4.3 НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРУБЫ

4.3.1 Определение минимальной отметки бровки насыпи над трубой

Значение минимальной отметки бровки насыпи H_{min} зависит от глубины воды перед трубой H, высоты отверстия трубы $h_{тр}$ (для круглой трубы – от диаметра d), толщины стенки круглой трубы или толщины плиты перекрытия прямоугольной трубы δ.

При безнапорном режиме протекания потока минимальное возвышение контрольной точки над дном бассейна составит

$$h_{min} = h_{тр} + \delta + \Delta + h_{до}\ , \qquad (4.23)$$

где Δ – минимальная высота засыпки трубы у входного оголовка; $h_{до}$ – толщина монолитных или укрепленных вяжущими слоёв дорожной одежды. Тогда контрольная точка для проектной линии продольного профиля над трубой должна быть не меньше величины, определяемой по формуле

$$H_{min} = H_{дн} + h_{min}\ , \qquad (4.24)$$

где $H_{дн}$ – отметка дна бассейна у трубы.

Толщину засыпки над трубой принимают равной 0,5 м, считая от верха звена (плиты перекрытия) трубы и до низа конструкции дорожной одежды. Для гофрированных металлических труб налагается дополнительное условие, что толщина засыпки должна быть не менее 0,8 м от верха звена трубы до поверхности дорожного покрытия [1].

Толщина стенок звена трубы зависит от высоты насыпи. В случае круглой трубы её принимают по табл. 4.12. Для прямоугольной трубы при высоте насыпи до 8 м толщина звена равна 0,22 м при ширине отверстия 2 м; 0,3 м – при ширине отверстия 3 м; 0,36 м – при ширине отверстия 4 м.

Таблица 4.12 – Технические характеристики круглых железобетонных труб

Диаметр отверстия d, м	Входное звено		Длина оголовка $l_{огол}$, м	Высота насыпи $H_н$, м	Толщина звена δ, м
	высота $h_{вх}$, м	длина $l_{вх}$, м			
1,0	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

Примечание. У труб с нормальным входным звеном его высота на входе равна диаметру трубы, а длина составляет 1,0 м.

4.3.2 Расчёт длины трубы

Расчет длины железобетонной трубы. Длина трубы зависит от высоты насыпи, ширины земляного полотна, крутизны откоса насыпи и угла между осью дороги и осью трубы. Высоту насыпи $H_н$ принимают по рабочей отметке, имеющей место на пикете расположения трубы.

Заложение откоса насыпи зависит от категории дороги, высоты насыпи, грунта земляного полотна и влажности климата. Данные по величине заложения откоса приведены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Заложение откоса насыпи

Высота насыпи, м	Категория дороги	Особые грунтово-климатические условия	Заложение откоса	
			в нестеснённой полосе отвода	в стеснённой полосе отвода
до 2 м	I - III	мелкие песчаные и пылеватые грунты в районах с влажным климатом	4	1,75
		в остальных случаях	4	1,5
	IV - V	мелкие песчаные и пылеватые грунты в районах с влажным климатом	3	1,75
		в остальных случаях	3	1,5
от 2 до 3 м	I - III	мелкие песчаные и пылеватые грунты в районах с влажным климатом	4	1,75
		в остальных случаях	4	1,5
	IV - V	мелкие песчаные и пылеватые грунты в районах с влажным климатом	1,75	1,75
		в остальных случаях	1,5	1,5
от 3 до 6 м	I - V	мелкие песчаные и пылеватые грунты в районах с влажным климатом	1,75	1,75
		в остальных случаях	1,5	1,5
от 6 до 12 м	I - V	мелкие песчаные и пылеватые грунты в районах с влажным климатом	верхний откос 1,75	верхний откос 1,75
			нижний откос 2	нижний откос 2
		в остальных случаях	верхний откос 1,5	верхний откос 1,5
			нижний откос 1,75	нижний откос 1,75

Угол между осью дороги и осью трубы – это угол между тальвегом и осью дороги. Он может принимать значения от 90° до 60°. В том случае, когда угол более острый, то производят искусственное спрямление русла (если такой случай имеет место в курсовом проекте, то величину угла назначают 60°).

При рабочей отметке $h_н \le 6{,}0$ м длина трубы l без оголовков вычисляется по формуле

$$l = \left[\frac{0{,}5B + m(h_н - h_{тр})}{1 + mi_{тр}} + \frac{0{,}5B + m(h_н - h_{тр})}{1 - mi_{тр}} + m_0 \right] \frac{1}{\sin\alpha}; \qquad (4.25)$$

при рабочей отметке $h_н > 6{,}0$ м длина трубы без оголовков –

$$l = \left[\frac{0{,}5B - 1{,}5 + m_н(h_н - h_{тр})}{1 + m_н i_{тр}} + \frac{0{,}5B - 1{,}5 + m_н(h_н - h_{тр})}{1 - m_н i_{тр}} + m_0 \right] \frac{1}{\sin\alpha}; \qquad (4.26)$$

где B – ширина земляного полотна; m – заложение откоса насыпи при высоте до 6 м; $m_н$ - заложение нижнего откоса насыпи высотой более 6 м; $i_{тр}$ – уклон трубы, принимаемый равным уклону бассейна перед сооружением i_c; m_0 – толщина стенки оголовка, равная 0,35 м (первые и по-

следние звенья входят в оголовки на $0{,}5m_0$); α – угол между осями дороги и трубы (линией тальвега).

Полная длина трубы вычисляется по выражению

$$L_{тр} = l + 2l_{огол}, \tag{4.27}$$

где $l_{огол}$ – длина оголовков (см. табл. 4.12).

Конструкция прямоугольной трубы с размерами раструбных оголовков приведена на рис. 4.6.

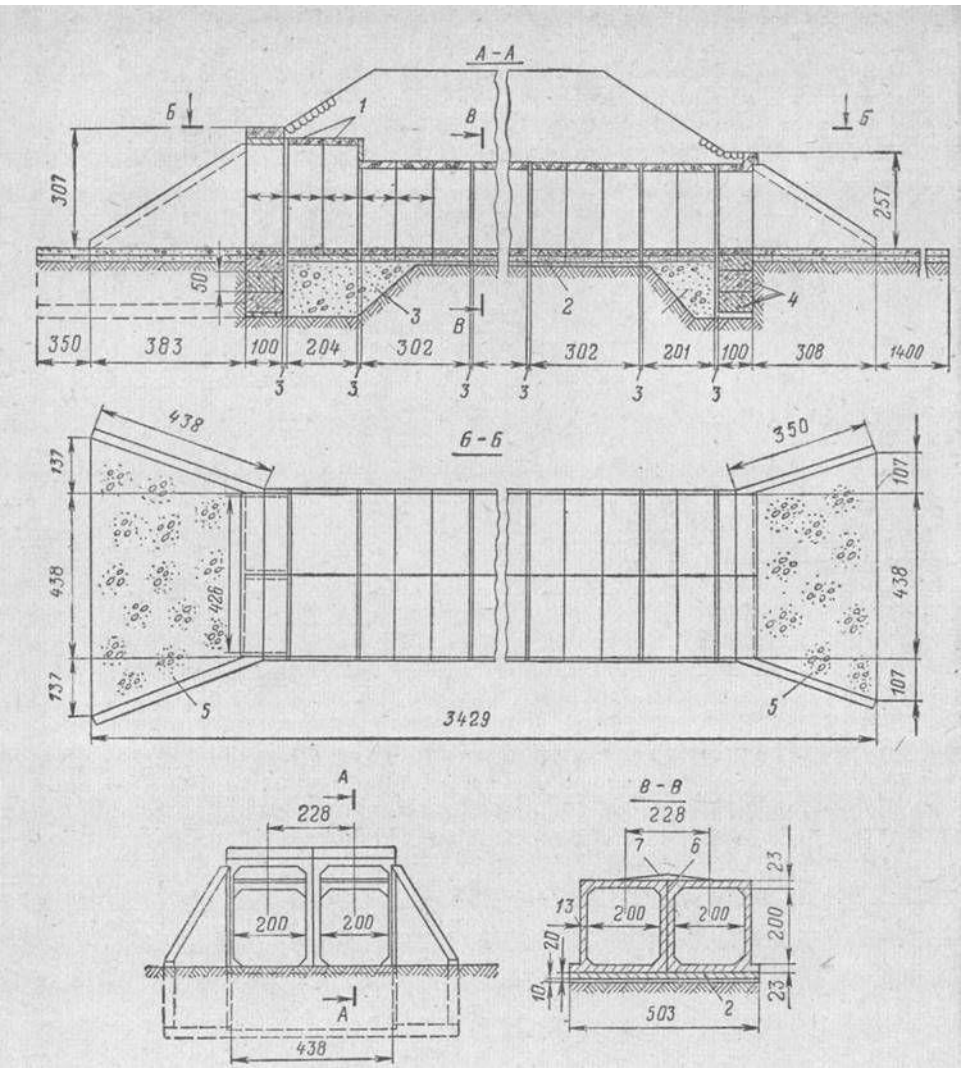

Рисунок 4.6 – Конструкция прямоугольной железобетонной трубы с раструбным оголовком

Расчёт длины гофрированной трубы. При проектировании гофрированной трубы на работу в безнапорном режиме целесообразнее устраивать её без оголовка, что снижает строительную стоимость всего сооружения в целом. При рабочей отметке $h_н \le 6{,}0$ м длина гофрированной трубы l без оголовков –

$$l = \left[\frac{0{,}5B + mh_н}{1 + mi_{тр}} + \frac{0{,}5B + mh_н}{1 - mi_{тр}}\right]\frac{1}{\sin\alpha}; \tag{4.28}$$

при рабочей отметке $h_н > 6{,}0$ м длина трубы без оголовков –

$$l = \left[\frac{0,5B - 1,5 + m_н h_н}{1 + m_н i_{тр}} + \frac{0,5B - 1,5 + m_н h_н}{1 - m_н i_{тр}} \right] \frac{1}{\sin\alpha} \; ; \qquad (4.29)$$

4.3.3 Проектирование укреплений за трубой

При растекании воды за трубой её скорость возрастает в несколько раз, по сравнению со скоростью потока в бытовом состоянии (т.е. до устройства трубы), что вызывает размыв русла. Защита от размыва заключается в правильном выборе типа и размеров укрепления. Наиболее экономичными являются короткие жёсткие укрепления, заканчивающиеся предохранительным откосом, рис. 4.7 и 4.8, с каменной наброской. Укрепление устраивают из железобетонных плит, монолитного бетона или мощением.

Тип укрепления подбирают в зависимости от расчётной скорости потока. По размерам отверстия трубы назначают длину укрепления $l_{укр}$. За трубой она должна быть в пределах (3–4)*в*, где *в* – ширина прямоугольного отверстия (или диаметр круглой трубы).

Глубину размыва определяют следующим образом. Сначала вычисляют параметр

$$a = \frac{l_{укр} \cdot \mathrm{tg}\,\alpha}{в}, \qquad (4.30)$$

где α – угол растекания воды, не превышающий 45° (в курсовом проекте принимаем α = 45°), *в* – ширина водопропускного отверстия (или диаметр круглой трубы).

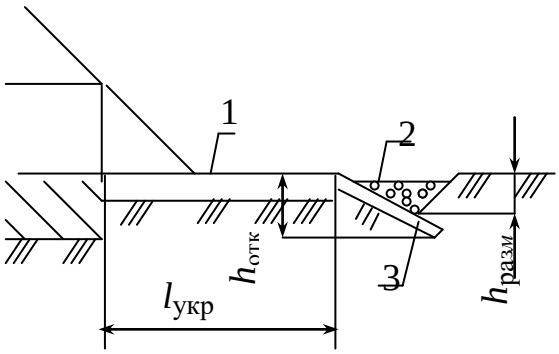

Рисунок 4.7 – Укрепление за трубой: 1 – укрепление; 2 – каменная наброска в ковше размыва; 3 – предохранительный откос

Для параметра *a* из табл. 4.14 выбирают значение параметра Δ*h*. Тогда глубина размыва $h_{разм}$ определится по формуле

$$h_{разм} = \Delta h \cdot H, \qquad (4.31)$$

где *H* – напор воды перед трубой, вычисленный по формуле (4.14).

Таблица 4.14 – Значения Δ*h* в зависимости от параметра *a*

a	0	1	2	3	4	5	8	10
Δ*h*	1,55	0,98	0,78	0,65	0,59	0,54	0,45	0,40

Глубина заложения предохранительного откоса

$$h_{отк} = \frac{4}{3} h_{разм}. \qquad (4.32)$$

Рисунок 4.8 – Выходное русло за трубой на автодороге Вершина Теи – Шора - Изыхгол

Источники информации

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2011. – 287 с.

2. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2-х кн. Кн. 1: Учебник / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.

3. Конструкции трубы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stroy-server.ru/notes/svedeniya-o-konstruktsiyakh-vodopropusknykh-trub-i-malykh-mostov