

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«КОЛЛЕДЖ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»

**РАСЧЕТ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ  
И ПЛОЩАДЕЙ УКРЕПЛЕНИЙ  
(экзамен)**

**Методические указания  
к расчетной задаче по дисциплине  
МДК 01.02 Проектирование инженерных сооружений**

для студентов по специальности  
Специальность: 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных  
сооружений

Москва 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. Определение расчетного расхода .....	5
1.1. Расчет ливневого стока .....	5
1.2. Расчет стока талых вод .....	9
2. Подбор отверстия типовой трубы и вида оголовка .....	13
3. Определение минимальной высоты насыпи у трубы и ее длины.....	16
4. Определение площадей укреплений у входных и выходных оголовков...	20
5. Список рекомендуемой литературы .....	24
Приложение 1 .....	
Приложение 2 .....	
Приложение 3 .....	
Приложение 4 .....	
Приложение 5 .....	
Приложение 6 .....	
Приложение 7 .....	

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящие методические указания предназначены в помощь студентам при выполнении первой части курсового проекта «Проектирование малых водопропускных сооружений и мостовых переходов» и дипломного проектирования, в части расчета отверстий водопропускных труб и определения площадей необходимых укреплений у входного и выходного оголовков.

Дорожные водопропускные трубы являются основным видом малых искусственных сооружений на автомобильных дорогах. Рекомендуется для пропуска расходов малых водотоков применение труб вместо малых мостов, особенно на участках автомобильных дорог с вогнутым продольным профилем.

Благодаря наличию земляной насыпи над трубой покрытие автомобильной дороги сохраняет свою однородность, что способствует постоянству расчетной скорости движения автомобилей.

Расчеты показывают, что трубы в подавляющем большинстве случаев требуют меньшего расхода материала на их сооружение, чем мосты таких же отверстий. Трубы особенно выгодно применять при больших насыпях.

Однако трубы не рекомендуется применять на постоянно действующих водотоках с возможным ледоходом или корчеходом, на водотоках, где возможно образование наледей, и на переходах через селевые потоки.

В методических указаниях приведены методика и необходимые справочные данные для определения максимальных расходов воды с малых водосборов и назначение основных размеров труб – отверстия, высоты и длины, площадей укреплений у входных и выходных оголовков.

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА

Количество воды, притекающей к сооружению с малого водосбора (бассейн с площадью  $F < 100$  км<sup>2</sup>), поддается расчетам по формулам, увязывающим основные стокообразующие факторы: осадки (ливни и снеготаяние), площадь водосбора, потери, условия стока.

За расчетный принимается наибольший возможный расход, повторяющийся 1 раз за 100, 50 лет или 33 года в зависимости от капитальности сооружения и категории дороги. При расчетах малых мостов и труб расчетный расход характеризуют как расход с вероятностью превышения (ВП) расчетных паводков [2]:

Категория дороги	I II–III IV–V		
Вероятность превышения ВП, %	1	2	3

В зависимости от района проектирования наибольший расход заданной вероятности превышения (ВП) может сформироваться за счет ливневых или талых вод. Поэтому рассчитывают одновременно максимальные расходы ливневого стока и талых вод. В качестве расчетного принимают большее из найденных значений.

## 1.1. Расчет ливневого стока

Максимальный расход ливневых вод определяют по формуле [4]

$$Q_{л} = 16,7 \cdot a_{\text{час}} \cdot k_t \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (1.1)$$

где 16,7 – коэффициент, учитывающий размерность величин в данной зависимости;  $a_{\text{час}}$  – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин, определяемая по табл. 1.1 в зависимости от заданной ВП и ливневого района проектируемой дороги (прил. 1.);  $k_t$  – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности (табл. 1.2);  $\alpha$  – коэффициент потерь стока, зависит от вида грунта на водосборе (табл. 1.3);  $\varphi$  – коэффициент редукции, учитывающий неполноту стока, зависит от площади водосбора (табл. 1.4);  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Территория водосборного бассейна ограничивается линией водораздела (1) и линией проектируемой трассы дороги (2) (рис. 1.1).

Таблица 1.1

Заданная вероятность превышения ВП, %	Интенсивность ливня часовой продолжительности $a_{\text{час}}$ , мм/мин, для ливневых районов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,40	0,50	0,70	0,90	0,97	1,00	1,15	1,41	1,48	1,74
2	0,34	0,42	0,58	0,74	0,82	0,89	0,97	1,24	1,28	1,46

3	0,32	0,42	0,52	0,69	0,75	0,81	0,89	1,15	1,20	1,35
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Таблица 1.2

Длина лога L, км	Значение $k_t$ при уклоне бассейна $i_n$										
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3					
0,15	4,21	Полный сток $k_t = 5,24$									
0,30	2,57						3,86				
0,50	1,84						2,76	3,93			
0,75	1,41						2,08	2,97	4,50	5,05	
1,00	1,16						1,71	2,53	3,74	4,18	4,50
1,25	1,00						1,49	2,20	3,24	3,60	3,90
1,50	0,88						1,30	1,93	2,82	3,15	3,40
1,75	0,80						1,18	1,75	2,58	2,84	3,06
2,00	0,73						1,07	1,59	2,35	2,64	2,85
2,50	0,63						0,92	1,37	2,02	2,26	2,44
3,00	0,56	0,82	1,21	1,79	2,00	2,16					
4,00	0,46	0,68	1,00	1,48	1,65	1,78					
5,00	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54					
6,00	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36					
7,00	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23					
8,00	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12					
10,00	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97					

Таблица 1.3

Вид и характер поверхности водосбора	Коэффициент $a$ при площадях водосбора F, км <sup>2</sup>		
	0 - 1	1 - 10	10 - 100
Асфальт, бетон, скала без трещин	1,00	1,00	1,00
Жирная глина, такыры	0,70 – 0,95	0,65 – 0,95	0,60 – 0,90
Суглинки, подзолистые почвы, тундровые и болотистые почвы	0,60 – 0,90	0,55 – 0,80	0,50 – 0,75
Чернозем, каштановые и карбонатные почвы, лес	0,55 – 0,75	0,45 – 0,70	0,35 – 0,65
Супеси, степные почвы	0,30 – 0,55	0,20 – 0,50	0,20 – 0,45
Песчаные, гравелистые, рыхлые почвы	0,20	0,15	0,10

Таблица 1.4

Площадь водосбора F, км <sup>2</sup>	Коэффициент редукции $\phi$	Площадь водосбора F, км <sup>2</sup>	Коэффициент редукции $\phi$	Площадь водосбора F, км <sup>2</sup>	Коэффициент редукции $\phi$
0,0001	0,98	0,20	0,68	3,00	0,47
0,001	0,91	0,30	0,66	5,00	0,52
0,005	0,86	0,50	0,63	6,00	0,40
0,01	0,81	0,80	0,58	10,00	0,33
0,05	0,75	1,00	0,53	15,00	0,31
0,1	0,69	2,00	0,50	20,00	0,30

Площадь данной территории ( $F$ ) определяется по карте местности при помощи палетки, суммируя количество полных и полусумму неполных квадратов, либо ее разбивают на элементарные геометрические фигуры и находят общую площадь этих фигур.

По карте также определяются данные для вычисления длины ( $L_{\text{л}}$ ) и уклона главного лога ( $i_{\text{л}}$ ), уклона лога у сооружения ( $i_{\text{с}}$ ) и уклонов склонов ( $i_1, i_2$ ) по следующим формулам [7]:

$$L_{\text{л}} = l_1 + l_2 + \dots + l_n; \quad (1.2)$$

$$i_{\text{л}} = \frac{H_{\text{в}} - H_0}{L_{\text{л}}}; \quad (1.3)$$

$$i_{\text{с}} = \frac{h_1 - h_2}{300}; \quad (1.4)$$

$$i_1 = \frac{H_1 - H_0}{a}; \quad i_2 = \frac{H_2 - H_0}{b}, \quad (1.5)$$

где  $n$   $l_1, l_2 \dots l_n$  – отрезки по длине главного лога,  $H_{\text{в}}$  – отметка вершины лога,  $H_0$  – отметка лога в месте установки трубы (рис. 1.2);

$h_1, h_2$  – соответственно отметки лога на 200 м выше и 100 м ниже проектируемого сооружения;  $a$  – расстояние от точки  $H_1$  до точки  $H_0$ ;  $b$  – расстояние от точки  $H_2$  до точки  $H_0$  (рис. 1.3).

Общий объем ливневого стока определяют по формуле

$$W_{\text{л}} = 60000 \left( \frac{a_{\text{час}} \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi}{\sqrt{k_t}} \right). \quad (1.6)$$

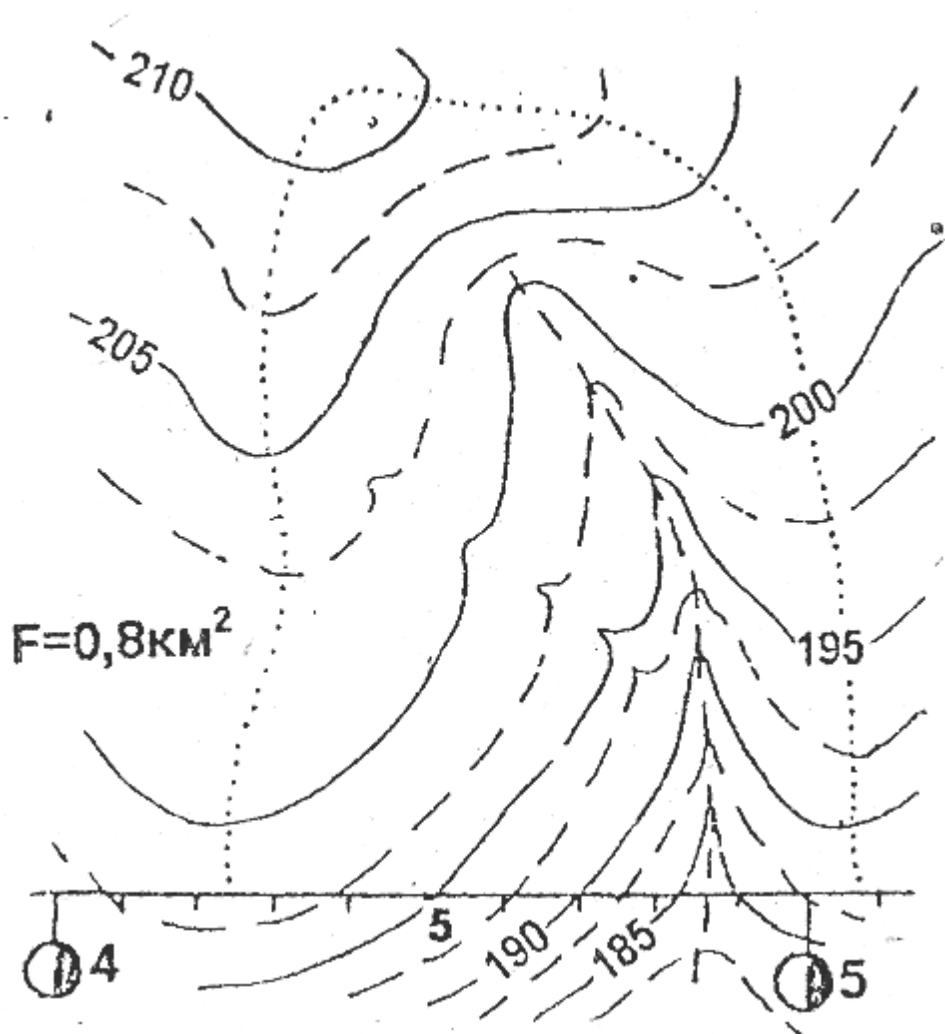


Рис. 1.1. План водосборного бассейна:

1 – граница водосборного бассейна; 2 – линия проектируемой дороги

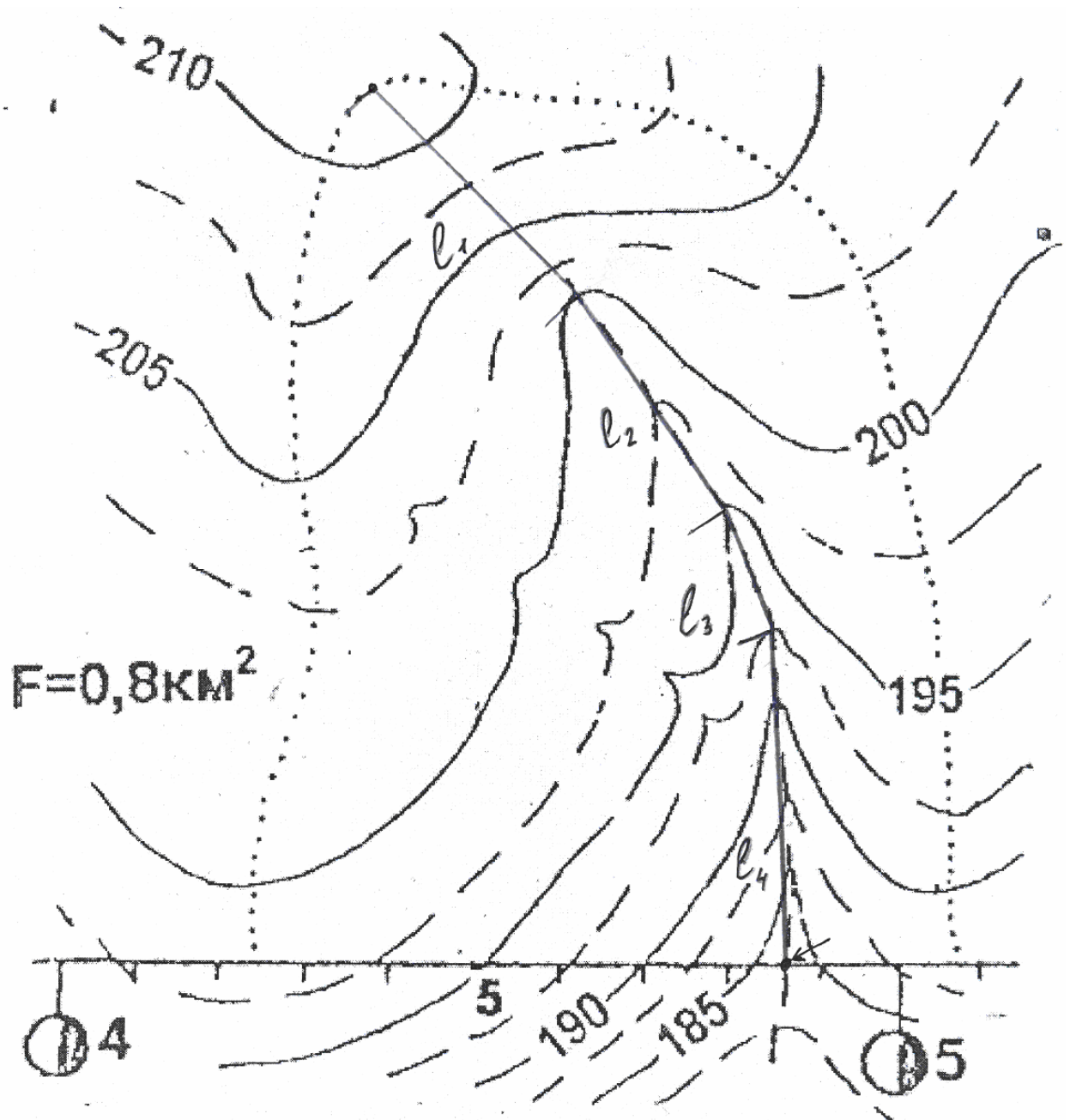


Рис. 1.2. Схема для определения длины  $L_{л}$  и среднего уклона главного лога  $i_{л}$



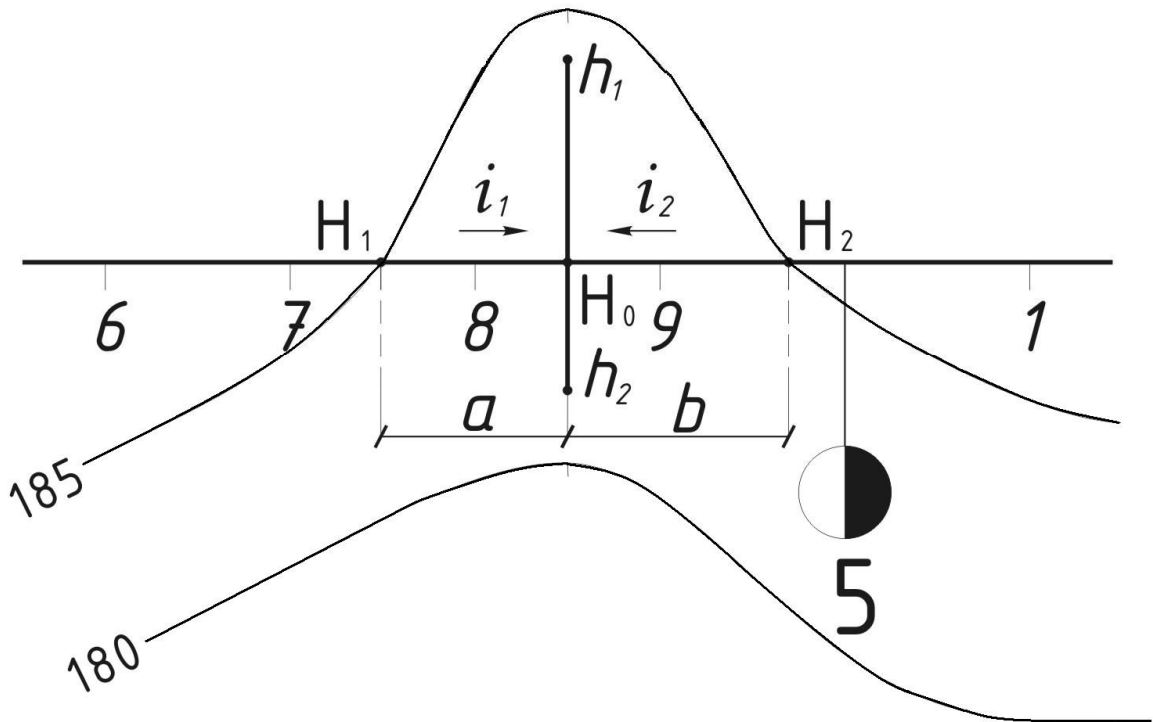


Рис. 1.2. Схема для определения уклона лога у сооружения  $i_c$  и уклонов склонов  $i_1, i_2$

## 1.2. Расчет стока талых вод

Максимальный расчетный расход талых вод определяется для любых бассейнов по редуccionной формуле [4]

$$Q_T = \frac{k_0 \cdot h_p \cdot F \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(F + 1)^n}, \quad (1.7)$$

где  $h_p$  – расчетный слой суммарного стока, мм, той же ВП, что и искомый максимальный расход  $Q_T$ ;  $k_0$  – коэффициент дружности половодья (определяемый для равнинных рек по табл. 1.5, для горных рек – табл. 1.6);  $n$  – показатель степени (для равнинных водосборов принимается по табл. 1.5, для горных водосборов с уклонами –  $i_{л} > 0,05$ ,  $n = 0,15$ );  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – коэффициенты, учитывающие снижение расхода на бассейнах, зарегулированных озерами (табл. 1.7), залесенных и заболоченных (табл. 1.8).

Таблица 1.5

Природная зона (район)	$k_0$	$n$
<i>Тундра и лесная</i>		
Европейская территория СНГ и Восточная Сибирь	0,010	0,17

Западная Сибирь	0,013	0,25
<i>Лесостепная и степная</i>		
Европейская территория СНГ	0,020	0,25
Северный Кавказ	0,030	0,25
Западная Сибирь	0,030	0,25
<i>Засушливые степи</i>		
Западный и центральный Казахстан	0,060	0,35

Таблица 1.6

Географический район	Средняя высота бассейна над уровнем моря, м	$k_0$
Урал	<500	0,0025
Урал	>500	0,0018
Карпаты	-	0,0045
Алтай	<1000	0,0025
Алтай	1000 - 2000	0,0015
Алтай	>2000	0,0010
Северо-восток СНГ	-	0,0030
Камчатка	-	1,0010

Таблица 1.7

Озерность, %	2-5	5-10	10-15	Более 15
$\delta_1$	0,90	0,80	0,75	0,70

Таблица 1.8

$\beta = \frac{5F_{\text{л}}}{F} + \frac{10F_{\text{б}}}{F} + 1$ (целые числа)	$\beta$ (десятые доли)				
	0	2	4	6	8
	$\delta_2 = f(\beta)$				
1	1,00	0,94	0,88	0,84	0,80
2	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64
3	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54
4	0,52	0,50	0,48	0,47	0,46
5	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39
6	0,38	0,37	0,36	0,31	0,33
7	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29

*Примечание.*  $F_{\text{л}}$  и  $F_{\text{б}}$  – площади леса и болот на бассейне

Расчетный слой стока определяют по формуле

$$h_p = h \cdot k_p, \quad (1.8)$$

где  $h$  – средний слой стока, определяемый по карте прил. 2 (для малых водосборов к значениям, снятым с карты, вводят поправочные коэффициенты: при холмистом рельефе и глинистых грунтах – 1,1; при равнинном рельефе и песчаных грунтах – 0,9; в засушливых районах и полупустынной зоне Западной Сибири и Казахстана – по табл. 1.9);  $k_p$  – модульный коэффициент, значение которого определяют в зависимости от

расчетной ВП, коэффициента вариации  $c_v$  и коэффициента асимметрии слоя  $c_s$  (рис. 1.4).

Таблица 1.9

Средний слой стока $h$ , мм, снятый с карты (рис. 2)	Поправочный коэффициент при площади водосбора $F$ , км <sup>2</sup>		
	Менее 10	100	500
Менее 10	3,5	2,3	1,6
От 10 до 15	2,5	1,6	1,4
От 15 до 30	1,5	1,3	1,2

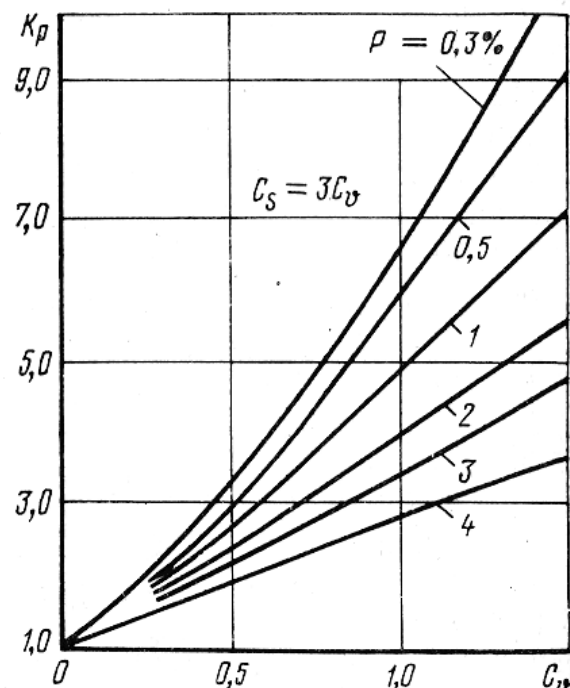
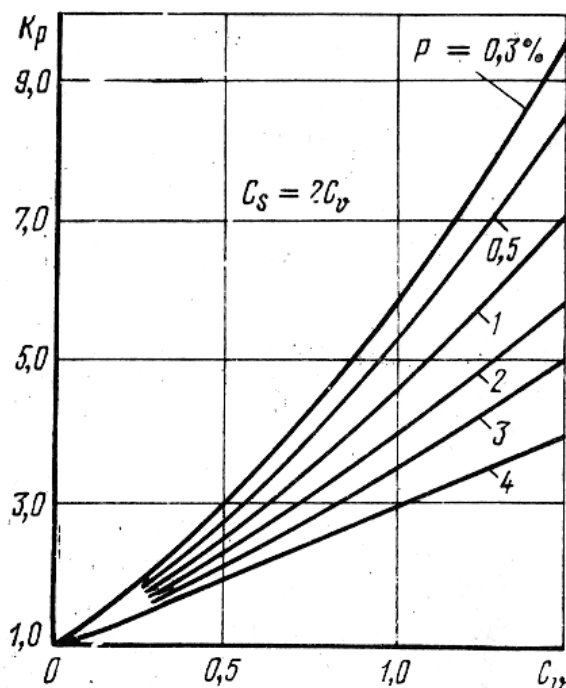


Рис. 1.4. Кривые модульных коэффициентов слоев стока

Коэффициент вариации  $c_v$  слоев стока талых вод принимают по карте прил. 3, при этом для бассейнов площадью менее 100 км<sup>2</sup> значения  $c_v$ , снятые с карты, умножают на коэффициенты:

площадь бассейна  $F$ , км<sup>2</sup>: 0–50 50–100  
коэффициент: 1,5 1,20

При определении модульного коэффициента слоев стока  $k_p$  (рис. 1.4) принимают – для равнинных водосборов  $c_s=2c_v$ ; для северо-запада и северо-востока страны, а также для горных водосборов –  $c_s=3c_v$ .

В качестве расчетного принимается максимальный расход, для которого осуществляется подбор отверстия трубы и вида оголовка.

## 2. ПОДБОР ОТВЕРСТИЯ ТИПОВОЙ ТРУБЫ И ВИДА ОГОЛОВКА

Отверстие проектируемой трубы зависит от расчетного расхода  $Q_p$ , который должна пропустить труба, вида оголовка, а также от глубины лога у сооружения и режима ее работы. Различают три режима протекания потока в трубах (рис. 2.1) [1]:

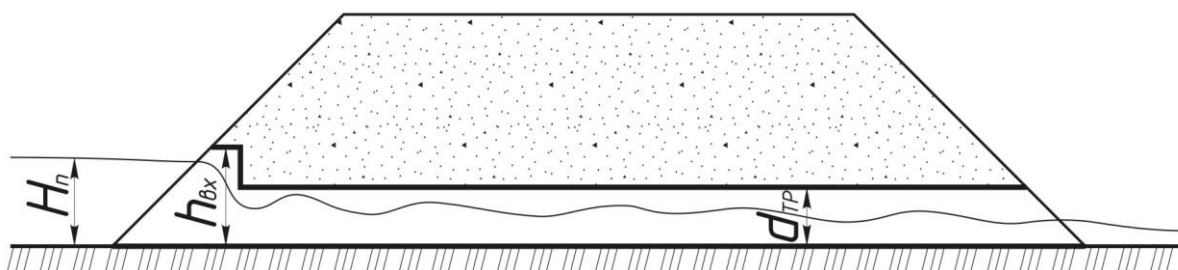
*безнапорный* –  $H_{\text{п}}/d \leq 1,16$ ;

*полунапорный* –  $1,16 \leq H_{\text{п}}/d \leq 1,4$ ;

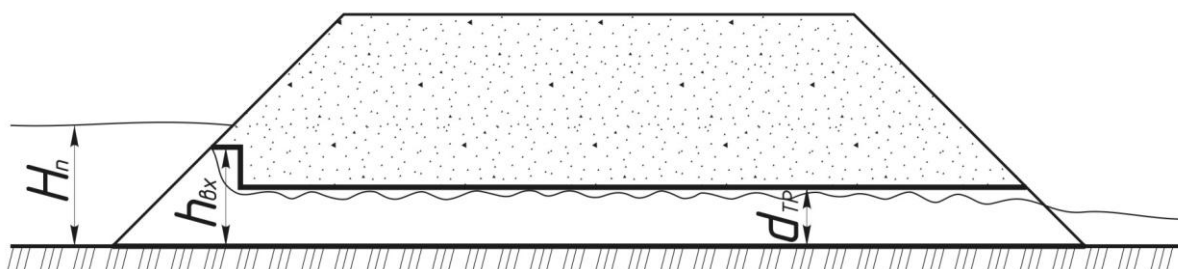
*напорный* –  $H_{\text{п}}/d > 1,4$ ,

где  $H_{\text{п}}$  – подпертая глубина воды перед сооружением, м;  $d$  – диаметр (высота) входного отверстия трубы, м.

а



б



в

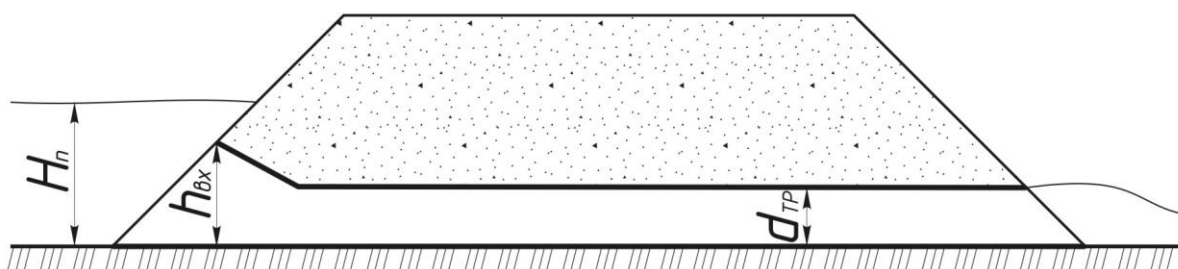


Рис. 2.1. Протекание потока в трубе:

а – безнапорный режим;

б – полунапорный режим;

в – напорный режим

В зависимости от объемов ливневого и талого стока и возможности аккумуляции воды перед сооружением, при назначении  $Q_p$  возможны три варианта [7]:

1. Если максимальный расход от талых вод  $Q_t$  больше максимального расхода от ливневых вод  $Q_l$ , то за расчетный расход принимают максимальный расход от талых вод  $Q_p = Q_t$ .

2. Если максимальный расход от ливневых вод  $Q_l$  больше максимального расхода от талых вод  $Q_t$  и образование пруда перед сооружением невозможно, то за расчетный расход принимают максимальный расход от ливневых вод  $Q_p = Q_l$ .

3. Если при  $Q_l > Q_t$  образование пруда перед сооружением возможно и целесообразно, то за расчетный принимают расход с учетом аккумуляции перед сооружением  $Q_p = Q_a$ .

В первом и втором случаях отверстия труб подбирают по таблицам гидравлических характеристик типовых труб (прил. 4,

5). В третьем случае – выполняют расчет максимального расхода с учетом аккумуляции воды перед сооружением [5, 7].

Расчет с учетом аккумуляции выполняется в следующем порядке:

$$Q_a = Q_l \left( 1 - \frac{W_{\text{пр}}}{0,7W_{\text{л}}} \right); \quad (2.1)$$

$$W_{\text{пр}} = \frac{m_1 + m_2}{6i_{\text{л}}} H_n^3 = \alpha H_n^3; \quad (2.2)$$

$$H_n^3 = \frac{W_{\text{пр}}}{\alpha}, \quad (2.3)$$

где  $W_{\text{пр}}$  – объем накопления воды в пруде,  $\alpha$  – коэффициент формы лога;  $m_1, m_2$  – коэффициенты заложения склонов ( $m_1 = 1/i_1$ ;  $m_2 = 1/i_2$ ) (см. рис. 1.3).

Степень снижения расхода, протекающего через сооружение, не допускается более чем в 3 раза, т. е.  $Q_a \geq 0,33 Q_l$ .

С учетом недопустимых степеней снижения расход определяется по формуле

$$Q_a = 0,62 Q_l \left( 1 - \frac{W_{\text{пр}}}{W_{\text{л}}} \right). \quad (2.4)$$

Подпертая глубина перед сооружением зависит от расхода  $H_n f Q_a$ . Для типовых отверстий труб построены графики пропускных способностей с координатами  $H_n^3$  и  $Q_a$  (рис.2.2)

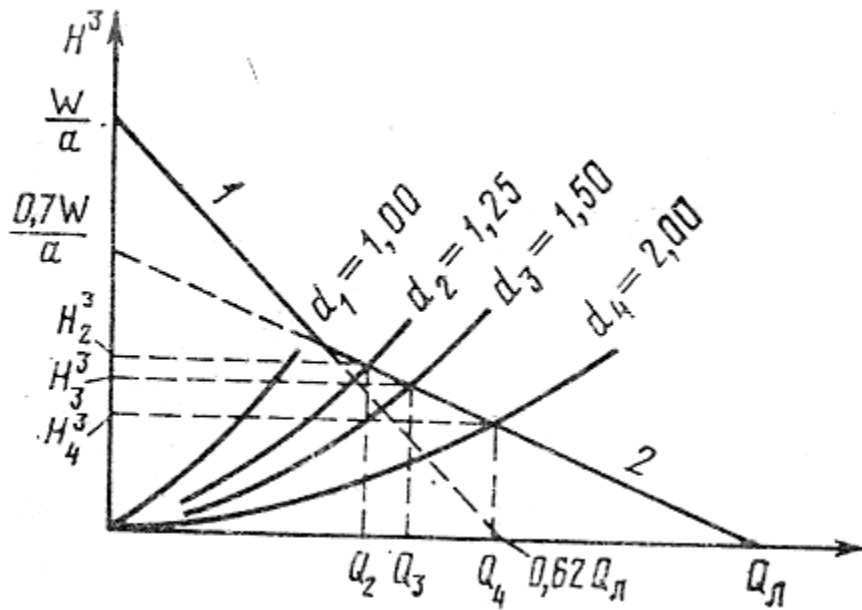


Рис. 2.2. Построение прямых аккумуляции и определение  $H_n^3$  и  $Q_a$

1-й отрезок соединяет значения  $0,62 Q_{л}$  с  $\frac{W_{л}}{\alpha}$  и соответствует недопустимым степеням аккумуляции;

2-й отрезок соединяет значения  $Q_{л}$  с  $\frac{0,7W_{л}}{\alpha}$  и соответствует допустимым степеням аккумуляции.

Точки пересечения 2-го отрезка с кривыми пропускных способностей труб, расположенные до пересечения с 1-м отрезком, соответствуют координатам  $H_n^3$  и  $Q_a$ , равным соответствующим отверстиям труб:

$d_2=1,25;$	$H_2^3 = ;$	$Q_{a2} = ;$
$d_3=1,50;$	$H_3^3 = ;$	$Q_{a3} = ;$
$d_4=2,00;$	$H_4^3 = ;$	$Q_{a4} = ;$

Исходя из заданного режима работы ( $H_n/d$ ) принимают необходимый диаметр трубы с фактическим расходом  $Q_a$ , выбирают тип оголовка и определяют расчетные значения подпора воды ( $H_{п}$ ), и скорость потока на выходе из трубы ( $V$ ) по прил. 4, 5.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ НАСЫПИ У ТРУБЫ И ЕЕ ДЛИНЫ

Минимальная высота насыпи земляного полотна  $H_{\min}$  (рис. 3.1) обеспечивающая размещение трубы, зависит от подпора воды перед трубой  $H_{п}$ , который в свою очередь зависит от режима протекания потока, высоты трубы в свету  $h_{тр}$  (для круглой трубы  $d_{тр}$ ), конструктивной толщины стенки

круглой трубы или плиты перекрытия прямоугольной трубы  $h_{\text{кон}}$ , толщины дорожной одежды  $h_{\text{д.о.}}$ .

При безнапорном режиме протекания потока (рис. 2.1, а)

При безнапорном режиме протекания потока (рис. 2.1, а)

$$H_{\text{мин}} = h_{\text{тр}} + h_{\text{кон}} + h_{\text{зас}} + h_{\text{д.о.}}, \quad (3.1)$$

где  $h_{\text{зас}}$  – толщина засышки над звеньями или плитами перекрытия труб (см. табл. 1 [1]).

При полунапорном и напорном режимах потока (рис. 2.1, б, в)

$$H_{\text{мин}} = H_{\text{п}} + \Delta + h_{\text{д.о.}}, \quad (3.2)$$

где  $\Delta = 1,0$  м.

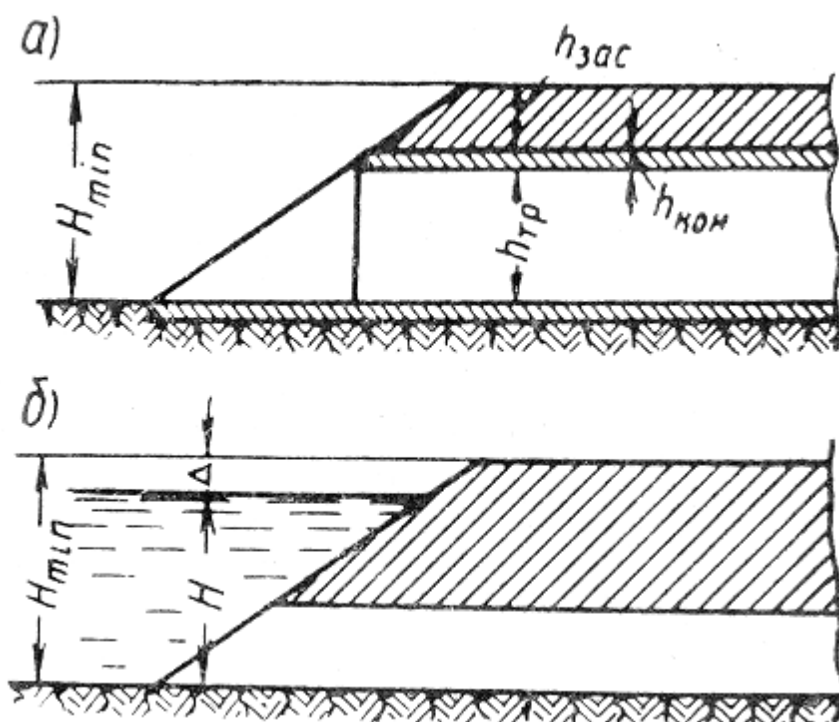


Рис. 3.1. Схемы для определения минимальной высоты насыпи у трубы: а – при безнапорном режиме; б – при полунапорном и напорном режимах

При определении длины трубы учитывается ширина земляного полотна в зависимости от технической категории автомобильной дороги или улицы [3, 6], высота насыпи, крутизна откосов, уклон трубы и ее конструкция. Первоначально длина трубы определяется по формулам, а затем уточняется с учетом длины звеньев и оголовка.

Длина круглой трубы, как наиболее применяемой на строительстве дорог состоит из верховой  $L_1$  и низовой  $L_2$  длин без длины оголовков (рис. 3.2). В формулах принята крутизна откоса 1:1,5 и высота насыпи до 6 м, что соответствует наиболее распространенным условиям применения круглых труб. При высоте насыпи более 6 м следует учитывать уположение крутизны откоса согласно требованиям СНиП 2.05.02–85\* [3].

Длина трубы определяется по формуле

$$L_{\text{тр}} = L_1 + L_2 + M_{\text{вх}} + M_{\text{вых}}, \quad (3.3)$$

где  $L_1$  – длина верхней части трубы, м, рассчитываемая по формуле

$$L_1 = \frac{0,5B + 1,5(H - d - h_{\text{кон}})}{1 + 1,5i} + \frac{m_{\text{ог}}}{2}; \quad (3.4)$$

$L_2$  – длина нижней части трубы, м, рассчитываемая по формуле

$$L_2 = \frac{0,5B + 1,5(H - d - h_{\text{кон}})}{1 - 1,5i} + \frac{m_{\text{ог}}}{2}; \quad (3.5)$$

$M_{\text{вх}}$  – длина лотка входного оголовка, м;  $M_{\text{вых}}$  – длина лотка выходного оголовка, м;  $B$  – ширина земляного полотна, принимаемая в зависимости от категории дороги, м;  $H$  – высота насыпи земляного полотна, м;  $d$  – диаметр трубы, м;  $h_{\text{кон}}$  – толщина звена трубы или плиты перекрытия, м;  $i$  – уклон трубы, принимаемый равным критическому (от 0,005 до 0,060);  $m_{\text{ог}}$  – толщина порталной части оголовка, м.

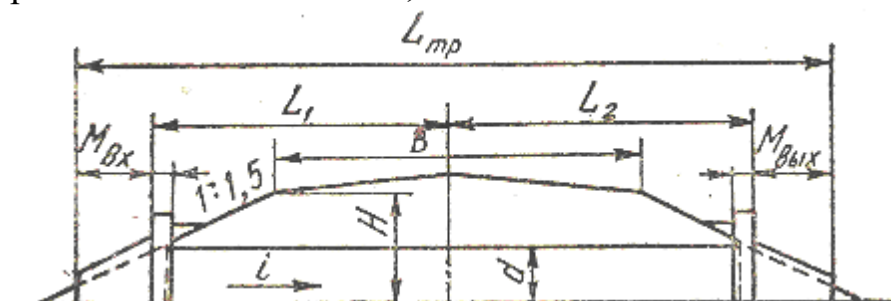


Рис. 3.2. Схема для определения длины трубы

Длину труб другой формы определяют аналогично, но с учетом особенностей их конструкции.

Фактическую длину круглой трубы в соответствии с необходимым количеством нормальных звеньев, размерами оголовков и швов рассчитывают, используя геометрические размеры круглых труб (табл. 3.1) и прямоугольных труб (табл. 3.2), либо принимают по прил. 6.

Таблица 3.1

Отверстие $d$ , м	Входное звено		Длина оголовка $m$ , м	Высота насыпи $H_{\text{нас}}$ , м	Толщина звена $h_{\text{кон}}$ , м
	Высота $h_{\text{вх}}$ , м	Длина $l_{\text{вх}}$ , м			
1,00	1,20	1,32	1,78	до 4,0	0,10
				4,1-7,0	0,12
1,25	1,50	1,32	2,26	до 4,0	0,12
				4,1-8,0	0,14
				8,1-20,0	0,18
1,50	1,80	1,32	2,74	до 4,5	0,14
				4,6-9,0	0,16
				9,1-20,0	0,22
2,00	2,40	1,32	3,66	до 5,0	0,16
				5,1-9,0	0,20
				9,1-20,0	0,24



*Примечания.* 1. Для труб с нормальным звеном его высота на входе равна отверстию трубы, а длина равна 1,0 м. 2. Длина остальных звеньев равна 1,0 м.

Таблица 3.2

Отверстие $b \times h$ , м	Входное звено-секция		Длина оголовка $\frac{m}{m_1}$ , м	Высота насыпи $H_{нас}$ , м	Толщина плиты перекрытия $h_{кон}$ , м
	Высота $h_{вх}$ , м	Длина $l_{вх}$ , м			
1,5 × 2,0	2,0	3,02	3,20	до 8,0 8,1-20,0	0,19
	2,5		3,95		0,30
2,0 × 2,0	2,0	3,02	3,20	до 8,0 8,1-20,0	0,22
	2,5		3,95		0,37
3,0 × 2,0	2,0	3,02	3,20	до 8,0 8,1-20,0	0,30
	2,5		3,95		0,47
2,0 × 3,0	3,0	3,02	4,70	до 8,0 8,1-20,0	0,22
	3,5		5,45		0,37
3,0 × 3,0	3,0	3,02	4,70	до 8,0 8,1-20,0	0,30
	3,5		5,45		0,47
4,0 × 3,0	3,0	3,02	4,70	до 8,0 8,1-20,0	0,36
	3,5		5,45		0,57
5,0 × 3,0	3,0	3,02	4,70	до 8,0 8,1-20,0	0,43
	3,5		5,45		0,68
6,0 × 3,0	3,0	3,02	4,70	до 8,0 8,1-20,0	0,50
	3,5		5,45		0,76

*Примечания.* 1. В числителе даны значения, соответствующие нормальному входному звену, в знаменателе – повышенному. 2. Длина остальных секций трубы равно 4,0 м.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ УКРЕПЛЕНИЙ У ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ОГОЛОВКОВ

При входе в трубу скорость течения воды увеличивается, из-за чего может произойти размыв русла и откосов насыпи. Чтобы предотвратить процесс размыва в пределах возможного влияния скоростей течения, русло и откосы насыпи укрепляют сборными бетонными плитами или монолитным бетоном на слое щебня или гравия. Пределы укрепления откоса обычно назначают на 0,5 м выше подпертого горизонта воды ( $H_p$ ) (рис. 4.1). Крепление производится по всей поверхности конусов и на 2 м за пределы оголовка в обе стороны с уширением к основанию откоса. Одиночным уклоном мостится лог на расстоянии до 3 метров по его оси [8].

Скорость растекания воды за трубой ( $V_p$ ) возрастает примерно в 1,5 относительно скорости на выходе из трубы ( $V$ ), что требует особо тщательного укрепления русла лога ниже трубы. Тип укреплений зависит от скорости течения воды на выходе из сооружения и принимается по типовому проекту 3.501.1–156 «Укрепление русел, конусов и откосов насыпей у малых и средних мостов и водопропускных труб» [9] или определяется расчетом.

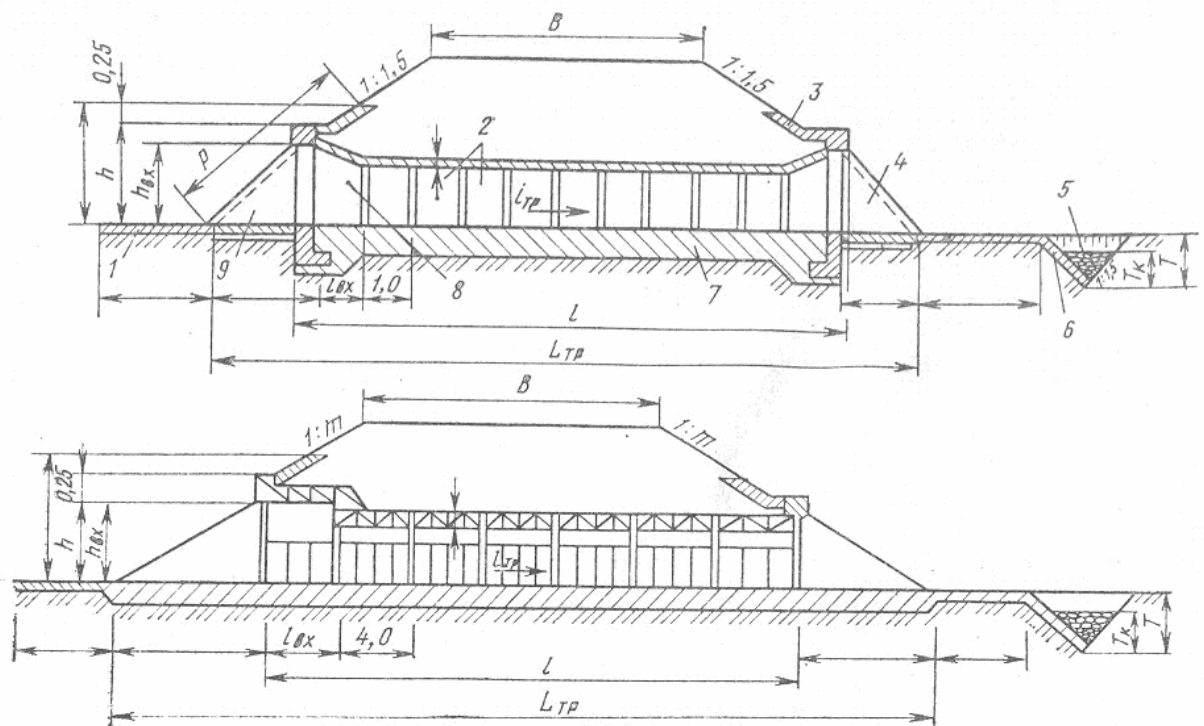


Рис. 4.1. Поперечный разрез труб:

*a* – круглой; *б* – прямоугольной; 1 – укрепление русла; 2 – промежуточные звенья; 3 – укрепление откосов; 4 – выходной оголовок; 5 – каменная наброска; 6 – предохранительный откос; 7 – фундамент; 8 – входное звено; 9 – входной оголовок

На рис. 4.2 приведен пример укрепления русловой и откосных частей у круглой железобетонной трубы отверстием 1,5 м. Для определения геометрических параметров укреплений у труб других диаметров следует использовать табл. 4.1, а для труб прямоугольного сечения – прил. 7.

Объем укрепительных работ на трубе рассчитывается путем суммирования площадей укрепления русла у входного и выходного оголовков, а так же укрепления на откосной части насыпи.

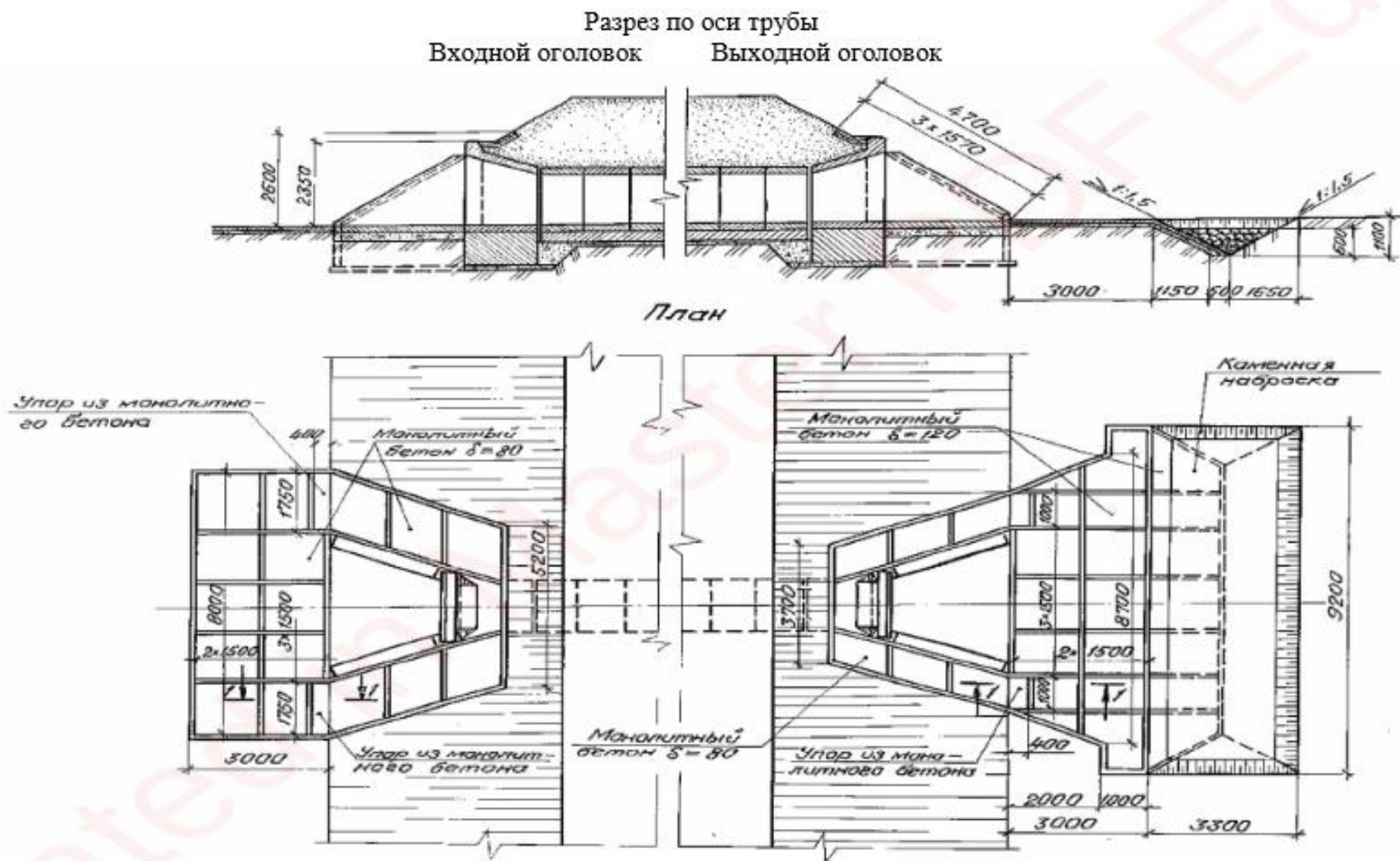
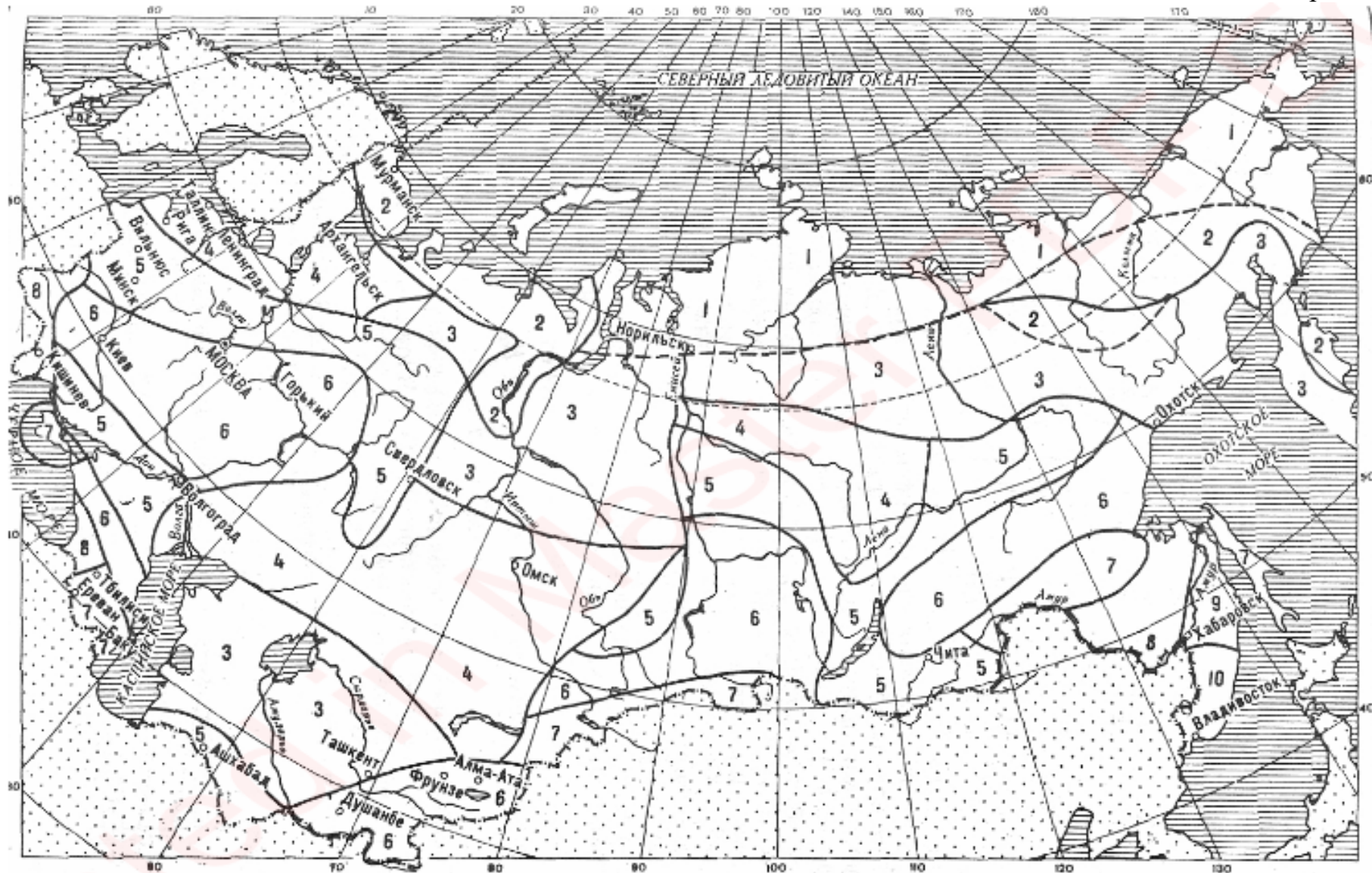


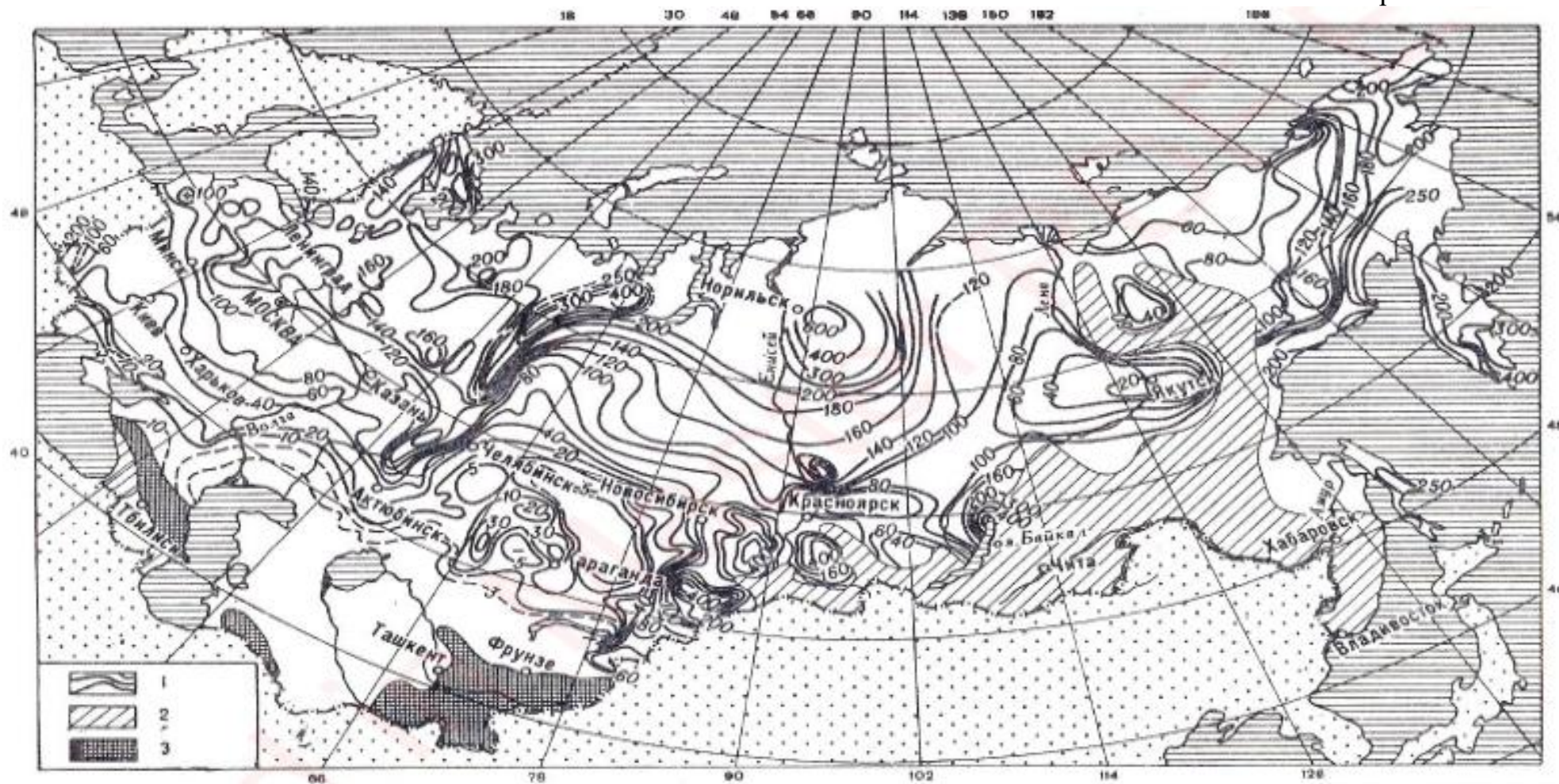
Рис. 4.2. Пример укрепления монолитным бетоном у круглой железобетонной трубы отверстием 1,5 м

Таблица 4.1

Отверстие $d$ , м	Расход на одно отчко $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Длина укрепления		Ширина укрепления		Глубина ковша размыва $T$ , м	Высота каменной наброски в ковше $T_{кс}$ м	$H + 0,25$ , м	Длина укрепления откоса $P$ , м
		входной оголовок $L_{вх}$ м	выходной оголовок $L_{вых}$ м	входной оголовок $N_1$ , м	выходной оголовок $N_2$ , м				
1,0 2×1,0 3×1,0	до 3,5 до 3,5 до 3,5	2,0	2,0	6,6	7,2	1,0	0,50	1,96	3,5
			2,8	8,0	10,5				
			3,4	9,5	14,0				
1,25 2×1,25 3×1,25	до 6,0 до 6,0 до 6,0	2,5	2,0	7,4	7,9	1,1	0,75	2,28	3,5
			2,8	9,2	11,5				
			3,4	10,9	15,0				
1,50	до 3,9	3,0	2,0	8,0	8,5	1,0	0,50	2,6	4,7
	4,0–8,5		3,0		8,7		1,1–1,3		
2×1,50	до 3,9	3,0	2,8	10,1	12,4	1,0	0,50	3,21	5,8
	4,0–8,5		4,2		12,9		1,1–1,3		
3×1,50	до 3,9	3,0	3,4	12,2	16,3	1,0	0,50	3,21	5,8
	4,0–8,5		5,1		17,1		1,1–1,3		
2,0	до 3,9	3,5	2,0	9,3	9,9	1,0	0,50	3,21	5,8
	4,0–16,5		3,0		10,5		1,0–1,6		
2×2,0	до 3,9	3,5	2,8	12,0	14,8	1,0	0,50	3,21	5,8
	4,0–16,5		4,2		15,5		1,0–1,6		
3×2,0	до 3,9	3,5	3,4	14,9	19,3	1,0	0,50	3,21	5,8
	4,0–16,5		5,1		20,7		1,0–1,6		

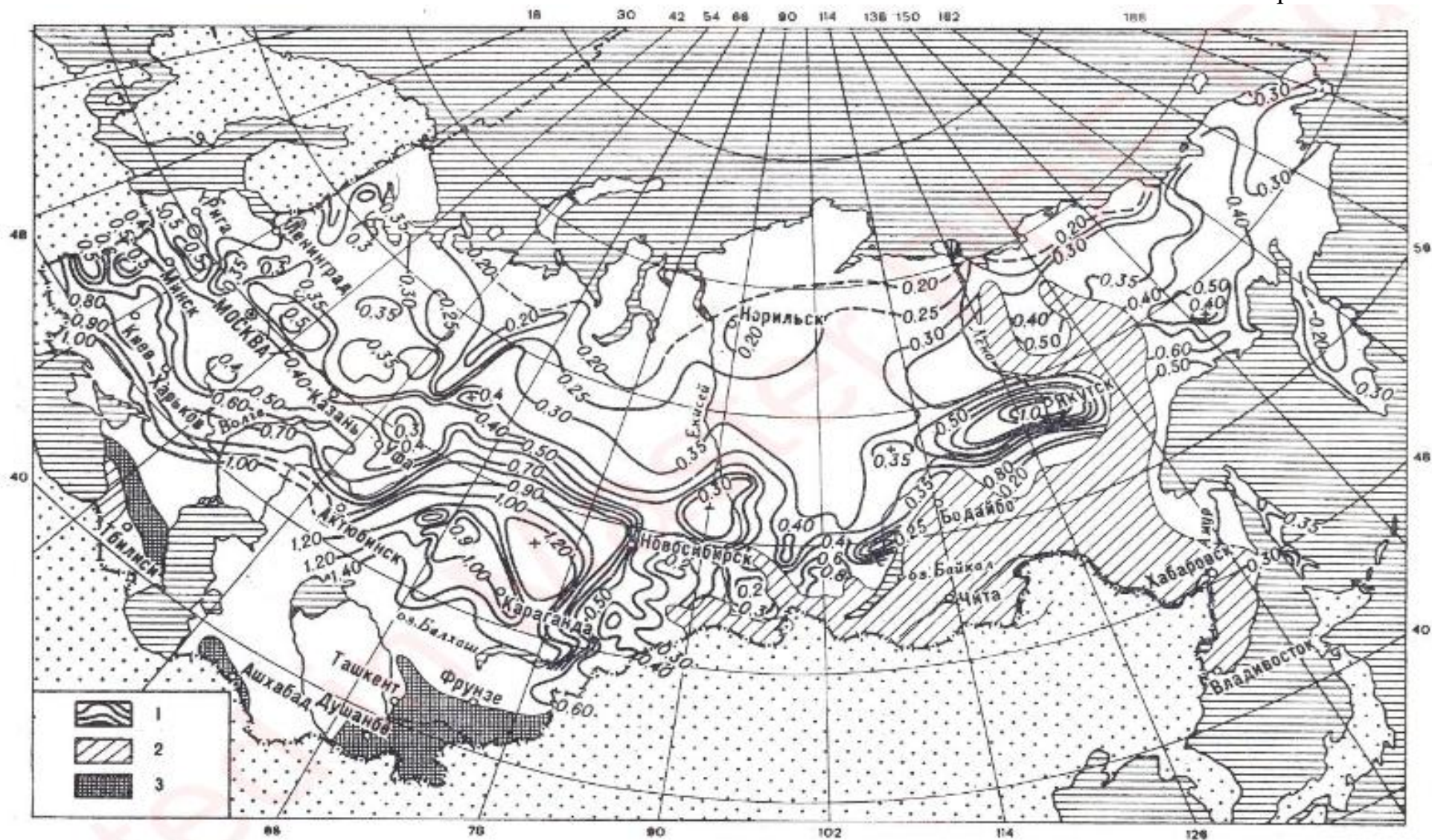


Карта-схема ливневых районов



Карта среднего многолетнего слоя стока талых вод:

1 – районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья; 2 – районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождевых паводков; 3 – горные районы, в которых весеннее половодье не выделяется



Карта коэффициентов вариации  $C_v$  слоя стока половодья

### Гидравлические характеристики круглых железобетонных труб

Расход м <sup>3</sup> /сек	d = 0,75 м				d = 1,00 м				d = 1,25 м				d = 1,50 м				d = 2,00 м			
	I		II		I		II		I		II		I		II		I		II	
	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
0,4	0,61	1,7	0,56	1,7	0,55	1,6	0,51	1,6	0,51	1,5	0,47	1,5	0,48	1,5	0,42	1,5	0,45	1,5	0,38	1,5
0,6	0,79	1,9	0,72	1,9	0,70	1,8	0,64	1,8	0,62	1,7	0,57	1,7	0,60	1,7	0,56	1,7	0,55	1,6	0,49	1,6
0,8	1,00	2,9	0,85	2,1	0,82	2,0	0,76	2,0	0,73	1,8	0,67	1,8	0,69	1,8	0,64	1,8	0,67	1,7	0,61	1,7
0,9	1,47	3,1	0,92	2,2	0,88	2,0	0,81	2,0	0,76	1,9	0,71	1,9	0,74	1,8	0,68	1,8	0,69	1,8	0,65	1,8
1,0	1,33	3,5	0,99	2,3	0,94	2,1	0,86	2,1	0,82	1,9	0,75	1,9	0,78	1,9	0,72	1,9	0,73	1,8	0,68	1,8
1,1	1,51	3,8	1,07	2,4	1,00	2,2	0,91	2,2	0,86	2,0	0,79	2,0	0,82	1,9	0,76	1,9	0,77	1,9	0,72	1,9
1,2	1,72	4,2	1,14	2,6	1,06	2,3	0,96	2,3	0,91	2,1	0,84	2,1	0,87	2,0	0,80	2,0	0,81	1,9	0,75	1,9
1,4	2,19	4,9	1,28	3,0	1,17	2,5	1,06	2,5	1,00	2,2	0,92	2,2	0,93	2,1	0,87	2,1	0,89	2,0	0,82	2,0
1,6	2,69	5,6	1,44	3,5	1,37	3,4	1,14	2,6	1,09	2,3	1,00	2,3	1,00	2,2	0,93	2,2	0,93	2,1	0,87	2,1
1,8	–	–	1,63	3,9	1,59	3,7	1,23	2,6	1,16	2,4	1,07	2,4	1,08	2,2	1,00	2,2	0,99	2,1	0,92	2,1
2,0	–	–	1,84	4,3	1,8	4,1	1,32	2,7	1,26	2,5	1,13	2,5	1,15	2,3	1,07	2,3	1,05	2,2	0,97	2,2
2,2	–	–	2,07	4,7	2,04	4,6	1,47	2,8	1,33	2,6	1,21	2,6	1,21	2,4	1,12	2,4	1,11	2,2	1,02	2,2
2,5	–	–	2,42	5,4	2,47	5,1	1,58	3,2	1,43	2,8	1,31	2,8	1,30	2,5	1,20	2,5	1,19	2,3	1,10	2,3
3,0	–	–	–	–	–	–	1,82	3,8	1,86	3,8	1,45	2,9	1,47	2,7	1,33	2,7	1,30	2,4	1,21	2,4
3,5	–	–	–	–	–	–	2,14	4,5	2,24	4,6	1,60	3,1	1,63	2,9	1,48	2,9	1,41	2,6	1,31	2,6
4,0	–	–	–	–	–	–	2,47	5,1	2,66	5,2	1,84	3,2	1,75	3,1	1,60	3,1	1,53	2,7	1,43	2,7
4,5	–	–	–	–	–	–	2,87	5,7	3,26	5,9	1,98	3,7	2,07	4,2	1,71	3,2	1,65	2,8	1,53	2,8



## Продолжение прил. 4

Расход м <sup>3</sup> /сек	d = 0,75 м				d = 1,00 м				d = 1,25 м				d = 1,50 м				d = 2,00 м			
	I		II		I		II		I		II		I		II		I		II	
	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,17	4,0	2,38	4,6	1,83	3,3	1,75	2,9	1,61	2,9
5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,37	4,5	2,67	5,0	1,95	3,4	1,86	3,0	1,71	3,0
6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,58	4,8	2,99	5,5	2,09	3,6	1,97	3,1	1,79	3,1
6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,82	5,2	3,32	5,9	2,27	3,7	2,06	3,2	1,88	3,2
7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,09	5,7	-	-	2,40	4,0	2,16	3,3	1,97	3,3
7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,34	6,1	-	-	2,52	4,2	2,26	3,4	2,07	3,4
8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,64	4,5	2,34	3,6	2,08	3,6
8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,79	4,8	2,38	3,6	2,18	3,6
9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,93	5,1	2,66	4,6	2,29	3,7
9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,10	5,4	2,86	4,8	2,36	3,7
10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,29	5,6	3,07	5,1	2,44	3,8
11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,68	6,2	3,49	5,6	2,62	3,9
12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,83	6,1	2,74	4,0
13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,96	4,1
14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,10	4,4
15,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,28	4,7
16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,40	5,0
17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,60	5,4
18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,80	5,7
19,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,04	6,0

## Продолжение прил. 4

Расход м <sup>3</sup> /сек	$d_{тр} = 2,50 \text{ м}$				$d_{тр} = 3,00 \text{ м}$				$d_{тр} = 3,50 \text{ м}$				$d_{тр} = 4,00 \text{ м}$			
	I		II		I		II		I		II		I		II	
	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>
5,0	2,39	3,7	2,15	3,7	2,39	3,7	2,15	3,7	2,39	3,7	2,15	3,7	2,39	3,7	2,15	3,7
5,5	2,54	3,8	2,30	3,8	2,54	3,8	2,30	3,8	2,54	3,8	2,30	3,8	2,54	3,8	2,30	3,8
6,0	2,70	3,9	2,44	3,9	2,70	3,9	2,44	3,9	2,70	3,9	2,44	3,9	2,70	3,9	2,44	3,9
6,5	2,86	4,0	2,58	4,0	2,86	4,0	2,58	4,0	2,86	4,0	2,58	4,0	2,86	4,0	2,58	4,0
7,0	3,02	4,1	2,73	4,1	3,02	4,1	2,73	4,1	3,02	4,1	2,73	4,1	3,02	4,1	2,73	4,1
7,5	3,20	4,8	2,85	4,2	3,16	4,2	2,85	4,2	3,16	4,2	2,85	4,2	3,16	4,2	2,85	4,2
8,0	3,43	5,2	2,98	4,3	3,30	4,3	2,98	4,3	3,30	4,3	2,98	4,3	3,30	4,3	2,98	4,3
9,0	3,95	5,8	3,22	4,4	3,56	4,4	3,22	4,4	3,56	4,4	3,22	4,4	3,56	4,4	3,22	4,4
10,0	4,48	6,4	3,46	4,6	3,90	5,4	3,46	4,6	3,83	4,6	3,46	4,6	3,83	4,6	3,46	4,6
11,0	5,11	7,1	3,68	4,7	4,35	5,9	3,68	4,7	4,07	4,7	3,68	4,7	4,07	4,7	3,68	4,7
12,0	–	–	3,80	4,8	4,80	6,4	3,88	4,9	4,34	5,5	3,88	4,9	4,30	4,9	3,88	4,9
13,0	–	–	4,02	5,2	5,31	7,0	4,10	5,0	4,72	6,0	4,10	5,0	4,55	5,0	4,10	5,0
14,0	–	–	4,28	5,6	–	–	4,24	5,1	5,12	6,5	4,30	5,1	4,78	5,1	4,30	5,1
15,0	–	–	–	–	–	–	–	–	5,56	6,9	4,52	5,3	5,05	6,0	4,52	5,3
16,0	–	–	–	–	–	–	–	–	6,04	7,4	4,70	5,4	5,42	6,4	4,70	5,4
17,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,90	5,5	5,79	6,8	4,90	5,5
18,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,00	5,5	6,18	7,2	5,09	5,6
19,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,17	5,6	–	–	5,29	5,7
20,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,33	5,7	–	–	5,46	5,8
21,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,53	6,0	–	–	5,62	5,9

Окончание прил. 4

Расход м <sup>3</sup> /сек	$d_{тр} = 2,50$ м				$d_{тр} = 3,00$ м				$d_{тр} = 3,50$ м				$d_{тр} = 4,00$ м			
	I		II		I		II		I		II		I		II	
	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>
22,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,73	6,3	–	–	5,71	5,9
23,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,94	6,6	–	–	5,87	5,9
24,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,15	6,8	–	–	6,03	6,0
25,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,20	6,2
26,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,39	6,5
27,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,58	6,7
28,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,77	7,0

Примечания. I – порталные, раструбные оголовки; II – обтекаемые оголовки.

**Гидравлические характеристики типовых прямоугольных труб**

Расход м <sup>3</sup> /сек	2,0×2,0		2,5×2,0		3,0×2,5		4,0×2,5	
	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>
5,0	1,32	3,20	1,13	2,90	1,00	2,76	–	–
6,0	1,48	3,40	1,28	3,14	1,13	2,90	0,94	2,70
7,0	1,66	3,50	1,40	3,32	1,26	3,08	–	–
8,0	1,82	3,90	1,56	3,43	1,37	3,27	1,13	2,90
9,0	1,97	4,10	1,68	3,57	1,48	3,40	–	–
10,0	2,11	4,20	1,82	3,90	1,60	3,48	1,32	3,20
11,0	2,27	4,40	1,93	4,06	1,72	3,63	–	–
12,0	2,49	4,60	2,05	4,15	1,82	3,90	1,48	3,40
13,0	2,57	4,63	2,17	4,27	1,91	4,02	–	–
14,0	2,65	4,70	2,30	4,44	2,02	4,13	1,66	3,50
15,0	2,77	4,80	2,40	4,52	2,13	4,20	–	–
16,0	2,99	6,30	2,51	4,62	2,21	4,33	1,82	3,90
17,0	3,16	6,70	2,60	4,67	2,32	4,43	–	–
18,0	3,35	7,10	2,70	4,74	2,41	4,52	1,97	4,10
19,0	3,56	7,50	2,80	4,82	2,50	4,60	–	–
20,0	3,75	7,90	2,97	6,30	2,58	4,65	2,11	4,20
21,0	3,97	8,30	3,11	6,60	2,65	4,70	–	–
22,0	–	–	3,25	6,90	2,73	4,77	2,27	4,40
23,0	–	–	3,40	7,20	2,86	4,80	–	–
24,0	–	–	3,57	7,50	2,98	5,00	2,41	4,52

Окончание прил. 5

Расход м <sup>3</sup> /сек	2,0×2,0		2,5×2,0		3,0×2,5		4,0×2,5	
	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>H</i>	<i>V</i>
25,0	–	–	3,74	7,90	3,10	5,20	–	–
26,0	–	–	3,91	8,20	3,22	5,50	2,54	4,63
27,0	–	–	–	–	3,34	5,70	–	–
28,0	–	–	–	–	3,47	5,90	2,65	4,70
29,0	–	–	–	–	3,61	6,10	–	–
30,0	–	–	–	–	3,75	6,30	2,77	4,80
31,0	–	–	–	–	3,89	6,40	2,89	4,60
32,0	–	–	–	–	–	–	2,98	5,00
33,0	–	–	–	–	–	–	3,07	5,20
34,0	–	–	–	–	–	–	3,16	5,40
35,0	–	–	–	–	–	–	3,25	5,50
36,0	–	–	–	–	–	–	3,35	5,70
37,0	–	–	–	–	–	–	3,44	5,80
38,0	–	–	–	–	–	–	3,54	6,00
39,0	–	–	–	–	–	–	3,64	6,10
40,0	–	–	–	–	–	–	3,75	6,30
41,0	–	–	–	–	–	–	3,86	6,40
42,0	–	–	–	–	–	–	3,97	6,60

**Фактическая длина круглых труб с учетом швов и одного конического звена  
у входного оголовка**

Количество нормальных звеньев в трубе	Диаметром 0,75 м		Бесфундаментная диаметром 1,0 м			Фундаментная диаметром 1,0 м			Бесфундаментная диаметром 1,5 м			Фундаментная диаметром 1,5 м		
	с нормальными оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков
9	9,38	9,08	11,15	14,40	9,09	11,19	14,44	9,13	11,15	16,15	9,09	11,19	16,19	9,13
10	10,39	10,09	12,16	15,41	10,10	12,22	15,47	10,16	12,16	17,16	10,10	12,22	17,22	10,16
11	11,40	11,10	13,17	16,42	11,11	13,23	16,48	11,17	13,17	18,17	11,11	13,23	18,23	11,17
12	12,41	12,11	14,18	17,43	12,12	14,24	17,49	12,18	14,18	19,18	12,12	14,24	19,24	12,18
13	13,42	13,12	15,19	18,44	13,13	15,27	18,52	13,21	15,19	20,19	13,13	15,27	20,27	13,21
14	14,43	14,13	16,20	19,45	14,14	16,28	19,53	14,22	16,20	21,20	14,14	16,28	21,28	14,22
15	15,44	15,14	17,21	20,46	15,15	17,29	20,54	15,23	17,21	22,21	15,15	17,29	22,29	15,23
16	16,45	16,15	18,22	21,47	16,16	18,32	21,57	16,26	18,22	23,22	16,16	18,32	23,32	16,26
17	17,46	17,16	19,23	22,48	17,17	19,33	22,58	17,27	19,23	24,23	17,17	19,33	24,33	17,27
18	18,47	18,17	20,24	23,49	18,18	20,34	23,59	18,28	20,24	25,24	18,18	20,34	25,34	18,28
19	19,48	19,18	21,25	24,50	19,19	21,37	24,62	19,31	21,25	26,25	19,19	21,37	26,37	19,31
20	20,49	20,19	22,26	25,51	20,20	22,38	25,63	20,32	22,26	27,26	20,20	22,38	27,38	20,32

Количество нормальных звеньев в трубе	Диаметром 0,75 м		Бесфундаментная диаметром 1,0 м			Фундаментная диаметром 1,0 м			Бесфундаментная диаметром 1,5 м			Фундаментная диаметром 1,5 м		
	с нормальными оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков	$L_1 + L_2$	по низу с оголовками	без оголовков
21	–	–	23,27	26,52	21,21	23,39	26,64	21,33	23,27	28,27	21,21	23,39	28,39	21,33
22	–	–	24,28	27,53	22,22	24,42	27,67	22,36	24,28	29,28	22,22	24,42	29,42	22,36
23	–	–	25,29	28,54	23,23	25,43	28,68	23,37	25,29	30,29	23,23	25,43	30,43	23,37
24	–	–	26,30	29,55	24,24	26,44	29,69	24,38	26,30	31,30	24,24	26,44	31,44	24,38
25	–	–	27,31	30,56	25,25	27,47	30,72	25,41	27,31	32,31	25,25	27,47	32,47	25,41
26	–	–	28,32	31,57	26,26	28,48	31,73	26,42	28,32	33,32	26,26	28,48	33,48	26,42
27	–	–	29,33	32,58	27,27	29,49	32,74	27,43	29,33	34,33	27,27	29,49	34,49	27,43
28	–	–	30,34	33,59	28,28	30,52	33,77	28,46	30,34	35,34	28,28	30,52	35,52	28,46
29	–	–	31,35	34,60	29,29	31,53	34,78	29,47	31,35	36,35	29,29	31,53	36,53	29,47
30	–	–	32,36	35,61	30,30	32,54	35,79	30,48	32,36	37,36	30,30	32,54	37,54	30,48

*Примечания.* 1. Для труб диаметром 1,0 и 1,5 м приняты раструбные оголовки. 2. Толщина швов между звеньями принята 1 см. 3. Длина оголовков для труб диаметром 1 м с нормальным входным и выходным звеньями равна 1,47 м. При применении на входном оголовке конического звена длина оголовка 1,78 м. 4. Для труб диаметром 1,5 м длина оголовка с коническим звеном 2,74 м, выходного, с нормальным звеном, – 2,36 м. 5. Толщина порталной части оголовка – 16 см.

### Геометрические характеристики укреплений у прямоугольных труб

Отверстие $b \times h$ , м	Расход на одно очко $Q$ , $\text{м}^3/\text{с}$	Длина укрепления		Ширина укрепления		$h+0,25$ , м	Длина укрепления откоса $P$ , м	Глубина ковша размыва $T$ , м	Высота каменной наброски в ковше $T_k$ , м
		входной оголовок $L_{\text{вх}}$ , м	выходной оголовок $L_{\text{вых}}$ , м	входной оголовок $N_1$ , м	выходной оголовок $N_2$ , м				
1,5×2,0	до 11,3	3,5	3,0–5,0	8,6	8,6–9,3	3,41	6,1	1,0–1,6	0,70–1,20
2×1,5×2,0	до 11,3	3,5	4,2–7,0	10,3	12,9–14,2	3,41	6,1	1,3–2,1	0,70–1,20
2,0×2,0	» 15,0	3,5	5,0	8,9	10,5–10,6	3,43	6,2	1,4–1,8	0,95–1,30
2×2,0×2,0	» 15,0	3,5	7,0	11,1	16,7	3,43	6,2	1,7–2,3	0,95–1,30
3,0×2,0	» 22,5	3,5	5,0–7,0	9,5	12,5–13,4	3,52	6,3	1,4–1,8	0,95–1,30
2×3,0×2,0	» 22,5	5,0	7,0–9,8	13,0	20,8–22,9	3,52	6,3	1,6–2,3	0,95–1,30
2,0×3,0	» 23,0	3,5	7,0	10,0	11,8	4,43	8,0	1,8–2,1	1,25–1,60
2×2,0×3,0	» 23,0	3,5	9,8	12,5	18,3	4,43	8,0	2,3–2,6	1,25–1,60
3,0×3,0	» 35,4	3,5	7,0	11,0	14,1	4,52	8,2	1,7–2,3	1,20–1,70
2×3,0×3,0	» 35,4	5,0	9,8	14,5	23,2	4,52	8,2	2,1–3,0	1,20–1,70
4,0×3,0	» 46,0	3,5	7,0–10,0	12,0	15,9–17,0	4,58	8,3	2,0–2,5	1,45–1,85
2×4,0×3,0	» 46,0	5,0	9,8–14,0	16,5	26,8–29,2	4,58	8,3	2,6–3,2	1,45–1,85
5,0×3,0	» 57,5	5,0	10,	13,0	20,2	4,66	8,4	2,2–2,5	1,55–1,85
2×5,0×3,0	» 57,5	5,0	14,0	18,5	35,5	4,66	8,4	2,8–3,2	1,55–1,85
6,0×3,0	» 69,0	5,0	10,0	14,0	22,0	4,73	8,5	2,4–2,8	1,75–2,00
2×6,0×3,0	» 69,0	5,0	14,0	20,5	39,4	4,73	8,5	3,0–3,6	1,75–2,00