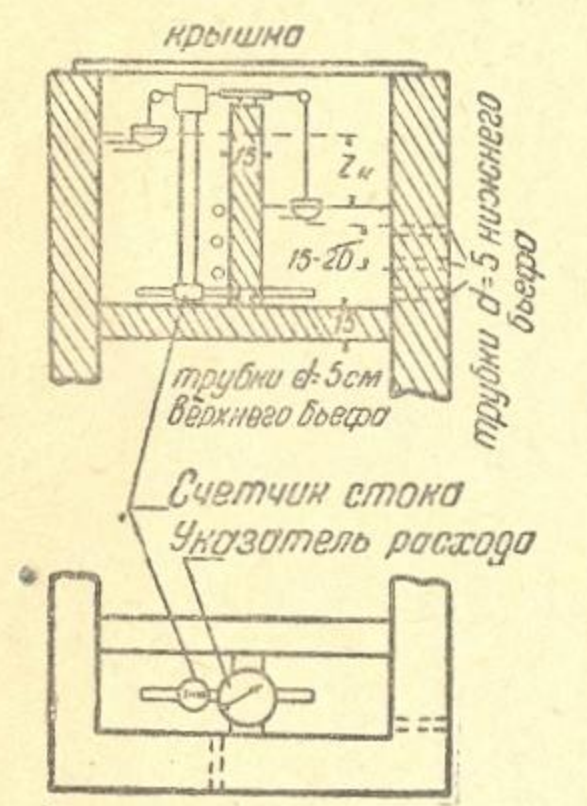
4. Для практического применения таблицы лучше составлять с изменением Z_k и $h_{ш}$ через 1 см, путем экстраполяции.



Деталь закругления щита



Вариант установки приборов в колодцах



Усовершенствованный водомерный выпуск типа САНИИРИ-Бутырий 1947 г. (СВ-47).