

02.2  
P-85

# КРАТКІЯ ОБЩІЯ УКАЗАНІЯ И ДАННЫЯ

для опредѣленія отверстій трубъ  
и малыхъ мостовъ.



СОСТАВИЛЪ

П. Н. РЫШКОВЪ.



КІЕВЪ

Типо-Литографія „ПРОГРЕССЪ“, Б.-Подвальная № 2.

1908.

1729





У  
P-95  
624.2  
P95

ИСКУССТВЕННЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

Для опредѣленія величины отверстия искусственнаго сооружения необходимо знать наибольшій притокъ воды къ сооруженію въ единицу времени или расходъ воды.

Величина площади бассейна имѣетъ существенное значеніе при опредѣленіи расхода, такъ какъ расходъ воды въ рѣчкахъ съ бассейнами болѣе 50 кв. верстъ находится въ зависимости отъ таянія снѣговъ, для рѣчекъ же, ручьевъ и овраговъ съ бассейнами менѣе 50 кв. верстъ - въ зависимости отъ ливней.

Для бассейновъ, меньшихъ 50 кв. верстъ, при опредѣленіи наибольшаго количества воды, притекающей къ сооруженію въ единицу времени, руководствуются нормами *Köstlin's*, принявшаго въ основаніе своихъ расчетовъ ливень, дающій въ секунду 0,016 миллиметра.

Расходъ воды по этимъ нормамъ вычисляется по формулѣ:

$$Q_k = 1,875 N L, \dots \dots \dots (1)$$

Гдѣ  $Q_k$  - искомый притокъ воды къ сооруженію |расходъ| въ одну секунду въ куб. саж.,

$N$  - площадь бассейна въ квадратныхъ верстахъ,

$L$  - численный коэффициентъ, величина котораго измѣняется въ зависимости отъ длины бассейна:

для бассейновъ отъ 0	до	3 1/2	верстъ	коэффициентъ $L = \frac{16}{32}$
" " " " " "	"	3 1/2	"	" $L = \frac{12}{32} - \frac{8}{32}$
" " " " " "	"	7	"	" $L = \frac{5}{32}$

ПРОВѢРНО  
1903 г.

И  
-1729- cla

для бассейновъ отъ  $10\frac{1}{2}$  до  $14$  верстъ коэффициентъ  $\mathcal{L} = \frac{1}{32}$   
 " " "  $14$  "  $17\frac{1}{2}$  " "  $\mathcal{L} = \frac{2}{32}$ .

Для пологихъ бассейновъ, уклонъ которыхъ менѣе  $0,005$ , величина коэффициента уменьшается вдвое.

Въ таблицѣ I\*) приведены величины расходовъ воды для площадей бассейновъ отъ  $1$  до  $9$  квадратныхъ верстъ при различныхъ значеніяхъ коэффициента  $\mathcal{L}$ .

Таблица I

Расходъ $Q$ въ кубическихъ саженихъ: $Q = 1,875 \mathcal{N} \mathcal{L}$										
$\mathcal{L}$	Площади бассейновъ $\mathcal{N}$   квадр. верстъ									$\mathcal{L}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$\frac{1}{32}$	0,059	0,117	0,176	0,234	0,293	0,352	0,410	0,469	0,527	$\frac{1}{32}$
$\frac{2}{32}$	0,117	0,234	0,352	0,469	0,586	0,703	0,820	0,937	1,055	$\frac{2}{32}$
$\frac{3}{32}$	0,176	0,352	0,527	0,703	0,879	1,055	1,230	1,406	1,582	$\frac{3}{32}$
$\frac{4}{32}$	0,234	0,469	0,703	0,937	1,172	1,406	1,641	1,875	2,109	$\frac{4}{32}$
$\frac{5}{32}$	0,293	0,586	0,879	1,172	1,465	1,758	2,051	2,344	2,637	$\frac{5}{32}$

\*) Таблица эта заимствована изъ Инструкціи для расчета отверстій искусственныхъ сооруженийъ желѣзно-дорожныхъ линій по южному склону Уральскаго хребта.

Таблица I

Расходъ  $Q$  въ кубическихъ саженяхъ:

$$Q = 1,875 \mathcal{N} \mathcal{L}$$

Площади бассейновъ  $\mathcal{N}$  |кв. версть|

$\mathcal{L}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\mathcal{L}$
$\frac{6}{32}$	0,352	0,703	1,055	1,406	1,758	2,109	2,461	2,812	3,164	$\frac{6}{32}$
$\frac{7}{32}$	0,410	0,820	1,230	1,641	2,051	2,461	2,871	3,281	3,691	$\frac{7}{32}$
$\frac{8}{32}$	0,469	0,937	1,406	1,875	2,344	2,812	3,281	3,750	4,219	$\frac{8}{32}$
$\frac{9}{32}$	0,527	1,055	1,582	2,109	2,637	3,164	3,691	4,219	4,746	$\frac{9}{32}$
$\frac{10}{32}$	0,586	1,172	1,758	2,344	2,930	3,516	4,102	4,687	5,273	$\frac{10}{32}$
$\frac{11}{32}$	0,644	1,289	1,934	2,578	3,223	3,867	4,512	5,156	5,801	$\frac{11}{32}$
$\frac{12}{32}$	0,703	1,406	2,109	2,812	3,516	4,219	4,922	5,625	6,328	$\frac{12}{32}$
$\frac{13}{32}$	0,762	1,523	2,285	3,047	3,809	4,570	5,332	6,094	6,855	$\frac{13}{32}$
$\frac{14}{32}$	0,820	1,641	2,461	3,281	4,102	4,922	5,742	6,562	7,383	$\frac{14}{32}$
$\frac{15}{32}$	0,879	1,758	2,637	3,516	4,394	5,273	6,152	7,031	7,910	$\frac{15}{32}$
$\frac{16}{32}$	0,937	1,875	2,812	3,750	4,687	5,625	6,562	7,500	8,437	$\frac{16}{32}$

При опредѣленіи отверстій искусственныхъ сооружений принимаютъ слѣдующія наибольшія допускаемыя скорости протеканія воды въ самомъ сооруженіи | скорости по дну |.

а | въ каменныхъ трубахъ съ лотками | въ видѣ обратнаго свода | изъ кладки на растворѣ..... 14 ф. | 2 саж |

б | въ чугунныхъ трубахъ:

при укладкѣ трубы въ мятую глину..... 10 ф. | 1,43 с. |

" " " " бетонъ и камен. кладку. 20 ф. | 2,86 с. |

2. а   въ мостахъ малыхъ отверстій при укрѣпленіи ихъ лотковъ одиночной мостовой.....	7 ф.	1,00 саж.
при одиночной мостовой, если слой протекающей воды меньше 0, 15 саж.....	8 ф.	1,14 саж.
при укрѣпленіи лотковъ двойной мостовой..	10 ф.	1,43 саж.
" " " " кладкой на растворѣ	14 ф.	2,00 саж.
" " " " деревянныхъ лоткахъ.....	20 ф.	2,86 саж.

При глубинѣ воды въ сооруженіи большей 0,50 саж. указанные скорости могутъ быть увеличены на 10 %.

Принято для обыкновенныхъ грунтовъ лотки 1 саж. мостиковъ дѣлать изъ кладки на растворѣ; <sup>лотки</sup> 2, 3 и даже 4 и 5 саж. мостиковъ укрѣплять одиночной и двойной мостовой; въ случаѣ крайней необходимости лотки 2 и 3 саж. мостиковъ можно дѣлать изъ кладки на растворѣ.

б | въ мостахъ большихъ отверстій русло не укрѣпляется, поэтому скорость по дну допускается въ зависимости отъ рода грунта и величины желаемого размыва. Вообще, скорость по дну стѣсненнаго сѣченія не должна быть больше наибольшей скорости по дну, бывшей въ томъ же сѣченіи, когда оно было не стѣснено.

Скорость по дну не производитъ размыва, если она не превосходитъ слѣдующихъ величинъ: \*)

для иловатой земли или бурой глины.....	0,04 саж.
" жирной глины.....	0,08 "
" плотнаго рѣчного песка.....	0,15 "

\*) См. Пояснительная записка къ расчету отверстій искусств. сооружений Калишскаго участка Варшавско-Вѣнской ж. д.



для хрящеватаго грунта.....	0,33 саж.
" дна, покрытаго камнемъ.....	0,42 "
" скалистаго грунта.....	1,38 "

3. Для скорости воды, притекающей къ сооруженію, нужно принять, что она ни въ какомъ случаѣ не должна быть больше скорости, допущенной въ сооруженіи, а если грунтъ лежа не соотвѣтствуетъ притекающей скорости, то нужно входные лотки укрѣплять мостовой | для скорости до 7 ф. и 10 ф. |; ряжами съ каменной наброской, плетнями съ засыпкой камнемъ и проч. | для скоростей до 14 ф. |.

Вообще, если скорость притекающей воды болѣе той, какую желательно было бы, по разнымъ соображеніямъ, допустить, то слѣдуетъ проектировать каскады изъ ряжей, плетней, сухой кладки и проч. и подводить воду къ сооруженію канавами, рассчитывая ихъ сѣченія и уклоны и укрѣпляя ихъ ложе сообразно съ расходомъ и скоростью притекающей воды.

4. Выходные лотки слѣдуетъ укрѣплять соотвѣтственно скорости, мостовую, отсыпями, ряжами съ засыпкой камнемъ, плетнями съ каменной засыпкой и проч..

Средняя скорость воды, притекающей къ сооруженію можетъ быть опредѣлена путемъ послѣдовательныхъ приближеній по даннымъ: расходу  $Q$ , уклону  $i$  и профилю русла. Если положеніе самаго высокаго горизонта воды неизвѣстно, то назначивъ положеніе его на живомъ сѣченіи произвольно, т. е., задавшись высотой  $a$  поднятія воды въ нестѣсненномъ руслѣ, опредѣляютъ по поперечному про-

Филлю соответствующія этой высотѣ величины:  $\omega$  - площади живого сѣченія,  $\rho$  - подводнаго периметра,  $R = \frac{\omega}{\rho}$  - подводнаго радиуса и по этимъ даннымъ находятъ затѣмъ для даннаго уклона  $i$ , пользуясь какой либо эмпирической формулой, напр., формулой Шези, среднюю скорость  $V$  воды, притекающей къ сооруженію.

По формулѣ Шези:

$$V = c \sqrt{Ri} = C \sqrt{i}, \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ, по Дарси-Базену,

$$C = \frac{R}{\sqrt{\alpha R + \beta}} ; \dots \dots \dots (3)$$

коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , зависящіе отъ степени шероховатости русла, имѣютъ значенія | для саж. |:

а | для земляныхъ стѣнокъ  $\alpha_1 = 0,00059738$

$$\beta_1 = 0,00035,$$

б | " мало сглаженныхъ стѣнокъ | бутовая кладка и проч. |  $\alpha_2 = 0,00051205,$

$$\beta_2 = 0,00006,$$

в | " гладкихъ стѣнокъ | тесовый камень, кирпичъ, доски, смѣшанный съ пескомъ цементъ и проч. |

$$\alpha_3 = 0,00040538,$$

$$\beta_3 = 0,0000133,$$

г | " очень гладкихъ стѣнокъ | притертый цементъ, тщательно выстроганное дерево и проч. |

$$\alpha_4 = 0,00032004,$$

$$\beta_4 = 0,0000045,$$

Для облегченія вычисленій можно пользоваться таблицами коэффициентовъ  $C$  въ формулѣ Шези, составленными

для различных  $R$ , въ предположеніи земляного русла | ко-  
 эффициенты  $C_1$ , по таблицѣ II | и каменистаго | мало сгла-  
 женнаго | русла | коэффициенты  $C_2$  по таблицѣ III |; въ  
 таблицѣ IV даны величины квадратныхъ корней уклоновъ  $i$ .\*)

Т А Б Л И Ц А II

величинъ коэффициента  $C_1$  въ формулѣ Дарси-Базена,

$$U = C_1 \sqrt{i}$$

гдѣ,

$$C_1 = \frac{R}{\sqrt{\alpha_1 R + \beta_1}} ;$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= 0.00059738 \\ \beta_1 &= 0.00035 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{для саж. мѣръ} \\ &\text{при землян. руслѣ.} \end{aligned}$$

$R$	$C_1$	$R$	$C_1$	$R$	$C_1$	$R$	$C_1$	$R$	$C_1$
0.000	0.000	0,050	2,565	0,100	4,940	0,150	7,154	0,200	9,230
5	0,266	5	2,811	5	5,108	5	7,368	5	9,431
10	0,530	60	3,055	10	5,395	60	7,581	10	9,631
5	0,792	5	3,296	5	5,620	5	7,791	5	9,829
20	1,051	70	3,536	20	5,844	70	8,000	20	10,027
5	1,309	5	3,775	5	6,066	5	8,208	5	10,223
30	1,564	80	4,011	30	6,286	80	8,415	30	10,418
5	1,817	5	4,246	5	6,505	5	8,621	5	10,612
40	2,069	90	4,479	40	6,723	90	8,825	40	10,805
5	2,318	5	4,710	5	6,939	5	9,028	5	10,997

\*) Таблицы эти заимствованы изъ пояснительной записки  
 къ расчету отверстій искусственныхъ сооруженийъ Калыш-  
 ского участка Варшавско-Вѣнской жел. дороги.

R	C	R	C	R	C	R	C	R	C
0250	II,187	0.44	I7774	0.68	24728	0.92	30,674	I, 16	35,919
5	II,377	5	I8090	9	24993	3	30,905	7	36,125
60	II,566	6	I8403	0.70	25,256	4	31,134	8	36,331
5	II,753	7	I8714	I	25,518	5	31,363	9	36,535
70	II,940	8	I9,022	2	25,778	6	31,590	I, 20	36,739
5	I2,125	9	I9,328	3	26,037	7	31,817	I	36,942
80	I2,310	0.50	I9,631	4	26,294	8	32,042	2	37,144
5	I2,494	I	I9,932	5	26,549	9	32,266	3	37,345
90	I2,677	2	20,231	6	26,803	I, 00	32,489	4	37,545
5	I2,860	3	20,528	7	27,055	I	32,711	5	37,745
Q300	I3,041	4	20,822	8	27,306	2	32,932	6	37,944
10	I3,400	5	21,114	9	27,556	3	33,152	7	38,142
20	I3,756	6	21,404	0.80	27,804	4	33,370	8	38,339
30	I4,108	7	21,692	I	28,050	5	33,588	9	38,535
40	I4,457	8	21,977	2	28,295	6	33,805	I, 30	38,731
50	I4,802	9	22,260	3	28,539	7	34,021	I	38,926
60	I5,145	0.60	22,543	4	28,781	8	34,235	2	39,120
70	I5,484	I	22,822	5	29,022	9	34,449	3	39,313
80	I5,819	2	23,10	6	29,262	I, 10	34,662	4	39,506
90	I6,152	3	23,376	7	29,501	I	34,874	5	39,698
0.40	I6,482	4	23,650	8	29,738	2	35,085	6	39,889
I	I6,809	5	23,922	9	29,973	3	35,295	7	40,079
2	I7,134	6	24,192	0.90	30,208	4	35,504	8	40,269
3	I7,455	7	24,461	I	30,441	5	35,712	9	40,458

$R$	$C_1$	$R$	$C_1$	$R$	$C_1$	$R$	$C_1$	$R$	$C_1$
1,40	40,647	1,46	41,762	1,54	43,214	1,75	46,847	2,10	52,426
1	40,834	7	41,946	6	43,571	80	47,678	20	53,928
2	41,021	8	42,129	8	43,925	5	48,497	30	55,394
3	41,208	9	42,311	1,60	44,277	90	49,304	40	56,826
4	41,393	1,50	42,493	5	45,147	5	50,101	2,50	58,227
5	41,578	2	42,855	70	46,004	2,00	50,886		

Для промежуточных величин  $R$  находить  $C_1$  по этой таблице интерполированием.

### ТАБЛИЦА III

величин коэффициента  $C_2$  при саженных мѣрахъ въ формулѣ Дарси-Базена.  $U = C_2 \sqrt{i}$ ,

гдѣ

$$C_2 = \frac{R}{\sqrt{\alpha_2 R + \beta_2}}; \begin{cases} \alpha_2 = 0,00051205 & \text{для русель, обдѣланныхъ бу-} \\ \beta_2 = 0,00006 & \text{товой кладкою или мостовой.} \end{cases}$$

$R$	$C_2$	$R$	$C_2$	$R$	$C_2$	$R$	$C_2$
0,000	0,000	0,015	1,823	0,030	3,455	0,045	4,938
5	0,632	20	2,387	5	3,965	50	5,405
10	1,239	5	2,932	40	4,458	5	5,858

$R$	$C_2$	$R$	$C_2$	$R$	$C_2$	$R$	$C_2$
0.060	6,300	0.175	14,308	0.290	20,085	0.510	28,460
5	6,738	80	14,592	5	20,307	20	28,790
70	7,148	5	14,874	0.300	20,530	30	29,116
5	7,552	90	15,150	10	20,961	40	29,438
80	7,964	5	15,424	20	21,389	50	29,758
5	8,358	0.200	15,698	30	21,809	60	30,075
90	8,734	5	15,961	40	22,223	70	30,388
5	9,118	10	16,225	50	22,630	80	30,698
0.100	9,488	5	16,486	60	23,031	90	31,006
5	9,845	20	16,744	70	23,428	0.600	31,311
10	10,198	5	16,999	80	23,817	10	31,613
5	10,548	30	17,250	90	24,201	20	31,913
20	10,890	5	17,500	0.400	24,581	30	32,210
5	11,226	40	17,747	10	24,956	40	32,505
30	11,555	5	17,992	20	25,326	50	32,797
5	11,880	50	18,235	30	25,690	60	33,086
40	12,200	5	18,472	40	26,050	70	33,373
5	12,516	60	18,710	50	26,407	80	33,658
0.150	12,825	5	18,945	60	26,760	90	33,941
5	13,130	70	19,177	70	27,107	0.700	34,222
60	13,430	5	19,407	80	27,450	10	34,501
5	13,727	80	19,635	90	27,790	20	34,777
70	14,019	5	19,880	0.500	28,127	30	35,051

$R$	$C_2$	$R$	$C_2$	$R$	$C_2$	$R$	$C_2$
0,740	35,323	0,790	36,656	0,840	37,944	0,890	39,192
50	35,593	0,800	36,917	50	38,197	0,900	39,436
60	35,861	10	37,176	60	38,448		
70	36,128	20	37,433	70	38,698		
80	36,393	30	37,699	80	38,946		

Примѣчаніе. Для промежуточныхъ величинъ  $R$  нужно находить коэффициенты  $C_2$  по этой таблицѣ интерполированиемъ.

### ТАБЛИЦА IV

квadraticныхъ корней  
для уклоновъ русла  $i$

$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$
0,0020	0,0447	0,0028	0,0529	0,0036	0,0600	0,0044	0,0663	0,0052	0,0721
1	0,0458	9	0,0538	7	0,0608	5	0,0671	3	0,0728
22	0,0469	0,0030	0,0548	38	0,0616	46	0,0678	54	0,0735
3	0,0479	1	0,0557	9	0,0624	7	0,0685	5	0,0742
24	0,0490	32	0,0566	0,0040	0,0632	48	0,0693	56	0,0748
5	0,0500	3	0,0574	1	0,0640	9	0,0700	7	0,0755
26	0,0510	34	0,0583	42	0,0648	0,0050	0,0707	58	0,0762
7	0,0520	5	0,0592	3	0,0656	1	0,0714	9	0,0768

$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$
0,0060	0,0775	0,0083	0,0911	0,0160	0,1265	0,039	0,1975	0,062	0,2490
I	0,0781	84	0,0916	70	0,1304	0,040	0,2000	3	0,2510
62	0,0787	5	0,0922	180	0,1342	I	0,2025	64	0,2530
3	0,0794	86	0,0927	90	0,1378	42	0,2049	0,065	0,2550
64	0,0800	7	0,0933	0,0200	0,1414	3	0,2074	66	0,2569
5	0,0806	88	0,0938	I	0,1449	44	0,2098	7	0,2588
66	0,0812	9	0,0943	22	0,1483	0,045	0,2121	68	0,2608
7	0,0818	0,0090	0,0949	3	0,1516	46	0,2145	9	0,2627
68	0,0825	I	0,0954	24	0,1549	7	0,2168	0,070	0,2646
9	0,0831	92	0,0959	0.025	0,1581	48	0,2191	I	0,2665
0,0070	0,0837	3	0,0964	26	0,1612	9	0,2214	72	0,2683
I	0,0843	94	0,0969	7	0,1643	0,050	0,2236	3	0,2702
72	0,0848	5	0,0975	28	0,1673	I	0,2258	74	0,2720
3	0,0854	96	0,0980	9	0,1703	52	0,2280	0,075	0,2739
74	0,0860	7	0,0985	0.030	0,1732	3	0,2302	76	0,2757
5	0,0866	98	0,0990	I	0,1761	54	0,2324	7	0,2775
76	0,0872	9	0,0995	32	0,1789	0,055	0,2345	78	0,2793
7	0,0877	0,0100	0,1000	3	0,1817	56	0,2366	9	0,2811
78	0,0883	10	0,1049	34	0,1844	7	0,2387	0,080	0,2823
9	0,0889	120	0,1095	0.035	0,1871	58	0,2408	I	0,2846
0,0080	0,0894	30	0,1140	36	0,1897	9	0,2429	82	0,2864
I	0,0900	140	0,1183	7	0,1923	0,060	0,2449	3	0,2881
82	0,0905	50	0,1225	38	0,1949	I	0,2470	84	0,2898



$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$	$i$	$\sqrt{i}$
0,085	0,2915	0,097	0,3114	0,145	0,3807	0,205	0,4528	0,265	0,5148
86	0,2933	98	0,3130	0,150	0,3873	0,210	0,4582	0,270	0,5196
7	0,2950	9	0,3146	155	0,3937	215	0,4637	275	0,5244
88	0,2966	0,100	0,3162	0,160	0,4000	0,220	0,4690	0,280	0,5292
9	0,2983	105	0,3240	165	0,4062	225	0,4743	285	0,5338
0,090	0,3000	110	0,3316	0,170	0,4123	0,230	0,4796	0,290	0,5385
1	0,3017	115	0,3391	175	0,4183	235	0,4848	295	0,5431
92	0,3033	120	0,3464	0,180	0,4243	0,240	0,4899	0,300	0,5478
3	0,3050	0,125	0,3535	185	0,4301	245	0,4950		
94	0,3066	130	0,3605	0,190	0,4359	0,250	0,5000		
0,095	0,3082	135	0,3674	195	0,4416	255	0,5050		
96	0,3098	140	0,3742	0,200	0,4472	0,260	0,5099		

По найденной средней скорости и по площади живого сечения определяют расходь воды:  $Q_1 = \omega \times v$ .

Если полученный расходь  $Q_1$ , мало отличается от расхода  $Q_k$ , вычисленнаго по нормамъ *Köstlin'a*, расходимость допускается въ 5%, то это обозначаетъ, что самый высокій горизонтъ воды выбранъ удачно; если же получится значительная разница, то, измѣнивъ положеніе самаго высокаго горизонта, слѣдуетъ повторить весь расчетъ. Что касается средней скорости  $u$  воды протекающей въ предѣлахъ сооруженія, то ее можно найти, пользу-

ясь слѣдующей зависимостью между средней скоростью и допускаемой въ сооруженіи скоростью  $V_{нс}$  по дну:

$$U = 0,75 V_{нс} - 0,40 + 0,50 \sqrt{\left(\frac{V_{нс} - 1,59}{2}\right)^2 + 3,15 V_{нс}} \text{ метр.} \dots (4)$$

На основаніи этой формулы составлена таблица  $\bar{V}$

ТАБЛИЦА  $\bar{V}$

Грунтъ русла и его укрѣпленіе	Допускаемая скорость по дну $V_{нс}$		Соотвѣтствующая средняя скорость $U$ (метр.)
	фут.	саж.	
Плотная глина съ пескомъ...	3	0,430	0,538
Крупный щебенистый грунтъ	5	0,714	0,880
Каменистый грунтъ или укрѣпленіе одиночной мостовой.	7	1,000	1,170
Скалистый или укрѣпленіе двойной мостовой.....	10	1,430	1,630
Лотокъ изъ каменной кладки	14	2,000	2,228
Деревянный лотокъ.....	20	2,875	3,110

Если въ данномъ потокѣ уже существуетъ скорость, превосходящая норму для даннаго грунта, причемъ грунтъ не размывается, то при расчетѣ отверстія искусственнаго сооруженія слѣдуетъ допустить эту скорость, въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, допускаемая въ сооруженіи скорость  $U$  можетъ быть равна или болѣе скорости прите-

канія  $V$ , но не должна быть выбираема менѣ этой послѣдней.

I. Чугунныя трубы. Устройство чугунныхъ трубъ допускается только на такихъ водотокахъ, которые обезпечены отъ постепеннаго намерзанія льда |наледи| какъ въ самой трубѣ, такъ и у ея устьявъ. Чугунныя трубы дѣлаются діаметромъ 0,50 саж. и 0,75 саж.; допускается укладка двухъ трубъ рядомъ, причѣмъ между трубами устраивается каменная стѣнка. Трубы примѣняются при насыпяхъ отъ 1,00 саж. до 10 саж.,

Протокъ воды по чугуннымъ трубамъ допускается полнымъ и неполнымъ сѣченіемъ при скорости не болѣе 20 футовъ, а при извѣстныхъ условіяхъ - 30 фут. въ секунду. Предѣльная скорость  $V = 20$  фут. въ секунду при незначительныхъ уклонахъ обуславливается типами основанія трубы и укрѣпленія выходного русла помощью деревяннаго лотка. При большемъ уклонѣ оврага, когда въ выходномъ концѣ укрѣпленіе русла можетъ быть устроено въ видѣ ряда ступенчатыхъ глубокихъ каменныхъ колодцевъ съ промежуточными возвышающимися порогами, предѣльную скорость въ выходномъ концѣ трубы разрѣшается увеличить до 30 фут. въ I сек.<sup>\*)</sup> Первый порогъ долженъ быть ниже центра выходнаго отверстія трубы по крайней мѣрѣ на  $1\frac{1}{2}$  діаметра трубы; глубина воды въ

каждомъ колодцѣ должна быть не менѣе 0,75 саж..

При насыпяхъ, высотой отъ 1 до 4 саж. включительно и шириною по верху не болѣе 2,60 саж., допускается укладка трубъ на основаніи изъ мятой глины, перемѣшанной съ гравіемъ или щебнемъ и плотно утрамбованной; при такой укладкѣ трубы скорость протеканія въ ней воды полнымъ сѣченіемъ не должна превышать 10 фут. въ секунду, а высота подпора воды надъ центромъ входного отверстія трубы при насыпи подъ одинъ путь должна быть:

для насыпи высотой въ 1 саж. не болѣе 0,25 с.
" " " " 2 " " 0,30 "
" " " " 3 " " 0,32 "
" " " " 4 " " 0,35 "

При устройствѣ основанія трубы изъ бетона или каменной кладки скорость допускается до 20 фут. въ секунду; высота подпора надъ центромъ входного отверстія можетъ быть слѣдующая:

при высотѣ насыпи въ 1,50 саж. ... 0,25 саж.
" " " " 2,00 " ... 0,75 "
" " " " 2,50 " ... 1,00 "
" " " " 3,00 " ... 1,25 "
" " " " 4,00 " ... 1,50 "
" " " " 5,00 " ... 1,75 "
" " " " 6,00 " ... 2,00 "

Такъ какъ діаметръ трубы, ея длина и наибольшая допускаемая скорость протеканія воды въ трубѣ-вели-

чины извѣстных, то для каждаго даннаго случая можно опредѣлить предѣльную высоту напора воды |подпора| надъ центромъ выходнаго устья трубы, соответствующую наибольшей допускаемой скорости у этого устья. Наивысшій подпорный горизонтъ долженъ быть ниже бровки землянаго полотна не менѣе, какъ на 0,50 саж..

Обозначимъ черезъ  $L$  длину трубы отъ входнаго до выходнаго конца,  $D$  - внутреннй діаметръ трубы,  $U$  - допускаемую скорость въ выходномъ устьѣ трубы,  $\xi$  - коэффициентъ сопротивленія при входѣ воды въ трубу, равный, по Вейсбаху, 0,505, когда концевыя звенья трубы не скошены, 0,87 - при скошенныхъ подъ угломъ  $50^\circ$  концевыхъ звеньяхъ,  $\lambda$  - коэффициентъ тренія воды о стѣнки трубы, зависящій отъ скорости и равный, по Вейсбаху,

$$\lambda = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{U}},$$

если скорость  $U$  выражена въ метрахъ,

$$\lambda = 0,01439 + \frac{0,017156}{\sqrt{U}}$$

при скорости  $U$  въ футахъ и для скорости  $U$  въ сажен.

$$\lambda = 0,01439 + \frac{0,0064849}{\sqrt{U}} \quad *)$$

\*) Таблица значеній  $\lambda$  при различныхъ скоростяхъ

$U$ (саж.)	$\lambda$	$U$ (саж.)	$\lambda$	$U$ (саж.)	$\lambda$
0,10	0,0349	0,70	0,0221	2,00	0,0190
0,15	0,0311	0,80	0,0217	2,25	0,0187
0,20	0,0289	0,90	0,0212	2,50	0,0185
0,30	0,0262	1,00	0,0209	2,86	0,0182
0,40	0,0246	1,25	0,0202	3,00	0,0181
0,50	0,0236	1,43	0,0198	4,00	0,0176
0,60	0,0228	1,75	0,0193	4,29	0,0175

$g$  - ускорение силы тяжести

$$g = 9,803 \frac{м}{сек^2} = 32,2 \frac{фут}{сек^2} = 4,6 \frac{саж.}{сек^2}$$

$h$  - высоту напора |подпоръ| надъ центромъ выходного устья трубы.

По Вейсбаху, для случая истечения воды подъ напоромъ черезъ длинную трубы, высота напора

$$h = (1 + \xi + \lambda \frac{L}{D}) \frac{u^2}{2g} \dots \dots \dots (5)$$

Длина трубы должна быть назначена съ такимъ расчетомъ, чтобы концы ея нѣсколько выступали изъ насыпи въ обѣ стороны. При коэффициентѣ  $m$  откоса, при высотѣ  $H$  и ширинѣ  $B$  насыпи по верху и при запасѣ въ длинѣ трубы 0,10 саж., полная длина трубы въ саж. будетъ:  $L = mH + B + 0,10$ . Длина  $L$  трубы, діаметромъ

0,5 саж., съ нескошенными концами должна выражаться цѣлымъ числомъ  $n$  саж., такъ какъ длина каждаго ея звена равна 1 саж.. Если труба въ  $n$  звеньевъ, діаметромъ 0,5 саж., имѣетъ скошенное входное звено, полная длина котораго 0,97 саж., при длинѣ скошенной части 0,75 саж., то расчетная длина такой трубы будетъ | въ саж. |  $L = n - 0,03 - \frac{0,75}{2} = (n - 0,40) \text{ саж.}$

Опредѣливъ по формулѣ |5| высоту напора для проектируемой трубы при заданномъ  $u$ , нужно сравнить полученную высоту съ высотой  $h$ , подпора, допу-

Величина  $g$  и  $h$  в саж.

скаемого надъ центромъ входнаго отверстія трубы при данной высотѣ  $H$  насыпи и равнаго | въ саж |  $h_1 = H - 0,50 \text{ саж} - \frac{D}{2} \dots (6)$ . Если труба уложена, съ уклономъ  $i$ , то при опредѣленіи высоты напора слѣдуетъ имѣть въ виду этотъ уклонъ. Наибольшая допускаемая въ этомъ случаѣ высота  $h$  напора надъ центромъ выходнаго отверстія трубы будетъ равна  $h = h_1 + id \dots (7)$ . Въ томъ случаѣ, если высота  $h$  подпорнаго горизонта | при уклонѣ трубы  $i = 0$  | оказывается менѣе допускаемой, въ форм. возможнаго наибольшаго расхода черезъ трубу  $Q = \frac{\pi D^2}{4} u \dots (8)$  принять  $u$ , равнымъ предположенной допускаемой скорости, если же получится  $h > h_1$ , опредѣляемаго изъ уравн. | 6 |, то положивъ  $h = h_1$ , находить для  $u$  въ уравненіи | 8 | новое значеніе  $u_1$ , по формулѣ

$$u_1 = \sqrt{1 + \frac{2gh}{\xi + \lambda \frac{L}{D}}}$$

получаемой изъ уравн. | 5 |. Наибольшій возможный расходъ черезъ трубу будетъ, слѣдовательно,  $Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} u_1 \dots (9)$

Указанный способъ провѣрки достаточности отверстія трубы при протеканіи воды полнымъ сѣченіемъ, примѣнимъ только въ томъ случаѣ, когда расходъ оказывается  $Q_1$ , не менѣе расхода  $Q_n$ , найденнаго для даннаго тальвега по нормамъ *Köstlin'a*, такъ какъ только тогда пропускъ воды трубою обезпеченъ. При крутыхъ оврагахъ, если труба укладывается съ уклономъ соответствующимъ уклону оврага, иногда вовсе нельзя допустить образованія воднора воды передъ трубою, т. е., нельзя допустить протеканія воды полнымъ сѣченіемъ. При небольшомъ прито-

къ воды къ сооруже́нiю и при большомъ уклонѣ трубы можетъ оказаться, что приходъ равенъ расходу воды черезъ трубу при протеканiи воды въ трубѣ неполнымъ сѣченіемъ со скоростью  $u$ , не превышающей 20 ф. или соответственно 30 ф. въ секунду. Наибольшая глубина потока въ предѣлахъ трубы допускается не болѣе  $\frac{3}{4}$  діаметра трубы. Повѣрка достаточности отверстiя трубы дѣлается по формуламъ:

$$Q = \omega u \dots \dots \dots (10)^*$$

$$u = c \sqrt{r} \dots \dots \dots (11)^*$$

гдѣ  $\omega$  - площадь живого сѣченiя, при глубинѣ потока не болѣе  $\frac{3}{4}$  діаметра трубы,  $u$  - наибольшая допускаемая скорость въ выходномъ концѣ трубы, равная

$$c \sqrt{r} (\varphi - \sin \varphi \cos \varphi)^{**}$$

гдѣ  $r$  - радиусъ сѣченiя трубы и  $\varphi$  - половина центрального угла, соответствующаго горизонту протекающей въ трубѣ воды,

$i$  - уклонъ оврага,

$c$  - коэффициентъ, равный  $\frac{R}{\sqrt{\alpha R + \beta}}$   
| см. форм. | 3 | стр. 6 |;

коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  для даннаго случая равны | для саж |:

$$\alpha = 0,00032004, \quad \beta = 0,0000045$$

| см. стр. 6 |.

\*) Ср. Н. Ефимовичъ. Справочная книга на 1900 г. ч. I., стр. 321

\*\*\*) См. Д. Николаи, Мосты, вып. I, стран. 245 Спб. 1901.

Н. Ефимовичъ, справ. книга на 1900 г., ч. I, стран. 323.



Для рассматриваемого случая гидравлическій | под -  
водный | радіусъ

$$R = \frac{r^2(\varphi - \sin \varphi \cos \varphi)}{2r\varphi}, \dots \dots (12)$$

гдѣ  $2r\varphi = p$  - смачиваемый периметръ.

Если изученіе характера оврага покажетъ, что протекающая въ немъ вода несетъ большое количество наносовъ, могущихъ занести трубу, то въ такихъ случаяхъ слѣдуетъ принять мѣры предосторожности противъ занесенія трубы наносами или назначать не чугунную трубу, а сооруженіе другого типа.

### КАМЕННЫЯ ТРУБЫ.

Каменные трубы устраиваются отверстіемъ отъ 0,50 саж. до 3,50 саж. Въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ при очень высокихъ насыпяхъ бываетъ выгодно устроить двойныя трубы, отверстіемъ 2,5 - 3 саж. каждая. Наименьшая высота насыпи, при которой еще можетъ быть допущена каменная труба, должна быть такою, чтобы надъ высшей производящей верхней поверхности свода былъ слой земли въ желѣзнодорожномъ полотнѣ, толщиной вмѣстѣ съ балластомъ не менѣе 0,5 саж. до подошвы шпалы, такъ какъ при меньшей толщинѣ слоя сотрясеніе отъ проходящаго поѣзда можетъ вредно вліять на прочность кладки - свода; въ тѣхъ случаяхъ, когда при расчетѣ трубы соблюдены особыя строгія условія, толщина слоя земли надъ трубой можетъ быть

уменьшена до 0,20 саж..

При опредѣленіи отверстій каменныхъ трубъ нужно имѣть въ виду, что теченіе воды полнымъ сбѣченіемъ въ нихъ не допускается; наивысшій подпорный горизонтъ воды долженъ быть на 0,10 саж. ниже пята свода при кирпичномъ сводѣ, при каменныхъ же или бетонныхъ сводахъ не выше  $\frac{3}{4}$  полной высоты трубы, считая отъ лотка до нижней поверхности свода въ ключѣ, причемъ три сводахъ съ подъемомъ, равнымъ или большемъ  $\frac{1}{3}$ , подпорный горизонтъ долженъ быть ниже внутренней поверхности свода въ ключѣ не менѣе, какъ на 0,40 саж., а при меньшихъ подъемахъ свода - на 0,25 саж..

Предѣльные скорости теченія воды въ трубахъ допускаются въ зависимости отъ укрѣпленія лотка | см. стр. 3.

Если труба длинная, то отверстие ея опредѣляютъ въ предположеніи, что перепадъ, т.е. переходъ отъ повышеннаго горизонта къ горизонту воды въ трубѣ, занимаетъ только часть длины трубы.

Такое предположеніе позволяетъ примѣнять для опредѣленія расхода черезъ трубу формулу Бресса, выражающую расходъ воды черезъ водосливъ | неполное сжатіе, неполный водосливъ |, за порогомъ котораго находится длинный открытый горизонтальный или имѣющій небольшой уклонъ каналъ, шириною равный ширинѣ водослива и съ дномъ, расположеннымъ на высотѣ порога водослива; въ части трубы, находящейся въ условіяхъ канала, дви-

женіе воды считается установившимся. Расходъ  $Q$  въ сѣченіи трубы, въ которомъ установилось равномерное движеніе, выражается формулой:

$$Q = \mu v \eta U = \mu v \eta \sqrt{2g(y_1 + \kappa - \eta)}, \dots (13)$$

гдѣ

$b$  - ширина отверстия трубы,

$\eta$  - толщина слоя протекающей въ трубѣ воды,

$U$  - средняя скорость воды въ трубѣ,

$g$  - ускореніе силы тяжести,  $g = 4,6 \frac{\text{сант}}{\text{сек}^2}$ ,

$y_1$  - высота подпертаго горизонта надъ лоткомъ трубы,

$\kappa = \frac{v^2}{2g}$  - высота, соответствующая средней скорости , притекающей къ сооруженію воды,

$\mu$  - коэффициентъ сжатія = 0,9,

При постоянныхъ:  $y_1, \kappa$  и  $b$  расходъ  $Q$  будетъ имѣть наибольшее значеніе при

$$\eta = \frac{2}{3} (y_1 + \kappa) \dots \dots \dots (14)$$

Если скорость притеканія незначительна или даже равна 0, то  $\kappa = 0$  и тогда

$$\eta = \frac{2}{3} y_1 \dots \dots \dots (15)$$

Подставляя эти значенія  $\eta$  въ формулу |13|, найдемъ:

$$Q_{\text{max.}} = 0,358 (y_1 - \kappa) \sqrt{2g(y_1 + \kappa)}, \dots \dots (16)$$

$$Q_{\text{max.}} = 0,358 y_1 \sqrt{2g y_1}, \dots \dots (17)$$

средняя скорость  $U$  воды въ трубѣ при  $\eta = \frac{2}{3}(y_1 + \kappa)$  будетъ

$$U = \sqrt{2g \frac{y_1 + \kappa}{3}} = 1,751 \sqrt{y_1 + \kappa} \text{ сант} \dots \dots (18)$$

или при  $\kappa = 0$ ,  $U = \sqrt{2g \frac{y_1}{3}} = 1,751 \sqrt{y_1} \text{ сант} \dots (19)$

Зная  $Q$  и  $U$  |опредѣленіе  $Q$  см. на стр. I и 2.,

$u$ -таблица  $\bar{U}$  на стр. 14 |, можемъ найти ширину отвер-  
стия  $v$  трубы | въ саж. |:

$$v = \frac{5,062 Q}{u^3} \dots \dots \dots (20)$$

Изъ формуль |18| и |19| находимъ, что высота под-  
порнаго горизонта равна | въ саж. |:

$$y_1 = \frac{3u^2}{2g} - k = 0,326 u^2 - k \dots \dots \dots (21)$$

при  $k=0$   $y_1 = \frac{3u^2}{2g} = 0,326 u^2 \dots \dots \dots (22)$

Изъ формуль |16| и |21| или |17| и |22| для тол-  
щины слоя протекающей въ трубѣ воды при всякомъ  $k$   
получимъ | въ саж. |:

$$\eta = \frac{u^2}{g} = 0,217 u^2 \dots \dots \dots (23)$$

Расчетъ по формуламъ Бресса |формулы 20, 21 и 23|  
возможенъ только при условіи, что  $y_1 > a$ , гдѣ  $a$  -  
высота слоя протекающей воды при нестѣсненномъ сѣче-  
ніи; если же окажется, что  $y_1 < a$ , то нужно положить  
 $\eta = a$ , опредѣлить величину  $y_1$ , изъ выраженія:

$$u = \sqrt{2g(y_1 + k - a)} \dots \dots \dots (24)$$

откуда

$$y_1 = \frac{u^2}{2g} - k + a \dots \dots \dots (25)$$

и, наконецъ, найти величину отверстия трубы изъ фор-  
мулы:

$$v = \frac{Q}{\text{нач}} \dots \dots \dots (26)$$

Это значеніе  $v$  не будетъ уже невыгоднѣйшимъ, со-  
отвѣтствующимъ  $\max Q$  при  $\eta = \frac{2}{3}(y_1 + k)$ . Полученное зна-  
ченіе  $v$  можно нѣсколько уменьшить съ соответственнымъ  
увеличеніемъ высоты устоевъ, имѣя при томъ въ виду,

чтобы средняя скорость въ трубѣ  $u$  была не болѣе допускаемой.

При опредѣленіи отверстій искусственныхъ сооружений среднюю скорость  $v$  притекающей къ сооруженію воды обыкновенно предполагаютъ равною средней скорости воды въ естественномъ руслѣ, при чемъ эту послѣднюю скорость опредѣляютъ, напр., по формулѣ Шези |Ф. |2| стр. 6 |. При такомъ предположеніи пренебрегаютъ вліяніемъ образующагося у сооруженія подпора на измѣненіе уклона и скорости притекающей къ сооруженію воды: это не совсѣмъ правильно, но вполнѣ достаточно для практики. Такъ какъ скорость  $v$  притекающей къ сооруженію воды будетъ равна скорости при естественномъ теченіи только при  $y_1 = a$ , съ возрастаніемъ же  $y_1$  величина этой скорости постепенно уменьшается и въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напр., для овраговъ съ пологими берегами, дѣлается почти равною нулю, то значеніе  $y_1$ , слѣдуетъ опредѣлять въ предположеніи  $K = \frac{v^2}{2g}$  и  $K=0$  и принять для  $y_1$ , среднее изъ полученныхъ значеній.

Выходной лотокъ укрѣпляется въ зависимости отъ скорости, допущенной въ трубѣ, и отъ перепада  $|\eta - a|$ , образующагося у выходного порога трубы.

Дну трубы слѣдуетъ придать уклонъ, опредѣляя его, напр., по формулѣ Шези съ коэфф. Дарси-Базена для малыхъ стѣнокъ |см. форм. |2| и |3| стр. 6 |.

При глубинѣ воды въ трубѣ  $\eta = 0,217u^2$  |саж. | |см. форм.

|22| стр. 24 | и при подводномъ радіусѣ трубы

$$R = \frac{2b}{b + 2\eta}$$

| въ саж. | уклонъ трубы найдемъ изъ формулы  $u = C_2 \sqrt{i}$ ,  
онъ будетъ равенъ:  $i = \frac{u^2}{C_2^2}$

| Значенія  $C_2$  берутся для даннаго  $R$  изъ таблицы III,  
стр. 9-11 |.

Наибольшая возможная высота подпорнаго горизонта  
передъ каменною трубою, соответствующая наибольшей  
допускаемой средней скорости 2,228 саж. протеканія во-  
ды въ трубѣ съ лоткомъ изъ каменной кладки на рство-  
рѣ, при  $K=0$  будетъ равна | изъ формулъ |22| и |23|:

$$h = y_1 - \eta = \frac{u^2}{2g} = (0,326 - 0,217) / (2,228)^2 = \\ = 0,541 \text{ саж.} = 3,79 \text{ децим.}$$

При подборѣ отверстій трубъ по заданному расходу  
при той или иной допущенной средней скорости можно  
пользоваться таблицей VI см. \*)

Такъ какъ скорость, отвѣчающая наибольшему расхо-  
ду воды черезъ трубу, зависитъ отъ высоты слоя под-  
пертой воды | форм. |18| и |19| на стр. 23 |, то зада-  
ваясь высотой этого слоя, а, слѣдовательно, и высо-  
тою устоевъ трубы, можно вычислить по формулъ |18|  
или |19| скорости, а по формулъ |20| соответственные  
расходы для различныхъ отверстій трубъ.

Для опредѣленія размѣровъ трубъ | величины отвер-  
стія и высоты устоя | по данному расходу и соответству-  
ющей ему высотѣ  $y_1$ , подпертаго горизонта при  $K=0$ ,  
можно пользоваться таблицей VII см. \*\*)

\*) Таблицу VI см. на стран. 28-29 |.

\*\*) Таблицу VII см. на стран. 30-31 |.

Приблизительныя значенія наименьшихъ высотъ насн-  
пей, при которыхъ возможно устройство полуциркуль-  
ныхъ каменныхъ трубъ разныхъ отверстій, показаны въ  
таблицѣ VIII \*) Пользуясь таблицей VII для опредѣленія  
размѣровъ трубы по данному расходу, можно подобрать  
нѣсколько трубъ, отвѣчающихъ данному расходу. Оста-  
ется затѣмъ выбрать ту трубу, которая потребуетъ для  
своего выполненія наименьшаго количества кладки.

Для рѣшенія послѣдняго вопроса обыкновенно поль-  
зуются таблицами или діаграммами, въ которыхъ при  
заданномъ типѣ трубъ показаны объемы кладки на погон-  
ную единицу для различныхъ высотъ устоевъ. Въ помѣ-  
щенныхъ ниже діаграммахъ \*\*) IX - XIV по горизонтальной  
оси координатъ отложены количества кладокъ на I по-  
гонную саж. длины трубы для трубъ различныхъ отвер-  
стіи, въ зависимости отъ высоты устоевъ y, отложен-  
ныхъ по вертикальной оси координатъ. Объемы крыльевъ  
и обратныхъ стѣнокъ въ діаграммы не введены. Такъ  
какъ діаграммы служатъ только для сравненія относи-  
тельныхъ величинъ кладокъ трубъ, то при составленіи  
этихъ діаграммъ, для упрощенія вычисленій, принято,  
что поперечные размѣры трубы не мѣняются по ея длинѣ,  
и за площадь поперечнаго сѣченія кладки трубы взята

---

\*) Таблицу VIII см. на стран. 32.

\*\*) Заимствованы изъ "Инструкціи для производства изы-  
сканій Пермь-Котласской желѣзной дороги", СПб. 1895.

отверстій каменныхъ трубъ, соответствующихъ дан -

При					Показаннымъ		
Укрѣпленіи лотка	допущенной скорости по выч. со- твѣт. $U_{\text{ср}}$	соотвѣт- ствующей средней вы- сотѣ $H$	соотвѣт- ствующей средней вы- сотѣ $H$	отверстія			
				0,50	0,75	1,00	
				Расходы			
	фут.	саж.	фут.	саж.			
Одиной мостовой	7	1,00	8,2	117	0,159	0,238	0,317
Двойной мостовой	10	1,43	11,4	163	0,426	0,640	0,853
Каменной кладкой	14	2,00	15,6	223	1,093	1,639	2,186

средняя величина изъ площади всѣхъ колець, изъ кото-  
рыхъ состоитъ труба даннаго отверстія. Слѣдователь-  
но, только при насыпяхъ средней высоты объемъ кладки  
трубы, взятый изъ діаграммы, будетъ вполнѣ соответ-  
ствовать дѣйствительному; при насыпяхъ же малой высо-  
ты діаграммы дадутъ нѣсколько преувеличенное, а при  
насыпяхъ очень большой высоты - нѣсколько уменьшен-  
ное количество кладки (крайнїя отклоненїя до 4% |\*)

Суммы объемовъ входа и выхода для различныхъ от-  
верстій (в) трубы, въ зависимости отъ высоты устоевъ (у),  
могутъ быть вычислены по формуламъ, помѣщеннымъ въ  
таблицѣ XV или взяты изъ таблицы XVI<sup>\*\*)</sup>, въ которой по-

\*) | Дїаграммы см. на стр. 34; 35 |.

\*\*) Таблицы XV и XVI заимствованы изъ книги Вач. Яцына  
"Наивыгоднѣйшее проектированіе земляного полотна" стр.  
112-113. СПБ. 1906 г.



Ц А VI

ныхъ расходамъ и укрѣпленію лотка.

отверстіямъ трубъ соотвѣтствуютъ расходы по формулѣ									
5  Бресса $Q = \frac{6u^3}{5,062}$									
трубъ   саж.									
1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
въ кубическ. саж.									
0,397	0,476	0,554	0,634	0,714	0,794	0,870	0,952	1,028	1,107
1,066	1,279	1,493	1,706	1,919	2,132	2,345	2,559	2,780	2,996
2,732	3,278	3,825	4,371	4,917	5,464	6,010	6,557	7,120	7,650

казаны площади поперечнаго сѣченія ( $\omega$ ) трубъ и суммы объемовъ входа и выхода  $v_6^*$ . Площади поперечнаго сѣченія трубъ, показанныя въ таблицѣ XVI вычислены по формуламъ, написаннымъ возлѣ каждой кривой на діаграммахъ IX - XIV кладки трубъ.

Пользуясь данными въ таблицѣ XVI велич.  $\omega$  и  $v_6$  можемъ найти объемъ кладки трубы, при длинѣ послѣдней между щемами свода  $L$  саж., по формулѣ  $v = L\omega + v_6$

При ширинѣ  $B$  насыпи по верху, при высотѣ ея  $H \leq 3$  саж. и при коэффициентѣ  $m$  откоса, длина  $L$  трубы, уложенной безъ поперечнаго уклона, будетъ

$$L = B + 2m \left[ H - \left( y_1 + \frac{e}{2} + c \right) \right], \dots \dots (27)$$

гдѣ

$c$  - толщина свода въ ключѣ, измѣняющаяся въ предѣ -

\*) | Таблицы XV и XVI см. на стр. 36-40 |

ТАБЛИ

Высота над- вертного горн зонта $z_1$	Средняя до- пускаемая скор. воды въ трубѣ при $K=0$		ОТВЕРСТІЕ				
			0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
	фут.	саж.	Расходы въ				
0,40	7,75	1,108	0,133	0,200	0,266	0,333	0,400
0,50	8,67	1,238	0,186	0,279	0,372	0,465	0,558
0,60	9,49	1,356	0,245	0,367	0,489	0,612	0,734
0,70	10,25	1,465	0,308	0,463	0,617	0,771	0,925
0,80	10,97	1,566	0,377	0,565	0,754	0,942	1,130
0,90	11,63	1,661	0,450	0,674	0,900	1,124	1,349
1,00	12,25	1,751	0,527	0,790	1,053	1,316	1,580
1,10	12,86	1,836	0,607	0,911	1,215	1,519	1,822
1,20	13,43	1,916	0,692	1,038	1,384	1,730	2,076
1,30	13,97	1,996	0,781	1,171	1,561	1,951	2,342
1,40	14,49	2,071	0,872	1,308	1,744	2,180	2,616
1,50	15,01	2,145	0,967	1,451	1,934	2,418	2,902
1,60	15,50	2,215	1,066	1,598	2,131	2,664	3,197
1,70	15,98	2,283	1,167	1,751	2,334	2,918	3,500

Ц А VII

Т Р У В Ы

1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
------	------	------	------	------	------	------	------

ку б и ч е с к . с а ж . в њ І с е к .

0.466	0.533	0.599	0.666	0.733	0.799	0.865	0.932
0.652	0.745	0.838	0.931	1.024	1.117	1.210	1.304
0.856	0.979	1.101	1.224	1.349	1.468	1.590	1.711
1.079	1.233	1.388	1.542	1.696	1.850	2.004	2.149
1.319	1.507	1.695	1.884	2.072	2.261	2.447	2.635
1.573	1.798	2.023	2.248	2.472	2.697	2.922	3.149
1.843	2.106	2.369	2.633	2.896	3.159	3.422	3.686
2.126	2.430	2.733	3.037	3.341	3.645	3.948	4.252
2.422	2.768	3.114	3.460	3.806	4.152	4.499	4.845
2.732	3.122	3.512	3.903	4.293	4.683	5.073	5.463
3.052	3.488	3.923	4.360	4.795	5.231	5.669	6.105
3.385	3.869	4.353	4.835	5.320	5.803	6.287	6.771
3.729	4.262	4.795	5.328	5.861	6.393	6.926	7.459
4.085	4.668	5.252	5.835	6.419	7.002	7.585	8.169

ТАБЛИЦА VIII \*)

Высота насыпей для разныхъ трубъ.

Отверстіе   въ сажняхъ	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Высота до пяти	0,30	0,50	0,60	0,90	1,00	1,25	1,50	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Стрѣла.....	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,38	1,50
Толщина свода	0,26	0,26	0,26	0,26	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,40	0,40
Высота насыпи	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Вся высота насыпи	1,19	1,51	1,74	2,16	2,46	2,83	3,21	3,43	3,56	3,68	3,88	4,00

\*) Заимствована изъ книги Д. Штукенберга "Производство жел.-дор. изысканій" стр. 19

лахъ 0,20 до 0,45 саж. въ зависимости отъ величины отверстия  $\phi$  трубы; въ среднемъ, можно принять  $C = 0,30$  саж.,  $y_1$  - высота устоевъ трубы, равная при каменныхъ сводахъ высотъ подпертаго горизонта; при кирпичныхъ сводахъ вмѣсто  $y_1$ , надо брать  $y_1 + 0,10$  саж..

При высотъ насыпи  $H > 3$  саж. и при коэффициентъ откоса  $m_1$ ,

$$L = B_1 + 2m_1 \left[ H - \left( y_1 + \frac{\phi}{2} + c \right) + 3,00 \right] \dots (28)$$

гдѣ  $B_1 = B_{\text{саж.}} + 2m_1 \cdot 3,00 \text{ саж.}$ ,

Формула |27| примѣняется въ тѣхъ случаяхъ, когда

$$H - \left( y_1 + \frac{\phi}{2} + c \right) \leq 3 \text{ саж.};$$

при  $H - \left( y_1 + \frac{\phi}{2} + c \right) > 3$  саж. слѣдуетъ примѣнять формулу |28|.

Для опредѣленія количества кладки въ полуциркулярныхъ трубахъ можно также пользоваться таблицей XVII \*)

### МОСТЫ МАЛЫХЪ ОТВЕРСТІЙ.

Мосты малыхъ отверстій чаще всего устраиваются при насыпяхъ, высоты которыхъ меньше указанныхъ для трубъ въ таблицѣ VIII. Наименьшія высоты насыпей опредѣляются конструкціей моста. Такъ, напр., пролетная часть мостовъ съ фермами балочной системы, настолько должны быть подняты надъ подпорнымъ уровнемъ самой высокой воды, чтобы отъ верхней поверхности подферменнаго камня до этого уровня было не меньше 0,50 сажени.

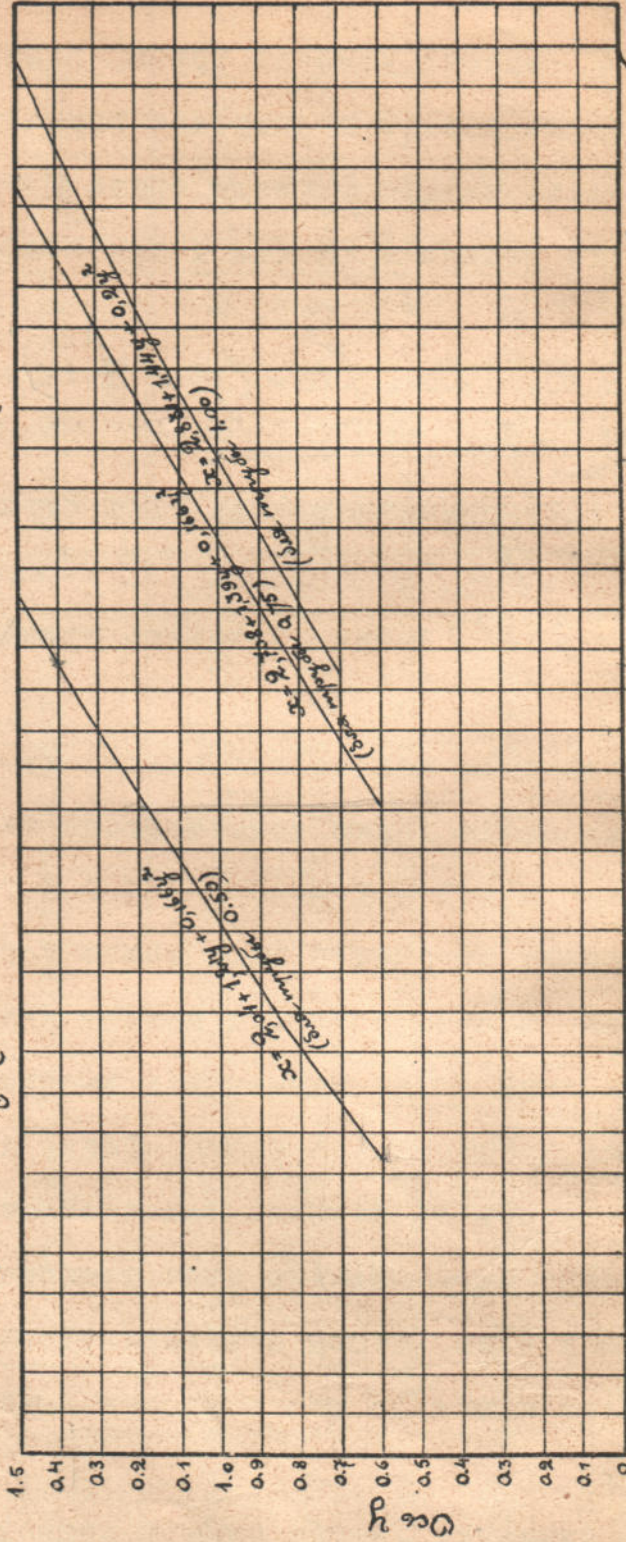
Въ тѣхъ случаяхъ, когда нижній криволинейный по-

\*) Таблицу XVIII см. на стр. 41 и 42.

IX

# Диаграммы IX - XIV

Для группы проб. 0, 50, 0, 75 и 1, 00 е.а.ф. (IX)



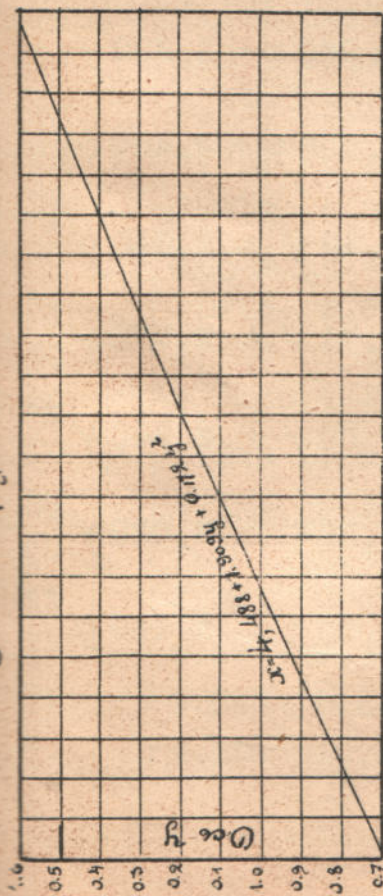
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5

Сред

Получены в к.г.

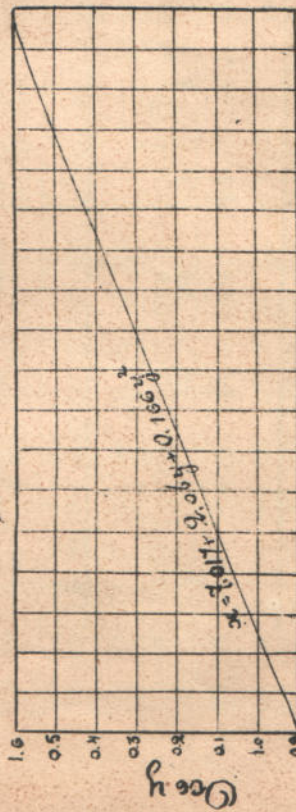
Всего проб

Два мѣсяца амб. 1,50 case. (X)



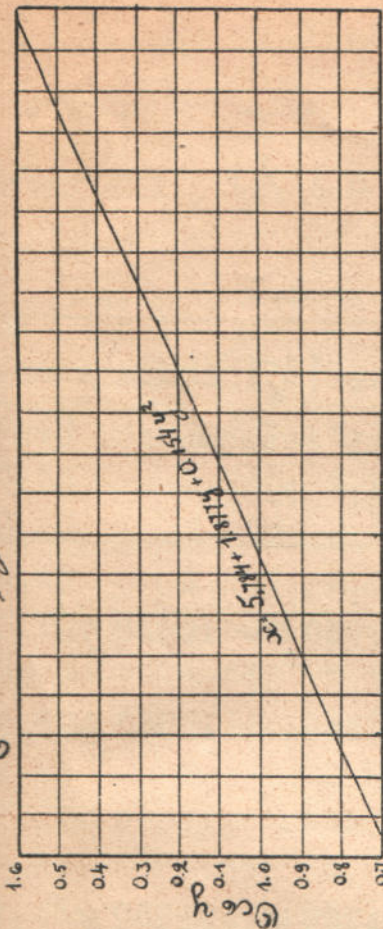
5.9 6. 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6

Два мѣсяца амб. 2,50 case. (XII)



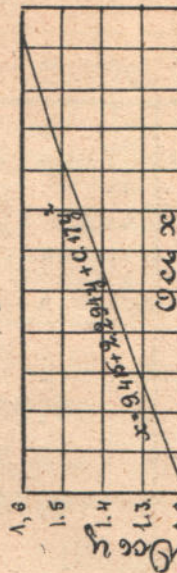
9. 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6

Два мѣсяца амб. 2,00 case. (XI)



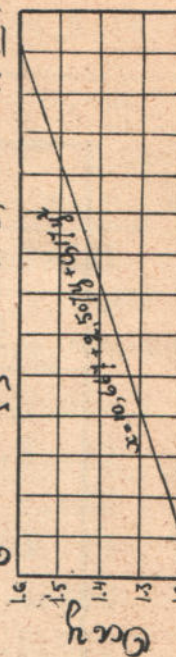
7.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7

Два мѣсяца амб. 2,75 case. (XIII)



12.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6

Два мѣсяца амб. 3,00 case. (XIV)



13.8 0.8 1.4 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6

ТАБЛИЦА XV

Отверстие (в)	Сумма объемов $ y_0 $ входа и выхода трубы   в зависимости отъ высоты устоевъ $y$  .
0.50	$0.35 + 2.920y + 1.420y^2$
0.75	$0.73 + 4.180y + 1.640y^2$
1.00	$1.27 + 5.440y + 1.860y^2$
1.25	$1.97 + 6.700y + 2.080y^2$
1.50	$2.83 + 7.960y + 2.300y^2$
1.75	$3.85 + 9.220y + 2.420y^2$
2.00	$4.03 + 10.48y + 2.640y^2$
2.25	$5.37 + 11.74y + 2.770y^2$
2.50	$6.87 + 12.00y + 2.900y^2$
2.75	$8.53 + 14.26y + 3.020y^2$
3.00	$10.35 + 15.52y + 3.140y^2$



Т А Б Л И Ц А XVI

площадей сѣченія трубъ ( $\omega$ ) и объема входа и выхода ( $\psi_e$ )

отверстие высо- та чашаху в	0,50с.		0,75с.		1,00с.	
	$\omega$ кв.с.	$\psi_e$ куб.с.	$\omega$ кв.с.	$\psi_e$ куб.с.	$\omega$ кв.с.	$\psi_e$ куб.с.
0,50	2,687	2,165	3,445	3,230	3,601	4,455
0,55	2,756	2,381	3,523	3,521	3,683	4,820
0,60	2,826	2,613	3,602	3,828	3,767	5,204
0,65	2,891	2,844	3,682	4,136	3,851	5,587
0,70	2,968	3,090	3,762	4,460	3,937	5,989
0,75	3,040	3,335	3,844	4,783	4,023	6,392
0,80	3,114	3,595	3,927	5,124	4,111	6,812
0,85	3,189	3,854	4,010	5,464	4,199	7,233
0,90	3,264	4,128	4,094	5,820	4,289	7,673
0,95	3,339	4,402	4,178	6,177	4,379	8,112
1,00	3,416	4,690	4,264	6,550	4,471	8,570
1,05	3,494	4,978	4,350	6,923	4,563	9,028
1,10	3,572	5,280	4,438	7,312	4,657	9,505
1,15	3,651	5,582	4,526	7,702	4,751	9,981
1,20	3,731	5,899	4,615	8,108	4,847	10,476
1,25	3,812	6,215	4,705	8,513	4,943	10,972
1,30	3,894	6,546	4,796	8,936	5,041	11,485
1,35	3,976	6,876	4,887	9,358	5,139	11,999
1,40	4,059	7,221	4,979	9,796	5,239	12,532
1,45	4,144	7,566	5,073	10,235	5,339	13,064
1,50	4,229	7,925	5,167	10,690	5,441	13,615
1,55	4,314	8,284	5,261	11,145	5,546	14,166
1,60	4,401	8,657	5,357	11,616	5,647	14,736
1,65	4,489	9,030	5,454	12,088	5,751	15,305
1,70	4,577	9,418	5,551	12,576	5,857	15,893
1,75	4,666	9,805	5,649	13,063	5,963	16,482
1,80	4,756	10,207	5,748	13,568	6,071	17,088

отверстие высо- та устья y	1,25 е.		1,50 е.		1,75 е.	
	ω кв. с.	υ <sub>0</sub> куб. с.	ω кв. с.	υ <sub>0</sub> куб. с.	ω кв. с.	υ <sub>0</sub> куб. с.
0,50	4,511	5,840	5,486	7,385	6,175	9,065
0,55	4,604	6,279	5,591	7,898	6,278	9,647
0,60	4,700	6,739	5,696	8,434	6,382	10,253
0,65	4,795	7,199	5,802	8,970	6,487	10,859
0,70	4,893	7,679	5,909	9,529	6,593	11,490
0,75	4,990	8,160	6,017	10,088	6,699	12,120
0,80	5,090	8,661	6,126	10,670	6,807	12,775
0,85	5,189	9,163	6,236	11,252	6,914	13,429
0,90	5,291	9,685	6,346	11,857	7,024	14,108
0,95	5,392	10,207	6,458	12,462	7,133	14,787
1,00	5,495	10,750	6,570	13,090	7,244	15,490
1,05	5,598	11,293	6,682	13,718	7,355	16,193
1,10	5,703	11,857	6,796	14,369	7,468	16,920
1,15	5,808	12,421	6,911	15,020	7,580	17,647
1,20	5,915	13,005	7,027	15,694	7,694	18,399
1,25	6,022	13,590	7,113	16,368	7,809	19,150
1,30	6,131	14,195	7,261	17,065	7,924	19,926
1,35	6,240	14,801	7,379	17,762	8,040	20,701
1,40	6,351	15,427	7,498	18,482	8,158	21,501
1,45	6,462	16,053	7,618	19,202	8,275	22,301
1,50	6,575	16,700	7,739	19,945	8,394	23,125
1,55	6,687	17,347	7,861	20,688	8,513	23,949
1,60	6,802	18,015	7,983	21,454	8,634	24,797
1,65	6,916	18,683	8,107	22,220	8,755	25,645
1,70	7,033	19,371	8,231	23,009	8,877	26,518
1,75	7,149	20,060	8,356	23,798	9,000	27,390
1,80	7,268	20,769	8,482	24,610	9,124	28,287

отверстие в дном Y	2,00 с.		2,25 с.		2,50 с.	
	$\omega$ кв.с.	$\nu_c$ кб.с.	$\omega$ кв.с.	$\nu_c$ кб.с.	$\omega$ кв.с.	$\nu_c$ кб.с.
0,50	6,762	9,930	7,425	11,933	8,089	13,595
0,55	6,863	10,586	7,532	12,658	8,200	14,340
0,60	6,965	11,268	7,640	13,411	8,313	15,114
0,65	7,069	11,951	7,748	14,164	8,426	15,888
0,70	7,173	12,660	7,857	14,945	8,540	16,691
0,75	7,278	13,368	7,967	15,726	8,655	17,494
0,80	7,385	14,104	8,078	16,535	8,771	18,326
0,85	7,491	14,839	8,190	17,343	8,888	19,158
0,90	7,598	15,600	8,303	18,180	9,006	20,019
0,95	7,706	16,362	8,416	19,016	9,124	20,880
1,00	7,815	17,150	8,530	19,880	9,243	21,770
1,05	7,924	17,938	8,645	20,744	9,362	22,660
1,10	8,035	18,752	8,761	21,636	9,483	23,579
1,15	8,146	19,567	8,877	22,527	9,605	24,498
1,20	8,258	20,403	8,994	23,447	9,728	25,446
1,25	8,370	21,248	9,112	24,366	9,851	26,394
1,30	8,484	22,116	9,231	25,313	9,976	27,371
1,35	8,598	22,983	9,351	26,280	10,100	28,348
1,40	8,714	23,866	9,472	27,235	10,226	29,354
1,45	8,829	24,770	9,593	28,210	10,353	30,360
1,50	8,946	25,690	9,715	29,213	10,481	31,395
1,55	9,063	26,610	9,838	30,215	10,608	32,430
1,60	9,181	27,556	9,962	31,245	10,738	33,494
1,65	9,300	28,503	10,086	32,275	10,868	34,558
1,70	9,420	29,476	10,211	33,333	10,999	35,651
1,75	9,540	30,448	10,337	34,391	11,130	36,744
1,80	9,662	31,448	10,464	35,477	11,263	37,866

отберем выгода цена $y$	2,75 е.		3,00 е.	
	$\omega$ кв. е.	$\sqrt{b}$ кб. е.	$\omega$ кв. е.	$\sqrt{b}$ кб. е.
0,50	10,605	16,415	11,964	18,895
0,55	10,728	17,279	12,097	19,828
0,60	10,852	18,173	12,232	20,792
0,65	10,977	19,067	12,367	21,757
0,70	11,104	19,992	12,505	22,753
0,75	11,231	20,916	12,642	23,748
0,80	11,359	21,871	12,782	24,776
0,85	11,487	22,825	12,920	25,803
0,90	11,617	23,810	13,061	26,861
0,95	11,748	24,795	13,201	27,920
1,00	11,879	25,810	13,344	29,010
1,05	12,011	26,825	13,486	30,100
1,10	12,144	27,870	13,631	31,221
1,15	12,277	28,915	13,774	32,343
1,20	12,413	29,991	13,920	33,496
1,25	12,548	31,066	14,065	34,648
1,30	12,684	32,172	14,213	35,833
1,35	12,821	33,277	14,360	37,017
1,40	12,960	34,413	14,510	38,232
1,45	13,099	35,549	14,659	39,448
1,50	13,239	36,715	14,811	40,695
1,55	13,379	37,881	14,961	41,942
1,60	13,520	39,077	15,113	43,220
1,65	13,662	40,273	15,265	44,499
1,70	13,806	41,500	15,420	45,809
1,75	13,950	42,726	15,574	47,118
1,80	14,095	43,983	15,731	48,460

ТАБЛИЦА XVII \*)

от верши трубы саж.	высота устовъ саж.	высота капюш саж.	Объем на пог. сажень трубы куб. саж.			Объем кладки на зависисей отъ длины трубы кв. саж.			толщина свода въ килогах саж.
			устов и свода	фунда- мента	всего	крыша	фунда- ментовъ	всего	
0.50	0.50	2.00	0.70	1.18	1.88	1.47	4.18	5.65	0.22
		3.00	0.70	1.18	1.88				0.24
		4.00	0.84	1.30	2.14				0.27
		6.00	0.84	1.30	2.14				0.31
0.75	0.75	3.00	1.26	1.59	2.85	3.05	7.27	10.32	0.24
		4.00	1.38	1.59	2.97				0.27
		6.00	1.47	1.72	3.19				0.31
		8.00	1.56	1.72	3.28				0.35
1.00	1.00	3.00	1.94	1.99	3.93	5.80	11.48	17.28	0.25
		4.00	2.07	1.99	4.06				0.28
		6.00	2.21	2.13	4.34				0.32
		8.00	2.31	2.13	4.44				0.36

Глубина фундамента принята 0,70 саж.

\*) Таблица взята съ |небольшимъ| измѣненіемъ формы таб-  
лицы |изъ| справ. книги Н. И. Ефимовича, ч. II, стр. 92 СПб.  
1907.

отверстie трубы саж.	высота чистоты саж.	высота насти саж.	Объем на пог. саж. Длинн трубы кубик. саж.			Объем квадрa не забивающей отк Длинн трубы кубик. саж.			мостовыи свада въ киловг саж.
			чистоты и свада	фунда- менты	всего	Крѣпльз	фунда- менты	всего	
1.50	1.00	3.00	2.71	2.53	5.24	8.67	16.72	26.39	0.26
		4.00	2.82	2.53	5.35				0.29
		6.00	2.97	2.70	5.67				0.34
		8.00	3.16	2.70	5.86				0.38
2.00	1.25	4.00	4.06	3.14	7.20	15.60	26.47	42.07	0.30
		6.00	4.21	3.14	7.35				0.36
		8.00	4.61	3.33	7.94				0.40
		10.00	4.61	3.33	7.94				0.44

нзъ мостовыхъ фермъ опущенъ ниже верхней поверхности подферменныхъ камней, низъ мостовыхъ фермъ по срединѣ пролета долженъ быть поднятъ надъ уровнемъ самыхъ высокихъ водъ не менѣе, какъ на 0,50 сажени.

Въ таблицѣ XVIII \*) показаны величины, необходимыя при назначеніи высоты бровки полотна у мостовъ разныхъ отверстій съ металлическимъ пролетнымъ строеніемъ и каменными опорами.

\*) Таблицу XVIII см. на стр. 46 и 47.

При опредѣленіи отверстія мостика по найденному расходу предполагаютъ, что перепадъ, т.е. переходъ отъ подпертаго горизонта къ горизонту воды за мостомъ, занимаетъ не менѣе ширины лицевой грани устоя. Отверстіе моста при каменныхъ устояхъ опредѣляется по формулѣ, представляющей сумму расходовъ воды: 1 | расхода черезъ неполный водосливъ при истеченіи воды на воздухъ и 2 | расхода черезъ щитовое окно, верхнее ребро котораго ниже поверхности подпертой воды; при этомъ предполагается что истечение происходитъ въ слой воды, глубиной  $\alpha$

Сумма этихъ двухъ расходовъ равна:

$$Q = \mu \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} [(h+k)^{3/2} - k^{3/2}] + \alpha (h+k)^{1/2} \right\} \dots \dots \dots (29)$$

откуда  $v = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} [(h+k)^{3/2} - k^{3/2}] + \alpha (h+k)^{1/2} \right\}} \dots \dots \dots (30)$

гдѣ  $Q$  - расходъ воды,

$\mu$  - коэффициентъ сжатія, который можно принять равнымъ 0,9,

$g = 4,6 \frac{\text{сант}}{\text{сек}^2}$

$h$  - подпоръ, равный  $\frac{u^2 - v^2}{2g}$

$u$  - допущенная средняя скорость въ сооруженіи,

$v$  - скорость притекающей къ сооруженіи воды,

$k$  - высота, соответствующая скорости притекающей воды, равная  $\frac{v^2}{2g}$ ,

$\alpha$  - глубина, соответствующая нестѣсненному живому теченію.

Величины допускаемой въ зависимости отъ укрѣпленія лотка средней скорости показаны въ таблицѣ  $\bar{V}$  на

страницѣ 14|.

Положивъ въ формулѣ |30|  $h = \frac{u^2 - v^2}{2g}$ ;  $k = \frac{v^2}{2g}$ ;  $\mu = 0,9$ ;  $g = 46$ , получимъ для  $v$  такое выраженіе |въ саж. |

$$v = \frac{Q}{0,0652(u^3 - v^3) + 0,9au} \dots\dots\dots (31)$$

Такъ какъ скорость  $v$  притеканія воды къ сооруже-  
женію при подпертомъ горизонтѣ не будетъ равна, какъ  
обыкновенно принимаютъ, скорости притеканія при не-  
стѣсненномъ сѣченіи, то правильнѣе опредѣлять от-  
верстіе  $v$  и высоту  $h$  подпора въ предположеніи  $k = \frac{v^2}{2g}$   
и  $k = 0$  и брать среднее изъ двухъ полученныхъ для  
 $v$  значеній.

Въ случаѣ, если  $k = 0$ ,  $h = \frac{u^2}{2g}$  и формула |30| при-  
метъ видъ

$$v_1 = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} (\frac{2}{3} h^{3/2} + ah^{1/2})} \dots\dots\dots (32)$$

или послѣ преобразованія:

$$v_1 = \frac{Q}{0,0652 u^3 + 0,9au} \dots\dots\dots (33)$$

Формула |33| получается также изъ формулы |31|,  
если положить въ послѣдней скорость притеканія

$$v = 0$$

Среднія значенія для величины отверстія и высо-  
ты подпора будутъ |въ саж. |  $v_0 = \frac{v + v_1}{2} \dots\dots\dots (34)$

$$и \quad h = \frac{u^2}{2g} - \frac{h}{2} = 0,1027u^2 - 0,0544v^2 \dots\dots\dots (35)$$

Полученныя отверстія округляются для мостиковъ  
до 1,00; 2,00 и т. д. цѣльныхъ саженей. Возможно также  
устройство лотковъ, отверстіемъ 0,5 саж..



Такъ какъ всегда назначаются величины отверстій не менѣе вычисленныхъ, то, очевидно, наибольшія среднія скорости въ сооруженіи будутъ меньше принятыхъ при опредѣленіи отверстія и дѣйствительный подпоръ будетъ меньше опредѣленнаго по формулѣ

$$h = \frac{u^2 - v^2}{2g}$$

Дѣйствительную величину подпора найдемъ, подставляя въ послѣднюю формулу вмѣсто  $u$  дѣйствительную скорость  $u_1$  для выбраннаго отверстія.

Скорость  $u_1$  опредѣляется слѣдующимъ образомъ.

Подставимъ въ формулу |31|  $u_1$  вмѣсто  $u$  и перепишемъ ее въ такомъ видѣ:

$$0,0652 \beta u_1^3 + \frac{0,9}{0,0652} \alpha u_1 - v^3 - \frac{Q}{0,0652 \beta} = 0 \dots (34)^{\text{bis}}$$

$$\text{или } u_1 + A u_1 + B = 0 \dots (35)^{\text{bis}}$$

$$\text{гдѣ } A = 13,8 \alpha \text{ и } B = -\left(15,34 \frac{Q}{\beta} + v^3\right).$$

откуда  $u_1$  по формулѣ Кардана будетъ равно

$$u_1 = \sqrt[3]{-\frac{B}{2} + \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + \left(\frac{A}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{B}{2} - \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + \left(\frac{A}{3}\right)^3}} \dots (36)$$

Дѣйствительный подпоръ, слѣдовательно, будетъ

$$h' = \frac{u_1^2 - v^2}{2g}$$

и высота подпорнаго горизонта  $a + h'$ .

Послѣднюю высоту необходимо сравнить съ допускомъ при данной высотѣ насыпи.

Когда глубина  $a$  потока ничтожна |что случается при очень пологихъ берегахъ|, то бываетъ иногда

ТАБЛИ

ФЕРМЫ	ПО ВЕРХУ							
	СО СПЛОШНЫМИ СТѢНКАМИ							
номинальное отверстие	1	2	3	4	5	6	7	8
высота подкрепленного колыма	0,05	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
расстояние от подошвы рывса до верха подкрепленного колыма	0,40	0,57	0,64	0,64	0,72	0,85	1,07	1,24
расстояние от подошвы рывса до низа фермы по середине пролета	0,28	0,45	0,52	0,61	0,70	0,82	0,95	1,14
размеры сечений между шпильками (по 2 на четной)	6 1/2" x 7"	7" x 7 1/2"	7" x 7 1/2"					

ФЕРМЫ	ПО		
	СО СКВОЗ		
номинальное отверстие	10	12	15
высота подкрепленного колыма	0,25	0,25	0,25
расстояние от подошвы рывса до верха подкрепленного колыма	0,52	0,84	0,90
расстояние от подошвы рывса до низа фермы по середине пролета	0,46	0,58	0,64

Ц А XVIII

П. О В Е Р Х У									
Со сквозными стѣнками									
10	10 параб.	12	15	15 параб.	18	20	20 параб.	25 параб.	30
0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
1,48	0,82	1,74	2,01	0,86	1,49	2,97	1,16	2,46	4,36
1,39	1,64	1,64	1,00	2,01	2,56	2,72	3,19	3,55	4,07

Н И З У						
ными стѣнками						
20	25	30 параб.	35	40	5	7
0,25	0,25	0,25	0,30	0,25	0,20	0,20
0,82	0,91	1,02	1,18	1,10	0,31	0,51
0,63	0,63	0,67	0,88	0,80	0,28	0,38

болѣе выгодно проектировать канаву и устраивать малый мостикъ, взамѣнъ большого, получаемого по расчету при первоначальной глубинѣ потока.

По формуламъ, служащимъ для опредѣленія отверстія мостиковъ, могутъ быть также опредѣляемы и отверстія каменныхъ трубъ, если трубы не длинныя.

Расчетъ отверстій мостиковъ подъ два и болѣе путей дѣлается по формуламъ, примѣняемымъ для расчета трубъ, такъ какъ для такихъ мостиковъ протяженіе перепада менѣе ширины лицевой грани устоя.

### В ы б о р ъ р о д а и с к у с с т в е н - н а г о с о о р у ж е н і я .\*)

Выборъ между мостомъ небольшого отверстія или каменной трубой того же отверстія зависитъ главнымъ образомъ отъ высоты насыпи, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ условія, при которыхъ допускается протеканіе воды по искусственному сооруженію, почти одинаковы. Чѣмъ выше насыпь, тѣмъ выгоднѣе, по отношенію къ объему каменной кладки, строить трубу.

Выборъ между каменной и чугунной трубой того же отверстія зависитъ отъ многихъ условій: отъ высоты насыпи, отъ относительной дешевизны матеріаловъ, отъ очертанія поперечнаго профиля еврага или тальвега, допускающаго значительное скопленіе воды передъ искусственнымъ сооруженіемъ съ подпоромъ или безъ подпора.

---

\*) По Л. Николаи "Мости" стр. 225, 253 и 254. СПб. 1901

отъ скорости протеканія и проч..

Чугунныя или каменныя трубы небольшихъ отверстій не должны быть устраиваемы въ такихъ мѣстахъ, гдѣ предвидится большое количество наносовъ, могущихъ заполнить трубу; такое заполненіе трубы наносами можетъ повести къ гибельнымъ послѣдствіямъ.

Для уменьшенія длины чугунныхъ и каменныхъ трубъ полезно выносить ихъ изъ наиболѣе пониженнаго мѣста еврага, съ устройствомъ съ верховой стороны подсыпной бермы и подводящаго русла, а съ низовой- выводного русла. Такое расположеніе выгодно еще и въ томъ отношеніи, что сберегаетъ расходы по устройству дорогаго основанія, такъ какъ по откосамъ еврага грунтъ болѣе крѣпкій, чѣмъ на днѣ.

---

Предварительный подсчетъ объема кладки двухъ устоевъ моста можетъ быть произведенъ по эмпирическимъ формуламъ, или по таблицамъ, или по графикамъ. Приводимыя ниже эмпирическія формулы, таблица XIX и XX и графики XXI и XXII объемовъ кладки двухъ устоевъ съ фундаментами для мостовъ разныхъ отверстій и при разныхъ высотахъ насыпи <sup>\*)</sup> составлены по даннымъ Кругобайкальской желѣзной дороги для мостовъ подъ одинъ путь

---

\*) Формулы, таблицы и графики взяты изъ книги Вяч. Яцына "Наивыгоднѣйшее проектиров. земл. полотна", стр. 101-104 СПб. 1906.

См. стр. 50-55 и приложение въ концѣ книги.

съ ъздою по верху или по низу при глубинѣ фундамента въ I саж., для мостовъ отъ I до 6 саж. и глубинѣ въ I,50 саж. для мостовъ, отверстіемъ больше 6 саж.. Въ случаѣ большей глубины заложенія фундамента, вводится поправка, которую можно взять по графику XXII, если глубина заложенія не превышаетъ 2 саж..

При пользованіи таблицами слѣдуетъ данныя въ нихъ количества кладки фундамента увеличивать, пропорціо-нально увеличенію глубины заложенія.

Замѣчаніе о поправкахъ къ фундаменту относится ко всѣмъ отверстіямъ мостовъ вообще.

| Ширина устоевъ мостовъ на Кругобайкальской желѣз-ной дорогѣ равна 2,00 саж., при высотѣ насыпи до 2,50 саж. и 2,20 саж. при высотѣ насыпи, большей 2,50 саж. |

Э м п и р и ч е с к і я ф о р м у л ы д л я о п р е д ѣ л е н і я о б ъ е м о в ъ к л а д к и д в у х ъ у с т о е в ъ и ф у н д а м е н т а м о с т а .

| По даннымъ Кругобайкальской ж.д. |

М о с т ы с ъ ъ з д о ю п о в е р х у .

Пролетъ въ свѣту  $l = 1,00$  с. до 6,00 с.

Высота насыпи  $H = 0,50$  с. - 2,40 с.; объемъ  $V = 5,78 +$   
 $+ 2,76H + 3,77H^2$

" "  $H = 2,50 - 3,50$  с.; объемъ  $V = 48,55 -$   
 $- 24,65H + 8,20H^2$

" "  $H = 3,60 - 5,50$  с.; объемъ  $V = 22,70 +$   
 $+ 19,80H + 1,63H^2$

$$L = 8,00 \text{ с.} - 10,00 \text{ с.}$$

$$\text{Высота насыпи } H=2,60 \text{ с.} - 3,40; V=6,62 + 3,00H + 4,20 H^2$$

$$\text{" " } H=3,50 \text{ с.} - 6,00; V=-26,20 + 22,85H + 1,62 H^2$$

Мосты съ ъздомъ по низу.

$$L = 10,00 \text{ с.} - 15,00 \text{ саж.}$$

$$H = 2,00 - 3,40 \text{ "}; V = 13,25 + 7,30H + 4,00 H^2$$

$$H = 3,50 - 5,50 \text{ "}; V = -43,25 + 37,82H + 0,30 H^2$$

$$L = 20,00 \text{ с.} - 25,00 \text{ "};$$

$$H = 2,00 - 3,40 \text{ "}; V = 15,11 + 7,46H + 4,10 H^2$$

$$H = 3,50 - 5,50 \text{ "}; V = -14,92 + 26,57H + 1,60 H^2$$

$$L = 30,00 \text{ с.}$$

$$H = 2,00 - 3,40 \text{ "}; V = 18,81 + 8,18H + 4,24 H^2$$

$$H = 3,50 - 5,50 \text{ "}; V = -23,65 + 33,54H + 0,95 H^2$$

Т А Б Л И Ц А XIX

объемовъ кладки устоевъ и фундаментовъ\*) мостовъ съ ъздомъ по верху |Кругобайкальская ж. д. |.

Высота насыпи H	Мосты съ ъздомъ по верху					
	Отв. L = 1,00 - 6,00 саж.			Отв. L = 8,00 - 10,00 саж.		
	срундаш.	стопки	объемъ V	срундаш.	стопки	объемъ V
0,50	6,40	2,10	8,50	-	-	-
0,55	6,40	2,30	8,70	-	-	-
0,60	6,40	2,40	8,80	-	-	-
0,65	6,40	2,60	9,00	-	-	-
0,70	6,50	2,80	9,30	-	-	-
0,80	6,80	3,30	10,10	-	-	-
0,90	7,10	3,90	11,00	-	-	-

\*) Въ таблицѣ XIX и XX объемы фундаментовъ для мостовъ отв.

L = 1,00 - 6,00 с. исчислены при глубинѣ заложения въ 1,00 саж.;  
для всѣхъ остальныхъ мостовъ - при глубинѣ въ 1,50 саж.

Высота Насти H	Мосты съ ъздок поверху					
	Отв. L = 1,00 - 6,00 саж.			Отв. L = 8,00 - 10,00 саж.		
	фундам.	стѣны	объем V	фундам.	стѣны	объем V
1.00	8,00	4,60	12,60	-	-	-
1.10	8,50	5,60	14,10	-	-	-
1.20	8,70	6,30	15,00	-	-	-
1.30	9,00	7,00	16,00	-	-	-
1.40	9,30	7,80	17,10	-	-	-
1.50	9,60	8,60	18,20	-	-	-
1.60	10,20	10,00	20,20	-	-	-
1.70	10,70	10,90	21,60	-	-	-
1.80	11,10	11,90	23,00	-	-	-
1.90	11,60	13,00	24,60	-	-	-
2.00	12,00	14,10	26,10	-	-	-
2.10	12,50	15,90	28,40	-	-	-
2.20	13,00	17,20	30,20	-	-	-
2.30	13,40	18,60	32,00	-	-	-
2.40	13,90	20,00	33,90	-	-	-
2.50	16,00	22,40	38,40	21,20	21,00	42,20
2.60	16,10	22,70	38,80	21,50	21,30	42,80
2.70	16,50	24,50	41,00	22,20	23,10	45,30
2.80	17,00	26,40	43,40	22,90	25,00	47,90
2.90	17,50	28,40	45,90	23,60	27,00	50,60
3.00	17,90	30,50	48,40	24,30	29,10	53,40
3.10	18,40	32,60	51,00	25,10	31,20	56,30
3.20	18,90	34,90	53,80	25,80	33,50	59,30
3.30	19,40	37,20	56,60	26,50	35,80	62,30
3.40	19,90	39,60	59,50	27,20	38,20	65,40



Высота Н	Мосты съ вздох поверху					
	Отв. $L = 1,00 - 6,00$ саж.			Отв. $L = 8,00 - 10,00$ саж.		
	фундам.	столы	абзисы $\psi$	фундам.	столы	абзисы $\psi$
3.50	20,30	42,10	62,40	28,20	45,90	74,10
3.60	20,60	49,60	70,20	28,90	48,20	77,10
3.70	20,90	52,00	72,90	29,50	50,50	80,00
3.80	21,20	54,40	75,60	30,20	52,90	83,10
3.90	21,50	56,90	78,40	30,90	55,50	86,40
4.00	21,80	59,60	81,40	31,50	58,10	89,60
4.10	22,10	62,30	84,40	32,20	60,90	93,10
4.20	22,40	65,10	87,50	33,00	63,70	96,70
4.30	22,70	68,10	90,80	33,70	66,60	100,30
4.40	23,00	71,10	94,10	34,40	69,60	104,00
4.50	23,40	74,10	97,50	35,10	72,70	107,80
4.60	23,90	77,30	101,20	35,80	75,90	111,70
4.70	24,40	80,60	105,00	36,60	79,10	115,70
4.80	24,80	83,90	108,70	37,30	82,50	119,80
4.90	25,30	87,40	112,70	38,00	85,90	123,90
5.00	25,80	91,40	117,20	38,70	90,00	128,70
5.10	26,30	95,00	121,30	39,40	93,60	133,00
5.20	26,80	98,60	125,40	40,20	97,20	137,40
5.30	27,20	102,30	129,50	40,90	100,90	141,80
5.40	27,70	106,10	133,80	41,60	104,60	146,20
5.50	28,20	110,20	138,40	42,30	109,00	151,30
5.60	-	-	-	42,70	110,90	153,60
5.70	-	-	-	43,50	114,80	158,30
5.80	-	-	-	44,20	118,70	162,90
5.90	-	-	-	44,80	122,80	167,60
6.00	-	-	-	45,60	126,90	172,50

# Т А Б Л И Ц А XX

объемовъ кладки устоевъ мостовъ съ фундаментами при ъздѣ по низу. | Круго-Байкаль-  
ская желѣзная дорога. |

Высота носки H	М о с т ы с ь ъ з д ѣ ю П о н и з у								
	Обв. L = (10 - 15) саж.		Обв. L = (20 - 25) саж.		Обв. L = 30 саж.				
	столки	объем в куб. саж.	столки	объем в куб. саж.	столки	объем в куб. саж.			
1,50	18,90	13,70	32,60	20,30	14,40	34,70	23,00	16,50	39,50
1,60	19,80	15,50	35,30	21,20	15,80	37,00	23,90	18,60	42,50
1,70	20,50	16,90	37,40	21,90	17,80	39,70	24,50	20,20	44,70
1,80	21,10	18,20	39,30	22,60	19,20	41,80	25,20	21,90	47,10
1,90	21,80	19,70	41,50	23,20	20,80	44,00	25,90	23,60	49,50
2,00	22,50	21,20	43,70	23,90	22,40	46,30	26,60	25,40	52,00
2,10	23,20	23,40	46,60	24,60	24,60	49,20	27,30	27,80	55,10
2,20	23,90	25,10	49,00	25,30	26,40	51,70	27,90	29,70	57,60
2,30	24,50	26,80	51,30	26,00	28,20	54,20	28,60	31,70	60,30
2,40	25,20	28,60	53,80	26,60	30,10	56,70	29,30	33,80	63,10
2,50	28,00	30,30	58,30	29,20	31,80	61,00	31,80	35,60	67,40
2,60	28,20	30,90	59,10	29,40	32,60	62,00	32,00	36,50	68,50
2,70	28,90	33,10	62,00	30,20	34,80	65,00	32,70	38,90	71,60
2,80	29,60	35,30	64,90	30,90	37,10	68,00	33,40	41,30	74,70
2,90	30,30	37,60	67,90	31,60	39,50	71,10	34,20	43,90	78,10
3,00	31,00	40,00	71,00	32,30	42,00	74,30	34,90	46,60	81,50

3, 10	31, 80	42, 50	74, 30	33, 00	44, 60	77, 60	35, 60	49, 30	84, 90
3, 20	32, 50	45, 10	77, 60	33, 80	47, 20	81, 00	36, 30	52, 10	88, 40
3, 30	33, 20	47, 80	81, 00	34, 50	50, 00	84, 50	37, 00	55, 00	92, 00
3, 40	33, 90	50, 50	84, 40	35, 20	52, 80	88, 00	37, 80	58, 00	95, 80
3, 50	35, 10	60, 60	95, 70	36, 40	63, 00	99, 40	38, 90	68, 30	107, 20
3, 60	35, 80	62, 60	98, 40	37, 10	65, 00	102, 10	39, 60	70, 50	110, 10
3, 70	36, 40	64, 70	101, 10	37, 70	67, 30	105, 00	40, 30	75, 00	113, 30
3, 80	37, 10	67, 20	104, 30	38, 40	69, 80	108, 20	40, 90	75, 60	116, 50
3, 90	37, 80	69, 90	107, 70	39, 00	72, 60	111, 60	41, 60	78, 60	120, 20
4, 00	38, 40	72, 90	111, 30	39, 70	75, 60	115, 30	42, 20	81, 80	124, 00
4, 10	39, 10	75, 90	115, 00	40, 40	78, 70	119, 10	42, 90	85, 00	127, 90
4, 20	39, 80	79, 00	118, 80	41, 10	81, 90	123, 00	43, 70	88, 40	132, 10
4, 30	40, 50	82, 20	122, 70	41, 80	85, 20	127, 00	44, 40	91, 90	136, 30
4, 40	41, 20	85, 50	126, 70	42, 60	88, 60	131, 20	45, 10	95, 40	140, 50
4, 50	42, 00	88, 90	130, 90	43, 30	92, 10	135, 40	45, 80	99, 10	144, 90
4, 60	42, 80	92, 40	135, 20	44, 00	95, 60	139, 60	46, 50	102, 80	149, 30
4, 70	43, 50	96, 00	139, 50	44, 80	99, 30	144, 10	47, 30	106, 60	153, 90
4, 80	44, 20	99, 60	143, 80	45, 50	103, 10	148, 60	48, 00	110, 50	158, 50
4, 90	44, 90	103, 30	148, 20	46, 20	106, 80	153, 00	48, 80	114, 40	163, 20
5, 00	45, 60	107, 60	153, 20	46, 90	111, 20	158, 10	49, 50	119, 00	168, 50
5, 10	46, 80	111, 60	157, 90	47, 60	115, 20	162, 80	50, 20	123, 10	173, 30
5, 20	47, 10	115, 60	162, 70	48, 40	119, 30	167, 70	50, 90	127, 40	178, 30
5, 30	47, 80	119, 70	167, 50	49, 10	123, 50	172, 60	51, 60	131, 70	183, 30
5, 40	48, 50	123, 80	172, 30	49, 80	127, 60	177, 40	52, 40	136, 10	188, 50
5, 50	49, 30	128, 40	177, 40	50, 60	131, 90	182, 50	53, 10	140, 60	193, 70

Для подсчета объема кладки устоевъ мостовъ подъ два пути можно пользоваться графикомъ XXIII \*) , составленнымъ для мостовъ Варшавско-Калишской ж. д..

Ширина устоевъ мостовъ этой дороги принята въ зависимости отъ высоты насыпи. При высотѣ  $H$  насыпи меньшей 2,50 саж. ширина  $\ell$  устоевъ равна 4,00 саж.; при  $H > 2,50$  саж. | до 2,80 саж. |  $\ell = 4,20$  саж.. При высотѣ насыпи, большей 2,8 саж., ширина устоя измѣняется кромѣ того, и въ зависимости отъ величины пролета, а именно: при  $\ell < 20$  саж.,  $e = 4,20$  саж., при  $\ell = 20$  саж.,  $e = 4,76$  саж..

А. Вилковъ

---

\*) Графикъ заимствованъ изъ альбома Варшавско-Калишской желѣзн. дороги; см. приложение.

И С Т О Ч Н И К И.

- 1 | Ф.Е.Максименко, Курсъ гидравлики. СПб. 1894.
- 2 | Инструкция для производства изысканій Пермь-Котласской ж. дороги. СПб. 1895.
- 3 | А.Карачевскій-Волжъ, Графики и таблицы для опредѣленія отверстій искусственныхъ сооружений малыхъ отверстій. 1897.
- 4 | С.К.Куницкій, Краткія общія указанія и главнѣйшія данныя для проектированія мостовныхъ сооружений СПб. 1898.
- 5 | Сводъ распоряженій Министерства Пут. Сообц. по службѣ пути желѣзныхъ дорогъ. Вып. II СПб. 1900.
- 6 | Инструкция для расчета отверстій искусственныхъ сооружений и къ укрѣпленію откосовъ, насыпей, вѣмонъ, русель, входныхъ и выходныхъ лотковъ, нагорныхъ и отводныхъ канавъ, кветовъ и дамбъ. СПб. 1900.  
| Желѣзнодорож. линіи по Южн. скл. Уральск. хребта |
- 7 | Ефимовичъ, Справочная книга для инженеровъ и техниковъ путей сообщенія на 1900 годъ. СПб. 1900
- 8 | Л.Ф.Николаи, Мосты, Вып. I СПб. 1901.
- 9 | Пояснительная записка къ расчету отверстій искусственныхъ сооружений Калишскаго участка Варшавско-Вѣн. ж. д. . Варшава. 1901.
- 10 | Генрихъ Краевскій, Желѣзнодорожныя изысканія и составленіе проекта желѣзной дороги. Тома II и

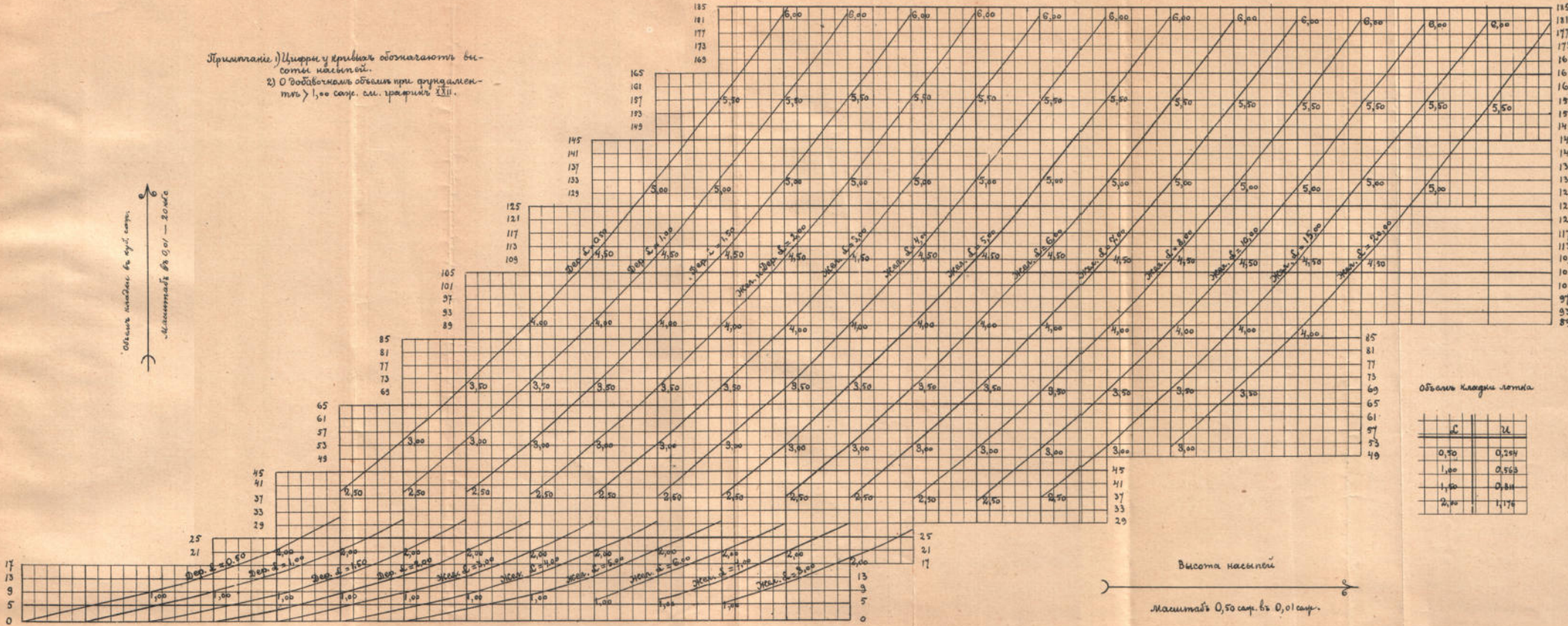
III. СПб. 1902 г.

- II | Альбомъ Варшавско-Калишской ж. дороги. Варшава.  
1903 г.
- II2 | Л. Штукенбергъ, Производство желѣзнодорожныхъ изы-  
сканій. Изд. 2-ое. 1904 г.
- II3 | Влч. Яцына. Наивыгоднѣйшее проектированіе земля-  
ного полотна при оцѣнкѣ расходовъ по постройкѣ  
ж. дорогъ, шоссе и сооруженій большой площади.  
СПб. 1906.
- II4 | Н. И. Ефимовичъ. Справочная книга для инженеровъ и  
техниковъ путей сообщенія и инженеровъ строителей  
на 1907-ой годъ. СПб. 1907.

# Графикъ XII объема каменной кладки двухъ устоевъ мостовъ съ вздономъ поверху (при глубинѣ фундамента въ 1,00 саж.).

Примѣчаніе 1) Цифры у кривыхъ обозначаютъ высоту насыпи.  
 2) О добавочномъ объемѣ при фундаментахъ > 1,00 саж. см. графикъ XIII.

Объемъ насыпи въ куб. саж.  
 Масштабъ въ 0,01 — 20 мбс



Объемъ кладки лотка

h	V
0,50	0,294
1,00	0,563
1,50	0,811
2,00	1,174

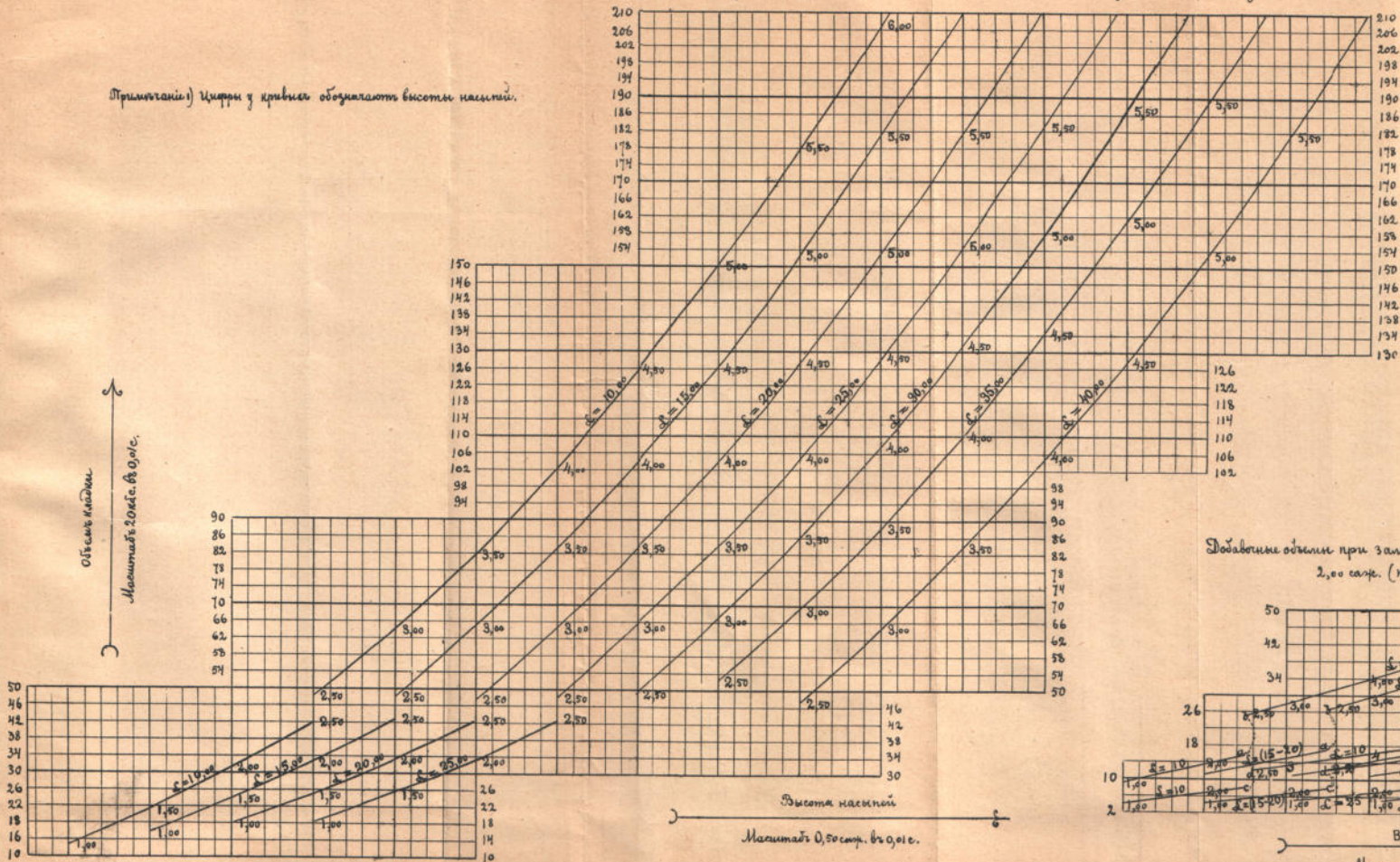
Высота насыпи

Масштабъ 0,50 саж. въ 0,01 саж.

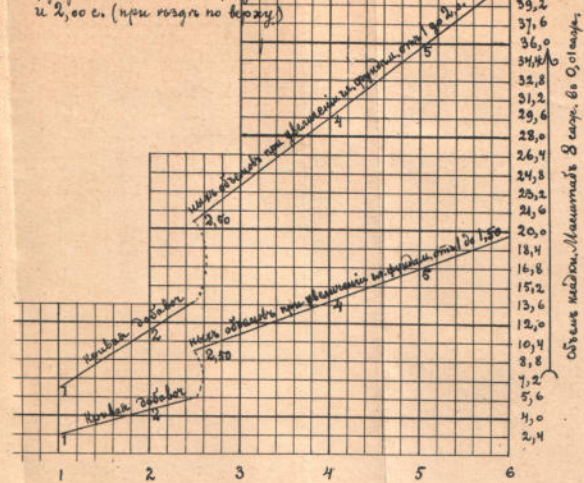
# Графикъ XVII объемовъ каменной кладки двухъ устоевъ мостовъ съ воздо по низу (при глубинѣ фундамента въ 1,00 саж.).

Примѣчаніе) Цифры у кривыхъ обозначаютъ высоты насыпей.

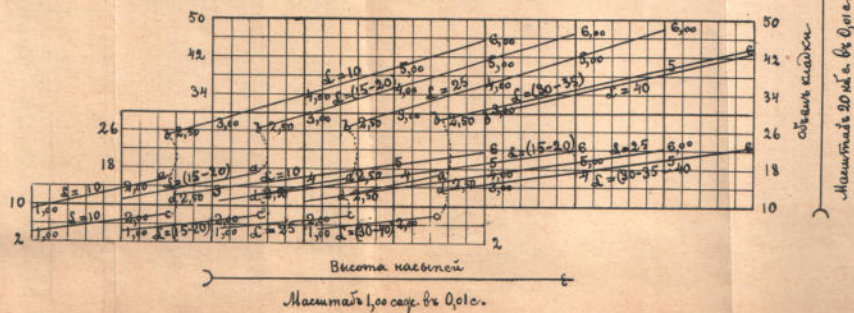
Объемъ кладки  
Масштабъ 2,00 саж. въ 0,01 с.



Добавочны объемы при заложении фундамента отъ 1 саж. до 1,5 с. и 2,00 с. (при воздо по возду.)



Добавочны объемы при заложении фундам. отъ 1,50 до 2,00 саж. (при воздо по низу)

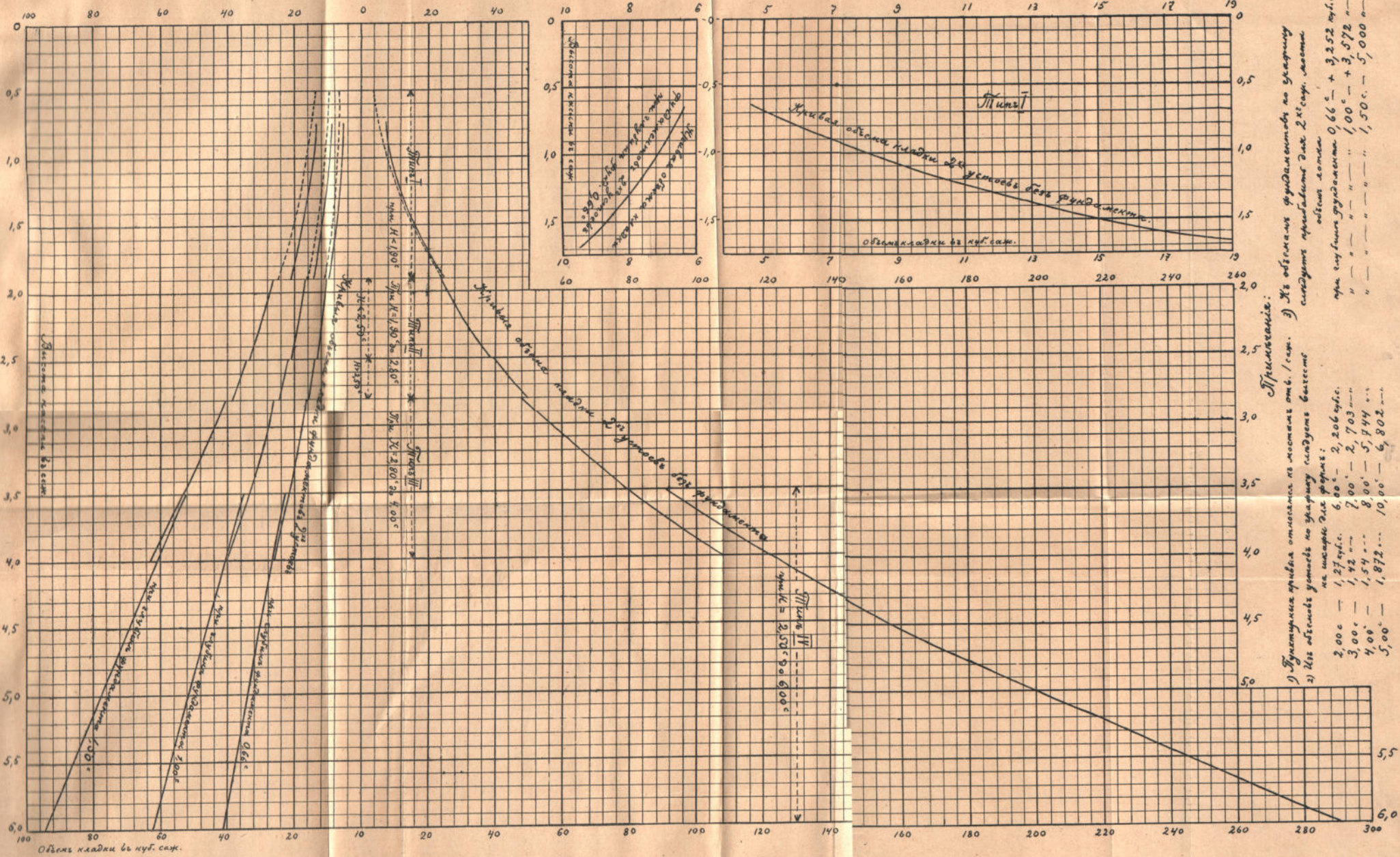




# Диаграмма XXIII объемов кладки устоев мостовъ.

Для мостовъ отверстіемъ болѣе 1 саж.

Для мостовъ отверстіемъ 1 саж.



Примечаніе:  
 1) Буквенная первая относится къ моменту отв. / саж. 2) Изъ объемовъ фундамента на устье моста  
 3) Изъ объемовъ фундамента на устье моста въ 2 саж. моста  
 на устье моста  
 2,00' — 1,27 куб. саж. — 6,00' — 2,206 куб. саж.  
 3,00' — 1,42 " — 7,00' — 2,703 " —  
 4,00' — 1,54 " — 8,00' — 3,444 " —  
 5,00' — 1,872 " — 10,00' — 6,802 " —



