**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов, обучающихся по направлению «Строительство»
по профилю «Автомобильные дороги» и «Автодорожные мосты»

Казань
2012

УДК 625

ББК 38.773

Л 69

Методические указания к выполнению курсового проекта «Гидравлические расчёты водопропускных сооружений» / Сост.: Логинова О.А. Казань. КГАСУ, 2012. – 24 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методических указаниях дается последовательность расчета железобетонных водопропускных труб. Определяется расход от ливневых и талых вод, а так же дается подбор и конструирование основных элементов трубы.

УДК 625
ББК 38.773

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2012 г.

© Логинова О.А., 2012

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью курсового проекта является закрепление знаний и приобретения навыков практического решения вопросов, связанных с гидравлическим расчетом водопропускных труб. В процессе проектирования производится гидравлический расчет водопропускных труб (количество труб для расчета определяется руководителем) и определяются их геометрические размеры. Студент должен приобрести умение пользоваться справочной и нормативной литературой.

СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Задание на выполнение курсовой работы (выдается руководителем).

2. Пояснительная записка.

Пояснительная записка может быть представлена в виде рукописи или напечатанной на компьютере с соблюдением требований Международной системы единиц (СИ), ГОСТов, СНиПов, а также стандартов КГАСУ.

В пояснительной записке приводится рисунок укрепления за трубой (для одной трубы по выбору студента):

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА

1.1. Расчет максимального расхода ливневых вод

При расчете притока ливневых вод с малых площадей (до 100 м^2) используется методика, разработанная Союздорпроект и МАДИ.

Для того чтобы воспользоваться этой методикой, предварительно необходимо определить категорию проектируемой автомобильной дороги (по СНиП 2.05.02 – 85), вероятность превышения (ВП) максимальных расходов расчетных паводков (табл. 1) и номер ливневого района (рис. 1.).

Таблица 1

Вероятность превышения максимальных расходов расчетных паводков

Сооружения	Категория дорог	Вероятность превышения, %
Малые мосты и трубы	I	1
	II, III	2
	IV, V	3

Расчетная формула максимального расхода ливневых вод при заданной вероятности превышения:

$$Q_л = 16{,}7 \times a_{час} \times K_t \times F \times \alpha \times \varphi \qquad (1)$$

где: а $_{час}$ - интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин (табл. 2);

Таблица 2

№ районов	Часовая интенсивность ливня $a_{час}$, мм/мин при ВП в %			
	4	**3**	**2**	**1**
1	0,29	0,32	0,34	0,40
2	0,39	0,42	0,45	0,50
3	0,47	0,52	0,58	0,70
4	0,64	0,69	0,74	0,90
5	0,69	0,75	0,82	0,97
6	0,73	0,81	0,89	1,01
7	0,82	0,89	0,97	1,15
8	1,07	1,15	1,24	1,41
9	1,11	1,20	1,28	1,48
10	1,23	1,35	1,46	1,74

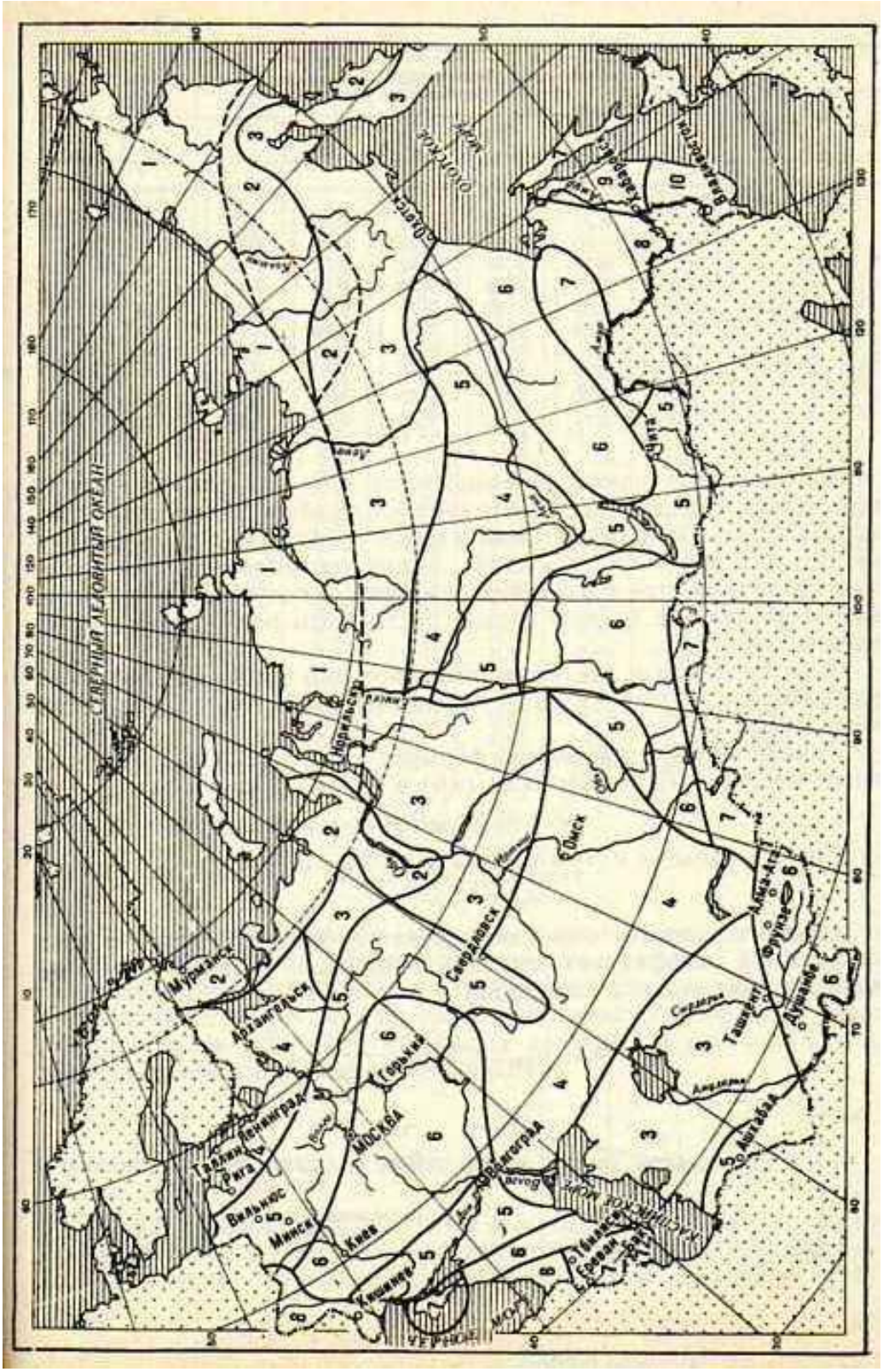

Рис. 1. Карта-схема ливневых районов

F – площадь водосбора, км^2;

K_t - коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчётной продолжительности (табл. 3). Определяется в зависимости от длины водосбора $\boldsymbol{L}$ ($\boldsymbol{L} = \sqrt{\boldsymbol{F}}$) и среднего уклона лога $\boldsymbol{i_л}$:

Таблица 3

$\boldsymbol{L}$, км	Значения $\boldsymbol{K_t}$ при уклоне лога $\boldsymbol{i_л}$							
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
0,15	4,21							
0,30	2,57	3,86		**Полный сток $\boldsymbol{K_t}$ =5,24**				
0,50	1,84	2,76	3,93					
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05			
1,0	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18
1,50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90
2,0	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27
2,5	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80
3,0	0,56	0,82	1,21	1,79	2,0	2,16	2,34	2,49
3,5	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31
4,0	0,46	0,68	1,0	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11
4,5	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95
5,0	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82
6,0	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,61
7,0	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
8,0	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33
9,0	0,27	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23
10,0	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14

α – коэффициент потерь стока (табл. 4);

Таблица 4

Вид и характер поверхности	Коэффициент α при площадях		
	0-1 км^2	1-10 км^2	10-100 км^2
Асфальт, скала без трещин, бетон	1,0	1,0	1,0
Жирная глина, такыри	0,7-0,95	0,65-0,95	0,65-0,9
Суглинки, подзолистые почвы, тундровые и болотные почвы	0,6-0,9	0,55-0,8	0,5-0,75
Чернозем, каштановые почвы, лесс, карбонатные почвы	0,55-0,75	0,45-0,7	0,35-0,65
Супеси, степные почвы	0,3-0,55	0,2-0,5	0,20-0,45
Песчаные, гравелистые, рыхлые каменистые почвы	0,2	0,15	0,10

Примечание: Меньшие значения коэффициентов α соответствуют суточным слоям осадков $H < 80$ мм, а большие значения $H > 200$ мм. В пределах $80 < H < 200$ мм определяются интерполяцией.

φ – коэффициент редукции (табл. 5).

Таблица 5

F, км^2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
φ	1	0,84	0,76	0,71	0,67	0,64	0,61	0,59	0,58	0,56
F, км^2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
φ	0,51	0,47	0,45	0,43	0,40	0,38	0,36	0,33	0,32	0,30
F, км^2	14	16	20	25	30	40	50	60	80	100
φ	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18

Полученное значение расхода должно быть не более расхода полного стока:

$$Q_{лпс} = 87{,}5 \times a_{час} \times K_t \times F \times \alpha \times \varphi \text{ , (м}^3\text{/с)} \qquad (2)$$

Объем ливневого стока:

$$W_л = 60000 \times \frac{a_{час} \times F \times \alpha \times \varphi}{\sqrt{K_t}}, (м^3) \qquad (3)$$

Расчёт сводится в таблицу 6

Таблица 6

Расчет расходов ливневых вод

ПК +	F, км^2	$a_{час}$, мм/мин	K_t	α	φ	$Q_Л$, м^3/с	$Q_{пс}^{л}$, м^3/с	$W_Л$ м^3

1.2. Расчет максимального расхода талых вод

Максимальный расход от талых (снеговых) вод определяется по формуле:

$$Q_T = \frac{K_O \times h_P \times F}{(1+F)^n} \delta_1 \delta_2, (м^3/с) \qquad (4)$$

где: $\boldsymbol{K_o}$ – коэффициент дружности половодья (табл. 5);
n - показатель степени (табл. 5);

Таблица 5

Природная зона (район)	***n***	$\boldsymbol{K_o}$
Зоны тундры и лесная		
Европейская территория СССР и Восточная Си-	0.17	0.010
Западная Сибирь	0.25	0.013
Лесостепная и степные зоны		
Европейская территория СССР (без Северного	0.25	0.02
Северный Кавказ	0.25	0.030
Западная Сибирь	0.25	0.030
Зона засушливых степей и полупустынь		
Западный и Центральный Казахстан	0.35	0.060

$\boldsymbol{h_p}$ – расчетный слой стока (мм), определяемый по формуле:

$$h_p = \overline{h_P} \times K_P \ , \qquad (5)$$

где: $\overline{h_P}$ – величина среднего слоя стока, определяется по карте изолиний (рис. 2), с учетом поправочного коэффициента;

K_P - модульный коэффициент, определяется по графику на рис. 3;

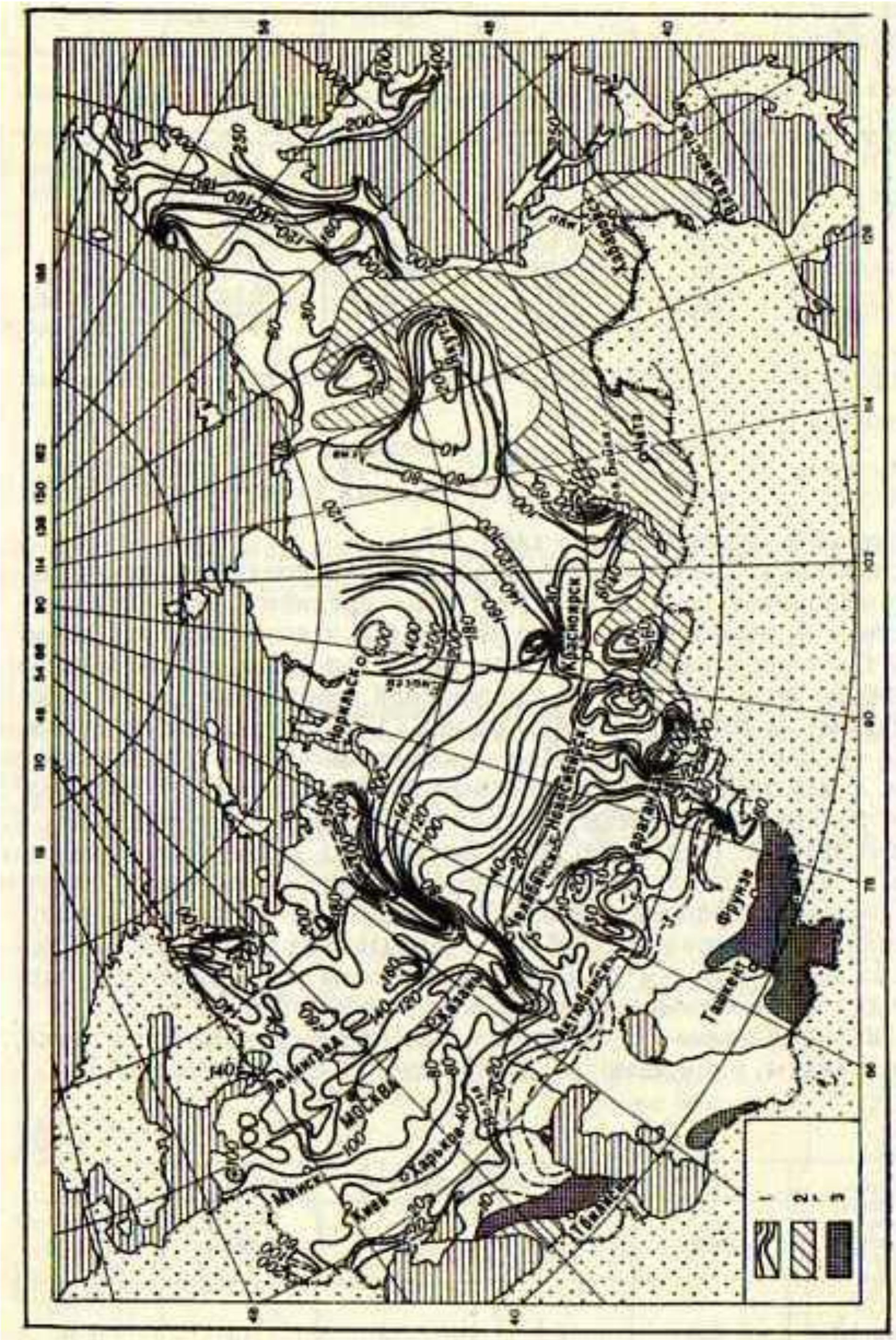

Рис. 2. Карта средних слоев стока талых вод

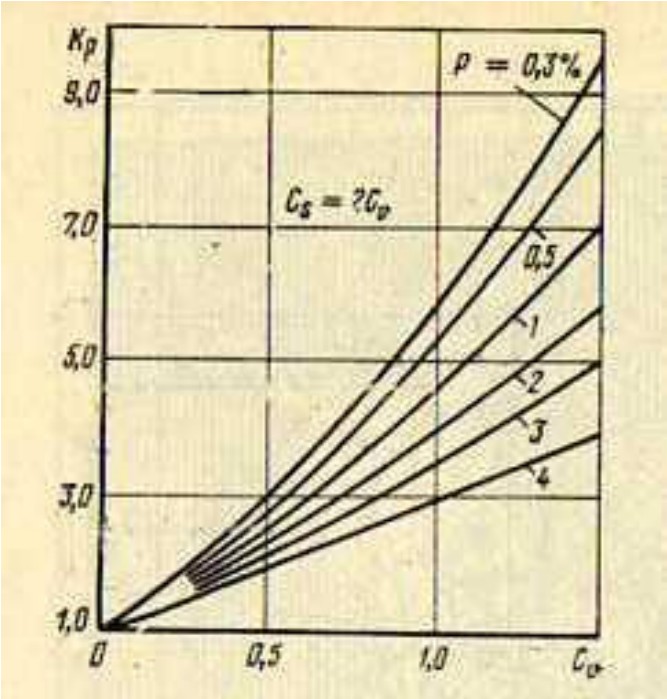

Рис. 3. Кривые модульных коэффициентов слоев стока

C_v – коэффициент вариации, рассчитывается путем умножения взятого по карте изолиний значения (рис. 4) на поправочный коэффициент, равный 1,25;

C_s – коэффициент асимметрии; для равнинных водосборов $C_s = 2C_v$

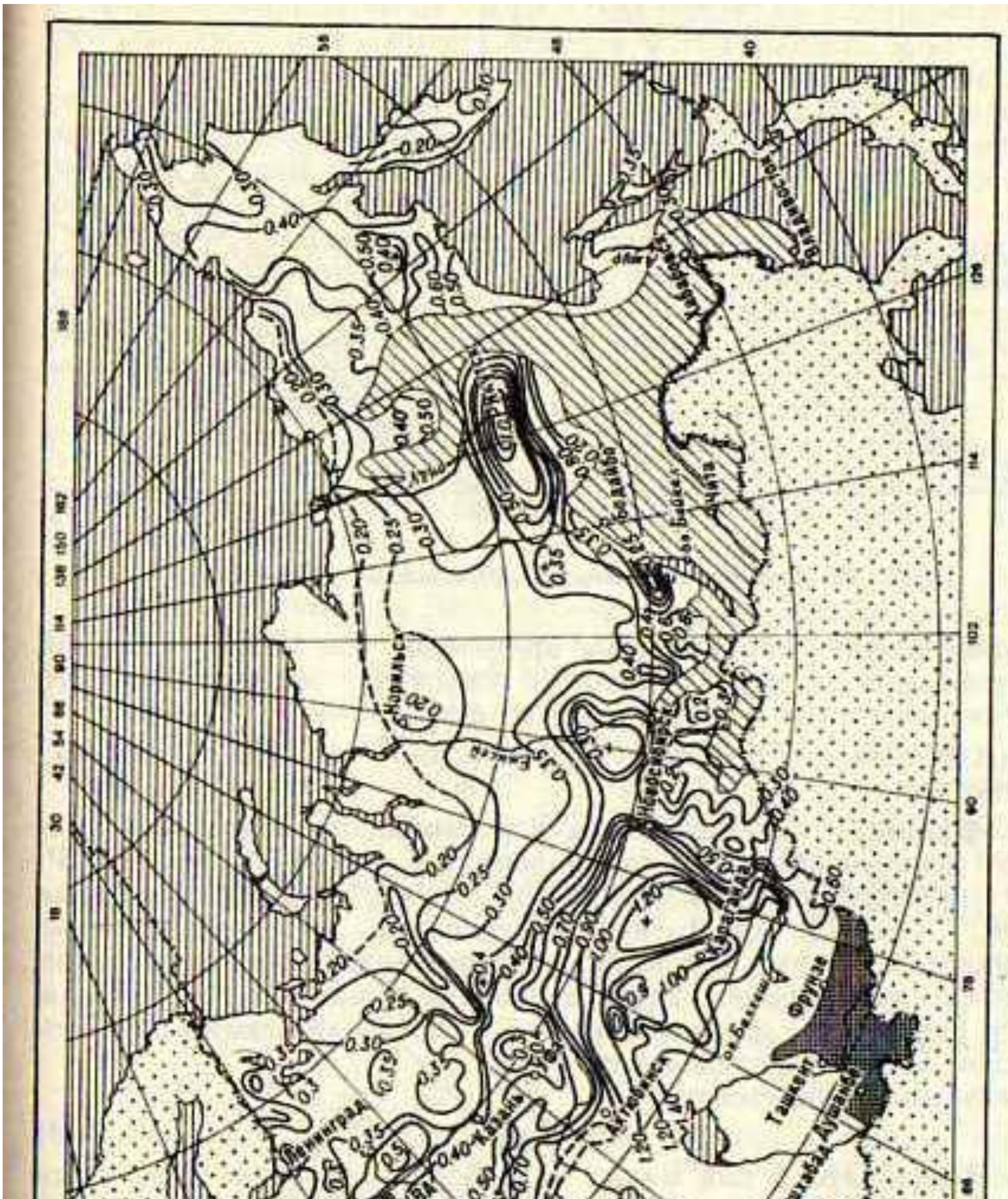

Рис. 4. Карта коэффициентов вариации слоев стока талых вод

δ_1 - коэффициент, учитывающий наличие озер и болот (табл. 6).
Коэффициент δ_1 для малых площадей можно принять равным 1.

Таблица 6

% озёрности	2 - 5	5 - 10	10 - 15	15
δ_1	0,9	0,8	0,75	0,7

δ_2 - коэффициент, учитывающий наличие лесов (табл. 7);

Таблица 7

$\beta = 5\frac{F_л}{100} + 10\frac{F_б}{100} + 1$	β (десятые доли)				
	0	2	4	6	8
	δ_2				
1	1	0,94	0,88	0,84	0,80
2	076	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	0,34	0,33
7	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29

Примечание: $F_л$ и $F_б$ - площади леса и болот на территории бассейна водосбора.

Расчет расхода талых вод сводится в таблицу 8.

Таблица 8

Расчет стока талых вод

ПК+	F, км^2	$\overline{h_P}$, мм	k_p	h_p, мм	C_v	n	K_o	δ_1	δ_2	Q_T, м^3/с

1.3. Определение отверстия трубы

В качестве расчетного расхода Q_P принимается наибольший из расходов ливневых $Q_Л$ и талых $Q_Т$ вод.

При назначении отверстий труб необходимо учитывать аккумуляцию ливневых вод в пруду перед сооружением. Время прохождения воды через трубу увеличивается по сравнению с продолжительностью паводка.

Вследствие этого аккумуляция приводит к снижению расчетного сбросного расхода в сооружении по сравнению с максимальным паводочным расходом воды, что приводит к уменьшению отверстия трубы.

Если в качестве расчетного принят максимальный расход ливневых вод, расчет отверстия трубы ведется с учетом аккумуляции и производится графо-аналитическим способом (для одной круглой трубы). Для этого строится график пропускной способности труб в системе координат H^3 и Q_A (рис. 5). Кривая $Q_A = f\ (H^3)$ в принятой системе координат изображается ломаной линией, состоящей из двух отрезков. Координаты для построения верхнего отрезка:

1-я точка: $H^3 = 0$; $Q_A = 0{,}62 \times Q_Л$ ($м^3/с$);

2-я точка: $Q_A = 0$; $H^3 = a = (6 \times i_{соор} \times W_Л) / (m_1 + m_2)$,

где m_1 и m_2 заложение склонов лога;

Координаты для построения нижнего отрезка:

3-я точка: $H^3 = 0$; $Q_A = Q_Л$;

4-я точка: $Q_A = 0$; $H^3 = 0{,}7 \times a$;

Для двухочковых труб по оси абсцисс откладываем расход, приходящийся на одно очко, т.е. вдвое меньше, чем для одноочковых труб.

По полученным координатам строятся ломаные линии $Q_A = f\ (H^3)$. Точки пересечения этих линий с кривыми пропускной способности дают значения действительного расхода, проходящего через сооружение, и соответствующего ему значения H^3.

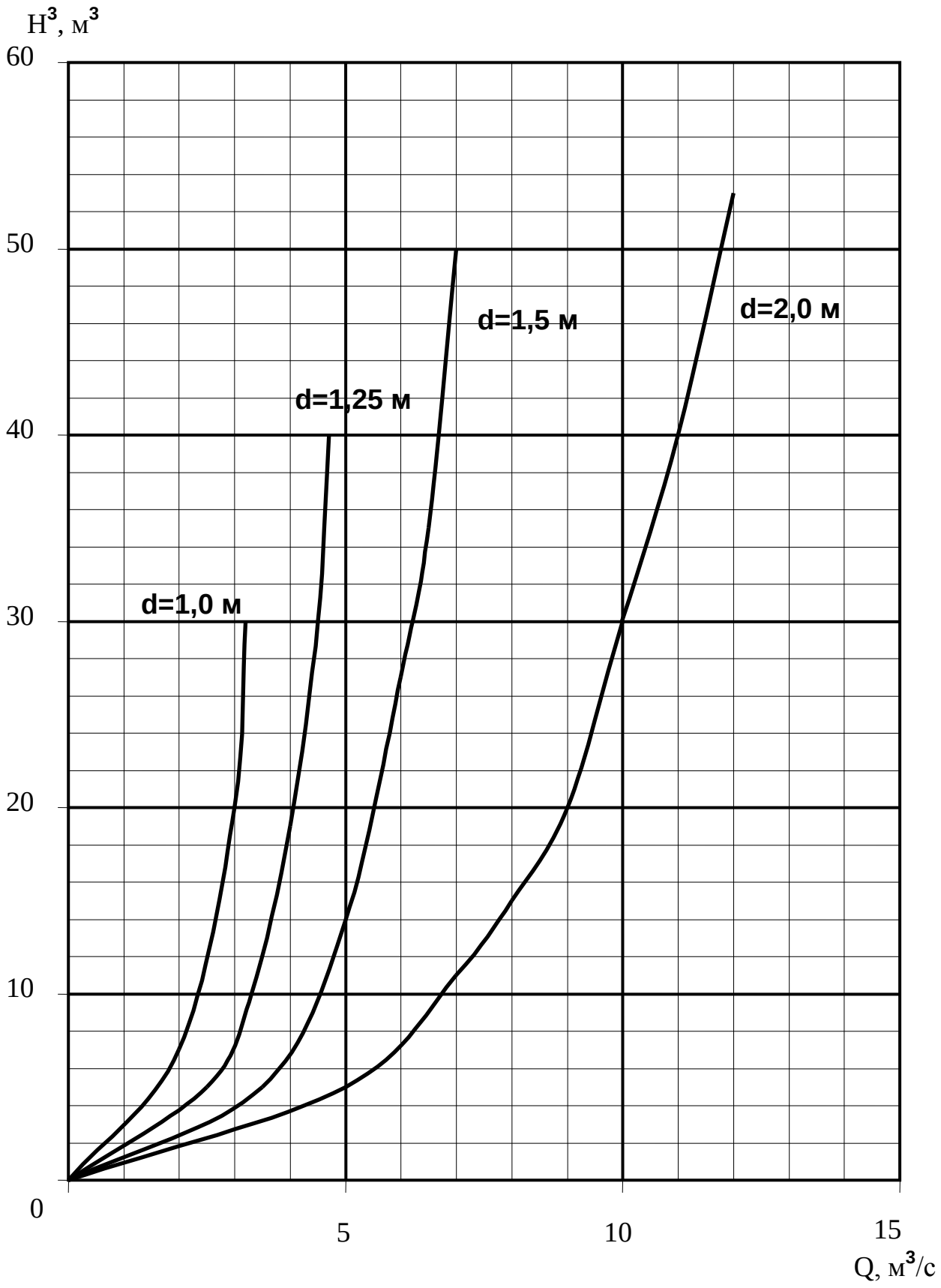

Рис. 5. График пропускной способности труб

Результаты расчета сводятся в табл. 9, где приводятся: размер отверстия трубы, расход сооружения, подпор перед трубой, скорости на выходе из трубы и режим работы (найденные по табл. 1, 2, 3, 4 ПРИЛОЖЕНИЯ 1)

Таблица 9

ПК +	Отверстие трубы Ø (b × h), м	Расход сооружения (с учетом аккумуляции) Q_P , $м^3/с$	Подпор перед трубой H , м	Скорость на выходе из трубы V , м/с	Режим работы

При $H \leq 1{,}2\ h_{тр}$ - безнапорный режим работы,
где $h_{тр}$ - высота трубы, м;
при $H > 1{,}2\ h_{тр}$ - полунапорный режим работы.

1.4. Определение минимальной высоты насыпи у труб

Минимальная высота насыпи по верховой бровке принимается в зависимости от режима работы трубы по следующим формулам:

при безнапорном режиме:

$$H_{нас} = h_{тр} + \sigma + \Delta + h_{до}\ , \qquad (6)$$

где $h_{тр}$ – высота трубы, м;

σ – толщина стенки трубы (табл. 10), м;

Δ – минимальная толщина засыпки трубы, принимаемая для всех типов труб на автомобильных дорогах равной 0,5 м;

$h_{до}$ – толщина дорожной одежды, $h_{до} \approx 0{,}8$м;

Таблица 10

Отверстие трубы $h_{тр}$, м	1,0	1,25	1,50	2,0
Толщина свода σ, м	0,10	0,12	0,14	0,16

при полунапорном режиме:

$$H_{нас} = H + 1 \text{ , м} \quad (7)$$

где H - подпор, м;

1.5. Определение длины трубы

Длина трубы при постоянной крутизне откосов насыпи определяется по формуле:

$$L_{тр} = B_{зп} + H_{нас} \times 2m \times \sin \alpha \text{, м} \quad (8)$$

где $B_{зп}$ - ширина земляного полотна, м;
$H_{нас}$ - высота земляного полотна, м;
m - заложение откоса насыпи, m = 1,5;
sin α - угол пересечения оси дороги с осью трубы, sin 90° = 1;

1.6. Расчет укрепления за трубой

Длина плоского укрепления за трубой (рис. 6):

$$L_{укр} = (2\ldots4) \times b_т \text{ ,} \quad (9)$$

где $b_т$ – ширина (диаметр) трубы, м;

Ширина плоского укрепления за трубой:

$$B_{укр} = 3 \times b_т \quad (10)$$

Толщина укрепления у выходного оголовка:

$$S = 0{,}35 \times H \text{ ,м} \quad (11)$$

где H - подпор, м;

Скорость потока в зоне растекания

$$V_р = 1{,}5 \times V \text{ , м/с} \quad (12)$$

где V - скорость на выходе из трубы, м/с;

В соответствии со скоростью потока в зоне растекания принимаем тип укрепления (табл. 11).

Таблица 11

Тип укрепления	Размер камня, см	Допускаемые скорости течения, V м/с, при средней глубине потока, м			
		0,4	**1,0**	**2,0**	**3,0**
Засев трав	-	0,70	0,85	0,95	1,10
Одерновка плашмя	-	0,9	1,2	1,3	1,4
Одерновка в стенку	-	1,5	1,8	2,0	2,2
Каменная наброска из булыжного или рванного камня в зависимости от его крупности	7,5-10	2,00-2,45	2,40-2,80	2,75-3,20	3,10-3,50
Одиночное мощение на щебне (слой не менее 10 см)	15	2,5	3,0	3,5	4,0
Двойное мощение камнем на щебне (слой не менее 10 см)	15-20	3,5	4,5	5,0	5,5
Габионы (размерами не менее 0,5×0,5×1,0 м)	-	До 4,0	До 5,0	До 5,5	До 6,0
Бутовая кладка из камня известняковых пород	-	3,0	3,5	4,0	4,5
Бутовая кладка из камня крепких пород	-	6,5	8,0	10,0	12,0
Укрепление бетонными плитами	-	3,0	3,5	4,0	4,5
Бетон класса В30	-	6,0	7,0	8,0	9,0
Бетонные лотки	-	12	14	16	18

Для определения глубины заложения предохранительного откоса $h_п$ необходимо определить глубину размыва $\Delta_р$. Воспользуемся для этих целей табл. 12, в которой значение относительной глубины размыва $\Delta_р$/ H приводится в зависимости от величины $(L_{укр} \times tg\alpha) / b_т$.

Глубина заложения предохранительного откоса

$$h_п = 4/3 \times \Delta_р, м \qquad (13)$$

Таблица 12

$(L_{укр} \times tg\alpha) / b_т$.	0	1	2	3	4	5	8	10
$\Delta_р / H$	1,55	0,98	0,78	0,65	0,59	0,54	0,45	0,40

где α- угол растекания потока за трубой (принимается $\alpha = 45^o$).
$b_т$ - ширина (диаметр) трубы, м;

Схема укрепления за трубой показана на рис. 6.

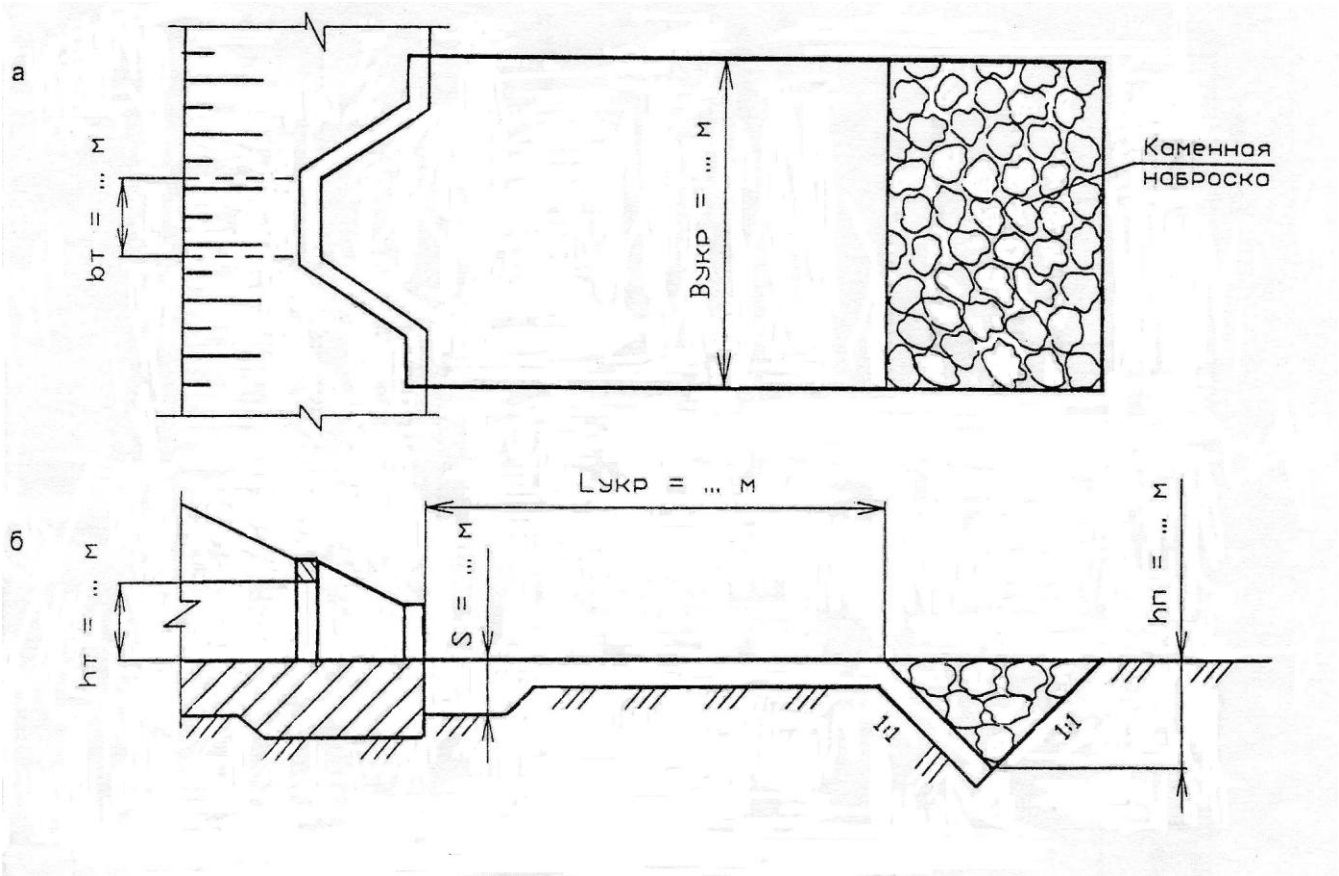

Рис. 6 Схема укрепления за трубой: а - план; б – продольный разрез

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные дороги. Примеры проектирования / Под ред. В.С. Порожнякова. М.: Транспорт, 1983. - 303 с.

2. Бабков В.Ф., Андреев С.В. Проектирование автомобильных дорог.- Ч.1.- М.: Транспорт, 1983. - 310 с.

3. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат.1985. - 36 с;

4. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1986. - 200 с.

5. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / Под ред.Г.А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. - 437 с.

6. Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений – М.: Транспорт, 1992. 408 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Гидравлические характеристики типовых круглых труб

Диаметр отверстия, м	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость воды из трубы, м/с
Портальный оголовок			
0,75	0,20	0,41	1,40
	0,40	0,62	1,70
	0,60	0,79	2,00
Раструбный оголовок с нормальным входным звеном			
1,00	0,60	0,68	2,10
	0,80	0,81	2,30
	1,00	0,93	2,40
	1,20	1,05	2,60
	1,40	1,16	2,80
Раструбный оголовок с коническим входным звеном			
1,00	0,80	0,57	1,40
	1,00	0,84	2,40
	1,40	1,03	2,70
	1,65	1,14	2,90
	2,00	1,31	3,30
	2,20	1,39	3,40
1,25	1,00	0,77	2,20
	1,50	0,95	2,50
	2,00	1,13	2,70
	2,50	1,29	3,00
1,50	2,70	1,37	3,20
	3,00	1,46	3,30
	3,50	1,61	3,50
	3,90	1,74	3,80
	4,50	2,19	3,90
	4,80	2,27	4,00
1,75	4,50	1,47	3,20
	4,70	1,75	3,70
	5,00	1,81	3,70
	6,00	2,08	4,10

Диаметр отверстия, м	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость воды из трубы, м/с
Раструбный оголовок с коническим входным звеном			
2,0	4,50	1,47	3,20
	5,00	1,55	3,30
	5,50	1,65	3,40
	6,00	1,73	3,50
	6,50	1,81	3,60
	7,00	1,90	3,70
	7,50	1,98	3,80
	8,00	2,06	3,90
	8,50	2,14	4,00
	9,00	2,22	4,10
	9,50	2,31	4,20
	10,00	2,38	4,30
	10,50	2,46	4,30
	11,00	2,54	4,50
	12,50	2,78	4,80

Таблица 2

Гидравлические характеристики типовых круглых труб

Тип оголовка	Диаметр отверстия трубы, м	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
Полунапорный режим				
Раструбный с нормальным входным звеном	1,00	1,60	1,30	3,30
		2,00	1,80	4,10
		2,40	2,34	4,90
		2,80	2,95	5,70
		3,00	3,16	6,00
Напорный режим				
Раструбный с нормальным входным звеном	1,00	3,00	1,66	4,20
		3,50	2,02	5,00
	1,25	5,00	1,96	4,50
		6,00	2,45	5,40
Раструбный с коническим входным звеном	1,50	7,00	2,24	4,40
		8,00	2,40	5,00
		8,50	2,58	5,30
	2,00	13,30	2,86	4,90
		14,50	3,01	5,10
		16,00	3,01	5,10
		16,50	3,22	6,10

Таблица 3

Гидравлические характеристики типовых прямоугольных труб

Расход $м^3/с$, при отверстии трубы, м				Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
2,0х2,0	2,5х2,0	3,0х2,5	4,0х2,5		
1,00	1,25	1,50	2,00	0,45	1,80
2,00	2,50	3,00	4,00	0,71	2,30
3,00	3,75	4,50	6,00	0,94	2,70
4,00	5,00	6,00	8,00	1,13	2,90
5,00	6,25	7,50	10,00	1,32	3,20
6,00	7,50	9,00	12,00	1,48	3,40
7,00	8,75	10,50	14,0	1,66	3,50
8,00	10,00	12,00	16,00	1,82	3,90
9,00	11,25	13,50	18,00	1,97	4,10
10,00	12,50	15,0	20,00	2,11	4,20
11,00	13,75	16,50	22,00	2,27	4,40
12,00	15,75	18,90	25,20	2,49	4,60
14,00	17,50	21,00	28,00	2,65	4,70
15,00	18,75	22,50	30,00	2,77	4,80

Таблица 4

Гидравлические характеристики типовых прямоугольных труб

Расход, $м^3/с$ $м^3/с$ $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
Отверстие трубы 2,0×2,0 м			Отверстие трубы 3,0×2,5 м		
15,40	2,88	6,10	23,00	2,86	4,80
16,00	2,99	6,30	23,50	2,92	4,90
17,00	3,16	6,70	24,00	2,98	5,00
17,50	3,25	6,90	24,50	3,04	5,10
18,00	3,35	7,10	25,00	3,10	5,20
19,00	3,56	7,50	25,50	3,16	5,50
20,00	3,75	7,90	26,00	3,32	5,50
21,00	3,97	8,30	27,00	3,34	5,70
Отверстие трубы 2,5×2,0 м			28,00	3,47	5,90
			29,00	3,61	6,10
			30,00	3,75	6,30
			31,00	3,89	6,40
			31,50	3,97	6,60
			Отверстие трубы 4,0×2,5 м		
19,30	2,88	6,10	31,00	2,89	4,90
20,00	2,97	6,30	32,00	2,98	5,00
20,50	3,04	6,50	33,00	3,07	5,20
21,00	3,11	6,60	34,00	3,16	5,40
21,50	3,19	6,80	35,00	3,25	5,50
22,00	3,25	6,90	36,00	3,35	5,70
23,00	3,40	7,20	37,00	3,44	5,80
24,00	3,57	7,50	38,00	3,54	6,00
25,00	3,74	7,90	39,00	3,64	6,10
26,00	3,91	8,20	40,00	3,75	6,30
26,50	4,00	8,30	41,00	3,86	6,40
			42,00	3,97	6,60

О.А.Логинова

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Редактор

Корректор

Подписано в печать Формат 60x84/16
Заказ № Печать ризографическая Усл. - печ. л.
Тираж экз. Бумага офсетная № 1 Уч. - изд. л.

Издательство КГАСУ
420043, Казань, Зеленая, 1