

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Белорусский национальный технический университет

**«Проектирование водопропускных сооружений  
на малом водотоке»**

учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию  
для студентов специальности 70.03.01  
«Автомобильные дороги»

*Учебное электронное издание*

Минск ◊ БНТУ ◊ 2005

УДК 625.72

В методических указаниях изложены вопросы проектирования водопропускных сооружений (водопропускных труб и малых мостов). Даны указания по определению расчетных расходов, назначению отверстий.

Приведены методики обоснования размеров укреплений на входе и выходе трубы, длины трубы, отметок лотка. Даются рекомендации по выбору фундамента. Изложены рекомендации по составлению проекта трубы. Приведены справочные и нормативные материалы, необходимые для проектирования водопропускных сооружений на малых водотоках.

Составитель:  
И.К.Яцевич

Составление  
Яцевич И.К., 2005

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</b> .....	<b>4</b>
<b>2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА И БЫТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОТОКА</b> .....	<b>4</b>
2.1 Определение расчетного расхода талых вод .....	4
2.2 Определение расчетного расхода ливневых вод .....	6
2.3 Построение графика зависимости расхода воды от глубины .....	6
<b>3. ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ</b> .....	<b>9</b>
3.1 Назначение отверстий водопропускных труб .....	9
3.2 Выбор типа фундамента .....	12
3.3 Определение длины трубы .....	12
3.4 Назначение отметок дна трубы .....	13
3.5 Выбор марки водопропускной трубы .....	15
<b>4. УКРЕПЛЕНИЕ РУСЛА И ОТКОСОВ У ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ</b> .....	<b>17</b>
4.1 Обоснование размеров укрепления русла на выходе .....	18
4.2 Выбор типа укрепления русла .....	20
4.3 Укрепление русла на входе .....	22
4.4 Укрепление откосов земляного полотна у трубы .....	22
<b>5. СОСТАВЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ</b> .....	<b>23</b>
<b>6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ</b> .....	<b>36</b>
<b>7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛОГО МОСТА</b> .....	<b>43</b>
7.1 Гидравлический расчет малого моста .....	43
7.2 Составление схемы моста .....	45
<b>Литература</b> .....	<b>47</b>

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

В качестве водопропускных сооружений на автомобильных дорогах, пересекающих малые водотоки, применяются трубы и малые мосты (длиной до 30 м).

Трубы бывают круглые и прямоугольные. По длине звена разделяются на короткомерные (длина нормального звена – 1,0 м) и длинномерные (длина звена – 5,0 м).

Круглые длинномерные трубы могут иметь отверстия 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 и 1,6 м.

Трубы могут иметь порталные и раструбные оголовки. В последнее время длинномерные трубы отверстием 0,6 и 0,8 м проектируют без оголовков.

Трубы отверстием 0,6 м применяют только на примыканиях при длине до 10 м и уклоне более 10 ‰. Длина труб отверстием 0,8 м ограничена и не может превышать 15 м, труб отверстием 1,0 м – 30 м.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА И БЫТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОТОКА.

Отверстия водопропускных сооружений определяются величиной расхода заданной вероятности превышения при паводках от снеготаяния или ливня. Вероятность превышения паводка равна 1% для дорог I категории, 2% - для дорог II и III категорий и 3% - для дорог IV и V категорий, 10% для дорог VI категории.

### 2.1 Определение расчетного расхода талых вод

Расчетный расход талых вод в условиях Республики Беларусь определяется по формуле

$$Q_p = \frac{0,56 h_n F}{(I + \alpha) \gamma t_n} * \delta_l \delta_b \lambda, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.1)$$

где F – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$h_n$  - слой стока (мм) в фазе подъема половодья расчетной вероятности превышения 1% (табл. 2.1);

$\alpha$  - коэффициент формы гидрографа (табл. 2.2);

$\gamma$  - коэффициент полноты гидрографа (табл. 2.2);

$t_n$  - продолжительность подъема половодья в сутки максимальной интенсивности снеготаяния (ч); складывается из продолжительности водоотдачи на склоны  $t_c$  (табл. 2.2) и продолжительности стекания по логу  $t_l$ , определяемой по формуле

$$t_l = \frac{1,85 L}{Q_3^{1/4} J_0^{1/3}}, \text{ ч}, \quad (2.2)$$

где L – длина лога от водораздела до створа, км;

$Q_3$  - расчетный расход, которым предварительно задаются;

$J_0$  - средний общий уклон лога от водораздела до створа ‰;

$\lambda$  - коэффициент, зависящий от вероятности превышения, равен 1 – при ВП = 1%, 0,87 – при ВП = 2% и 0,81 – при ВП = 3%;

$\delta_l$  – коэффициент, учитывающий снижение расхода в связи с залесенностью бассейна  $f_l$  (табл. 2.3);

$\delta_b$  – то же, в связи с заболоченностью бассейна (табл. 2.3).

Таблица 2.1

Районы Республики Беларусь (райцентры)	Слой стока $h_n$ , мм при грунтах		
	пески	супеси	суглинки, глины
Малорита, Драгичин, Высокое, Пружаны, Кобрин, Брест, Пинск, Мозырь, Петриков, Столин, Хойники, Калинковичи, Лоев	7	10	12
Ошмяны, Мосты, Щучин, Новогрудок, Гродно, Лида, Островец, Волковыск, Молодечно, Барановичи, Слуцк, Дзержинск, Столбцы, Слоним, Солингорск, Старые дороги, Гомель, Ляховичи, Воложин, Брагин, Лунинец, Ивацевичи, Береза, Речица	9	12	15
Минск, Мядель, Вилейка, Логойск, Смолевичи, Червень, Докшицы, Поставы, Борисов, Бобруйск, Быхов, Краснополье, Крупки, Осиповичи, Рогачев, Жлобин, Светлогорск, Ветка, Чечерск	12	15	18
Шклов, Дубровно, Чаусы, Чериков, Лиозно, Костюковичи, Климовичи, Мстиславль, Чашники, Браслав, Полоцк, Витебск, Лепель, Орша, Могилев, Бешенковичи, Сенно, Шумилино, Городок, Рассоны, Верхнедвинск, Шарковщина, Глубокое, Миоры	14	18	20

Таблица 2.2

Географический район	$\alpha$	$\gamma$	$t_c$ , ч
№1	0,10	0,77	3
№2	0,15	0,79	4
№3	0,20	0,81	5

Примечание к табл. 2.2. Географический район № 1 южнее северной широты  $53^\circ$  (линии Волковыск, Барановичи, Слуцк, Рогачев), географический район № 2 - севернее этой линии и южнее широты  $55^\circ$  (линии Поставы, Глубокое, Бешенковичи, Лиозно), географический район № 3 севернее этой линии.

Таблица 2.3

Фл	Значение коэффициента $\delta_d$ при залесенности бассейна, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,20	1,00	0,87	0,81	0,70	0,64	0,58	0,53	0,50	0,46	0,43	0,41
0,25	1,00	0,88	0,81	0,72	0,67	0,61	0,57	0,53	0,50	0,47	0,44
0,30	1,00	0,90	0,82	0,74	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
0,35	1,00	0,90	0,83	0,75	0,71	0,65	0,61	0,57	0,54	0,51	0,48
Заболоченность бассейна, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
$\delta_b$	0,92	0,85	0,79	0,74	0,71	0,65	0,61	0,58	0,55	0,53	

Значение общей лесистости Фл может быть определено по карте лесистости зоны. В курсовой работе можно принять среднюю относительную лесистость Фл: для

Витебской области - 0,25 ; Гродненской - 0,20; Брестской , Гомельской и Могилевской – 0,35 ; Минской области – 0,30.

Порядок определения расчетного расхода снеготаяния:

1. Для заданных района строительства и грунтов по табл. 2.1 определяют значение  $h_n$  для ВП = 1%.

2. Показатели  $\alpha$  ,  $\gamma$  ,  $\delta_l$  ,  $\delta_b$  принимают по табл. 2.2 и 2.3.

3. Задаваясь при первой попытке значением  $Q_3 = F$  , определяют  $t_l$  по формуле (2.2) и затем находят  $t_n = t_l + t_c$  .

4. По (2.1) вычисляют  $Q_p$  . Если полученный расход будет отличаться от  $Q_3$  не более чем на 5% , то расчет закончен . В противном случае его следует повторить при другом значении  $Q_3$  до получения необходимого результата .

## 2.2 Определение расчетного расхода ливневых вод

Максимальный расчетный расход ливневых вод определяют по формуле

$$Q_p = 0,56 \alpha_{1p} J_o^{0,3} F \delta \lambda, \quad (2.3)$$

где  $\alpha_{1p}$  – расчетная интенсивность водоотдачи при общем уклоне лога  $J_o = 1\%$ ;

$J_o$  – общий уклон лога , %;

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$\delta$  – коэффициент снижения расхода на залесенность и заболоченность водосбора ;

$\lambda$  – переходной коэффициент, зависящий от вероятности превышения паводка,  $\lambda = 1$  при ВП = 1% ;  $\lambda = 0,85$  при ВП = 2% ;  $\lambda = 0,77$  при ВП = 3%.

$$\alpha_{1p} = K / (F + 0.15)^{0,43}, \quad (2.4)$$

где  $K$  – эмпирический коэффициент , величина которого зависит от рельефа (табл. 2.4)

Таблица 2.4

$J_o, \%$	10	20	30	40	50	60
$K$	1,2	2,0	3,0	4,0	5,0	6,1

Величина коэффициента  $\delta$  вычисляется по формуле

$$\delta = 1 - 0,8 f_l - f_{бол} - f_{оз}, \quad (2.5)$$

где  $f_l$  ,  $f_{бол}$  ,  $f_{оз}$  - относительные ( в долях единицы) значения лесистости , заболоченности и озерности водосбора.

Для водосборов , сложенных легкодренирующими грунтами (песками, легкими супесями, ) , залесенность не учитывается.

## 2.3 Построение графика зависимости расхода воды от глубины.

График зависимости расхода от глубины воды  $Q = f(h)$  необходим для определения бытовой глубины  $h_b$  во время расчетного паводка в нестесненном живом сечении водотока после пересечения его дорогой. В качестве расчетного расхода принимают сбросной расход, на который проектируется водопропускное сооружение.

Для построения графика зависимости расхода воды от глубины  $Q = f(h)$  задаются несколькими уровнями воды  $H$  и для каждого из них вычисляют глубину потока  $h$  на вертикалях, скорости потока на вертикалях, элементарные расходы.

Скорость на вертикалях при глубине воды  $h_i$  вычисляют по формуле

$$V = m h_i^{2/3} J_c^{1/2}, \quad (2.6)$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий шероховатость лога и склонов;

$J_c$  – уклон лога у сооружения в долях единицы.

Коэффициент  $m$  назначается для ровного земляного русла – 25; извилистого или заросшего русла (ручей) – 20; сильно заросшего – 10-15.

Элементарный расход на вертикалях

$$q_i = V_i h_i. \quad (2.7)$$

Расход в элементе живого сечения при расстоянии между вертикалями  $L_i$

$$Q_i = 0,5 (q_{i+1} + q_i) L_i, \quad (2.8)$$

где  $q_i, q_{i+1}$  – элементарные расходы на соседних вертикалях.

По данным об элементарных расходах строят их эпюру по ширине живого сечения потока. Суммарный расход при данном уровне равен площади эпюры элементарных расходов.

Расчет производят в табличной форме (табл. 2.5)

Таблица 2.5

Заданный уровень $H$	Отметка на вертикали, $H_i$	Глубина на вертикали, $h_i$	Скорость на вертикали $V_i$	Элементарный расход на вертикали $q_i$	Расстояние между вертикалями, $L_i$	$0,5(q_1 + q_2)$	$Q_i$

Пример построения графика зависимости  $Q = f(h)$ .

Исходные данные: уклон водотока у сооружения 10‰, русло сильно заросшее ( $m=15$ ).

Поперечное сечение водотока характеризуется черными отметками:

Таблица 2.6

Пикет, плюс	0+00	0+10	0+15	0+18	0+21	0+24	0+29	0+36
Отметки	68,00	67,50	67,00	66,00	66,00	67,00	67,50	68,00

Задаем уровень воды 67,00, вычисляем глубины (рис. 2.1,а) на вертикалях, соответствующих точкам 0+18, 0+21, и вычисляем скорости движения воды по формуле (2.6), элементарные расходы по формуле (2.7). Эти данные заносим в таблицу 2.7 и строим эпюру элементарных расходов (рис. 2.1, а). Эта эпюра состоит из двух треугольников и прямоугольника. Вычисляем их площадь и заносим в таблицу 2.7 (графа 7). Суммарная площадь эпюры равна расходу при уровне 67,00.

Принимает отметки уровня 67,50 и 68,00 и проводим аналогичные вычисления. Строим эпюры элементарных расходов (рис. 2.1, б,в), вычисляем их площади (табл. 2.7), равные расходами при уровнях 67,50 и 68,00. Уровням 67,00; 67,50 и 68,00 (рис. 2.1)

соответствуют максимальные глубины 1,0; 1,50; и 2,0 м и расходы (табл. 2.7) 9,0; 21,47 и 47,66 м<sup>3</sup>/с

По полученным данным строим график зависимости расхода воды от глубины  $Q = f(h)$  (рис 2.2).

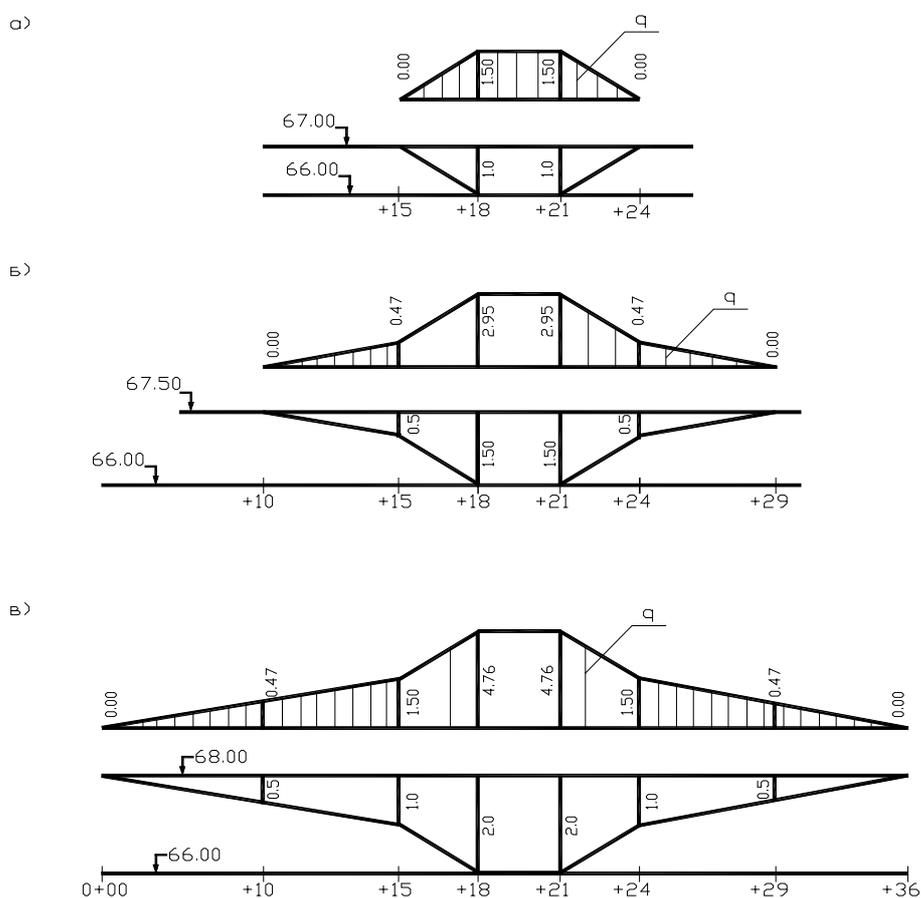


Рис. 2.1 Живое сечение водотока и эпюра элементарных расходов воды при уровнях : а) 67.00; б) 67.50; в) 68.00

Таблица 2.7

Заданный уровень Н	Отметка дна $N_i$	Глубина $h_i$	Скорость $V_i$	Элементарный расход $q_i$	Расстояние $L_i$	$Q_i$
1	2	3	4	5	6	7
67.00	67.00	0	0	0	3	2,25
	66.00	1	1,50	1,50	3	4,50
	66.00	1	1,50	1,50	3	2,25
	67.00	0	0	0		Сумма
						9,0
67.50	67.50	0	0	0	5	1,181
	67.00	0,5	0,945	0,472	3	5,131
	66.00	1,5	1,966	2,948	3	5,131
	66.00	1,5	1,966	2,948	3	8,845

	67.00	0,5	0,945	0,472	5	1,181
	67.50	0	0	0		Сумма
						21,47
68.00	68.00	0	0	0	10	2,362
	67,50	0,5	0,945	0,472	5	4,931
	67.00	1	1,5	1,5	3	9,393
	66.00	2	2,381	4,762	3	14,287
	66.00	2	2,381	4,762	3	9,393
	67.00	1	1,5	1,5	5	4,931
	67.50	0,5	0,945	0,472	10	2,362
	68.00	0	0	0		Сумма
						47,66

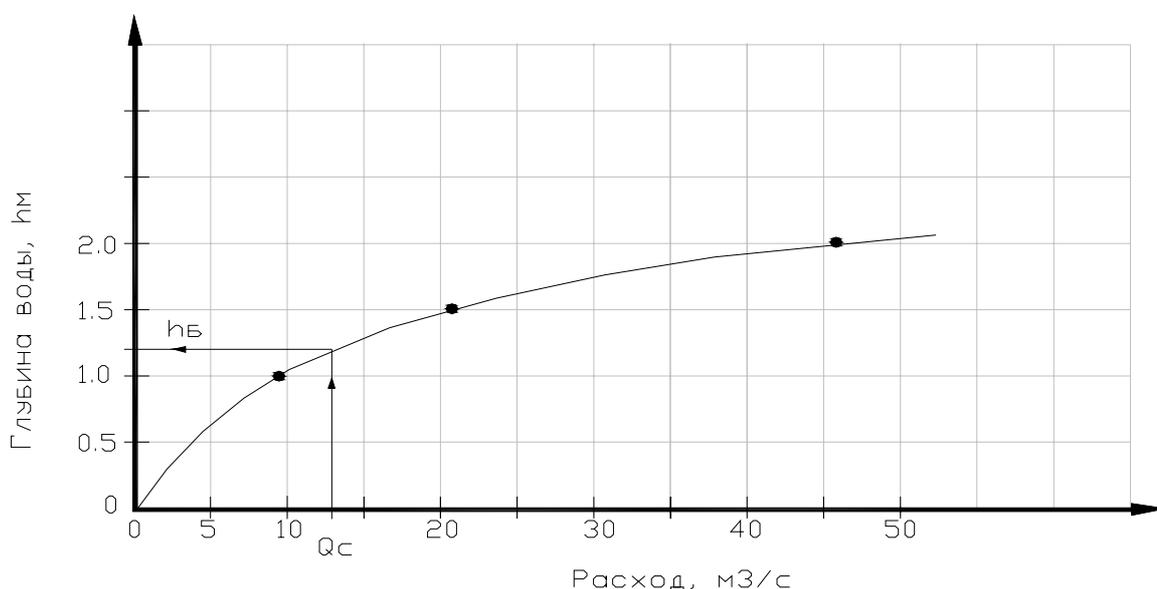


Рис. 2.2 График зависимости  $Q = f(h)$  по данным примера

### 3. Обоснование размеров водопропускных труб

#### 3.1 Назначение отверстий водопропускных труб.

Отверстие круглой трубы равно ее внутреннему диаметру.

Отверстия труб назначают по таблицам пропускной способности (табл. 3.1). При этом следует иметь в виду, что эти таблицы составлены для незатопленного истечения ( $h_b \leq 1,3 h_{кр}$ ).

Величина отверстия трубы зависит от значения расчетного расхода при паводках от ливня летом и от таяния снега весной.

Если расход ливневых вод, определенный по формуле (2.3), окажется больше расхода от снеготаяния по (2.1), то величину сбросного расхода во время ливня устанавливают с учетом аккумуляции ливневых вод. В курсовой работе в учебных целях

для случая, когда расход от снеготаяния больше расхода от ливня- условно меняют эти расходы местами, рассчитывают аккумуляцию стока ливневых вод .

Аккумуляция ливневых вод перед дорогой происходит вследствие уменьшения живого сечения водотока насыпью автомобильной дороги . Живое сечение водопропускной трубы меньше живого сечения естественного потока .Перед дорогой образуется пруд объемом

$$W_{\text{пр}} = (m_1 + m_2) H^3 / (6 J_c), \quad (3.1)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  - крутизна склонов водосбора ;

$J_c$  - уклон лога у сооружения, в долях единицы .

Сбросной расход , проходящий через водопропускное сооружение при уровне  $H$  определяют по формуле

$$Q_c = Q_p [ 1 - W_{\text{пр}} / (0,7 W) ], \quad (3.2)$$

где  $Q_p$  – максимальный расчетный расход без учета аккумуляции,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$W$  – общий объем стока за паводок

$$W = 1000 h_1 F, \quad (3.3)$$

где  $F$  - площадь водосбора ,  $\text{км}^2$  ;

$h_1$  - слой стока при паводке

$$h_1 = 4 + 2,44 F^{0,18} \quad (3.4)$$

Для определения отверстия трубы на пропуск паводка от ливня необходимо сначала построить график зависимости сбросного расхода от глубины пруда аккумуляции, пользуясь формулой (3.2).

Для этого задаются различными значениями глубины пруда перед трубой , вычисляют по (3.1) объем пруда  $W_{\text{пр}}$  и по (3.2) сбросной расход . Строят зависимость сбросного расхода от глубины пруда ( кривая 1 на рис. 3.1) .

При расчете по формуле (3.2) может быть получено отрицательное значение  $Q_c$  при объеме пруда, превышающем значение объема стока . Это значение  $Q_c$  не принимать для дальнейших расчетов.

Далее используют таблицу 3.1 пропускной способности круглых труб. В таблице приведена пропускная способность  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) одноочковой трубы отверстием  $d$ .

Таблица 3.1

d трубы	Q, м <sup>3</sup> /с	h <sub>кр</sub> , м	h <sub>сж</sub> , м	J <sub>кр</sub>	H, м	V <sub>ВЫХ</sub>	
						i ≤ I <sub>кр</sub>	i > I <sub>кр</sub>
1,00	0,50	0,40	0,36	0,001	0,64	1,4	1,7
	1,00	0,57	0,52	0,004	0,94	2,4	2,9
	1,40	0,68	0,62	0,004	1,15	2,7	3,3
	1,70	0,75	0,68	0,006	1,27	2,7	3,3
1,20	1,00	0,55	0,50	0,004	0,87	2,3	2,8
	1,50	0,66	0,60	0,005	1,10	2,7	3,2
	2,00	0,77	0,70	0,005	1,29	2,9	3,5
	2,50	0,87	0,79	0,006	1,50	3,2	3,8
	2,60	0,89	0,81	0,006	1,52	3,9	--
1,40	2,50	0,86	0,78	0,006	1,35	2,8	3,4
	2,80	0,91	0,83	0,006	1,46	3,0	3,6
	3,00	0,95	0,86	0,006	1,54	3,1	3,7
	3,50	1,03	0,94	0,007	1,67	3,2	3,9
	3,80	1,06	0,96	0,007	1,78	3,4	4,1
1,60	2,50	0,80	0,73	0,004	1,31	2,9	3,5

	3,00	0,87	0,79	0,004	1,47	3,1	3,8
	3,50	0,94	0,86	0,004	1,55	3,1	3,8
	4,00	1,02	0,92	0,005	1,70	3,3	4,0
	4,50	1,08	0,98	0,005	1,82	3,5	4,2
	5,00	1,14	1,04	0,005	1,94	3,6	4,3
	5,30	1,18	1,07	0,006	2,04	3,7	4,4

Пояснение к табл. 3.1:

- 1)  $d$ - отверстие одноочковой трубы;
- 2)  $Q$ - расход, который проходит через одно очко трубы при подпоре воды перед трубой  $H$ ;
- 3)  $h_{кр}$ ,  $J_{кр}$  – критические глубина и уклон;
- 4)  $V_{вых}$ - скорость движения воды на выходе из трубы

В случае двухочковой трубы пропускная способность ее удваивается, а трехочковой будет в три раза больше. Остальные показатели (критическая глубина  $h_{кр}$ , критический уклон  $J_{кр}$ , подпор воды  $H$  перед трубой, скорость на выходе  $V_{вых}$  будут одинаковы для одно-, двух- и трехочковых труб.)

Назначают конкурентоспособные варианты труб. По данным таблицы 3.1 строят графики пропускной способности труб с различными отверстиями (кривые 2 и 3 на рис. 3.1)

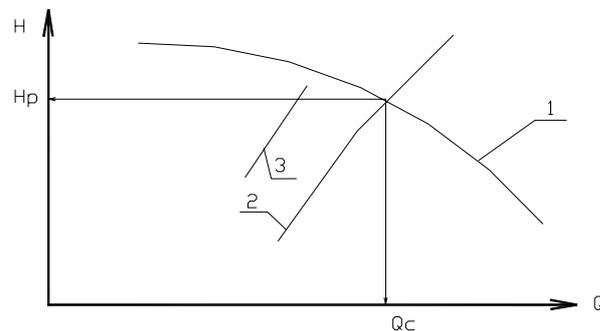


Рис. 3.1. Графическое определение расчетного расхода с учетом аккумуляции

1- зависимость  $Q_c=f(H)$

2,3- зависимости пропускной способности труб от подпора  $H$

На графике (рис. 3.1) наносят данные всех одно-, двух- и трехочковых труб отверстием  $d$ , максимальная пропускная способность которых находится выше кривой 1, а минимальная ниже кривой 1. На пересечении кривой 1, 2 и 3 получают величину сбросного расхода  $Q_c$  для данного отверстия.

По СНиП 2.05.03.-84 «Мосты и трубы» допускается снижать сбросной расход за счет аккумуляции не более чем в три раза. Если вариант конкурентоспособной трубы не выполняет это условие, то его отбрасывают. Из всех вариантов труб принимают для дальнейшего рассмотрения вариант с меньшей скоростью. Для него по графику 3.1 получают сбросной расход  $Q_c$  при паводке от ливня.

На малом водотоке весной имеет место паводок от таяния снега, для которого расчетный расход воды  $Q_{рс}$ . Если окажется, что сбросной расход от ливня  $Q_c$  меньше расчетного расхода от таяния снега  $Q_{рс}$ , то отверстие водопропускной трубы следует назначать исходя из пропуска талых вод с расчетным расходом  $Q_{рс}$ . Тогда сбросным расходом для водопропускной трубы будет  $Q_c = Q_{рс}$ .

По сбросному расходу, пользуясь таблицей пропускной способности труб определяют критический уклон  $J_{кр}$ , критическую глубину  $h_{кр}$ , глубину воды перед трубой и скорость на выходе  $V_{вых}$ , приняв продольный уклон трубы  $i$  равным уклону лога у сооружения, т.е.  $i = J_c$ . Для сбросного расхода  $Q_c$  по графику  $Q_c = f(h)$  (рис.2.1) определяют бытовую глубину  $h_b$  и проверяют режимы истечения. Необходимо, чтобы истечение из трубы было свободным ( $h_b \leq 1,3 h_{кр}$ ) для которого составлена таблица пропускной способности труб.

### 3.2 Выбор типа фундамента

Круглые трубы устраивают бесфундаментные (на гравийно-песчаной подготовке) или фундаментные. Фундамент может быть из монолитного (тип 2) и сборного бетона (тип 1). В последнем случае он выполняется в виде лекальных блоков длиной 2,0 м, между которыми предусмотрены монолитные участки УМ – 1 (начало трубы у раструба рядом с оголовком), УМ – 2 (конец трубы) и УМ – 3 (промежуточные стыки звеньев).

Тип фундамента выбирается в зависимости от геологических условий, уровня грунтовых вод, гидрологического режима работы трубы (напорный или безнапорный), наличия материалов.

Бесфундаментные трубы (гравийно-песчаная подушка толщиной 30 см) назначается только при безнапорном режиме протекания воды, а также при плотных песчаных (кроме пылеватых) грунтах, при твердых и полутвердых глинистых грунтах с условным сопротивлением не менее 250 кПа с расположением уровня грунтовых вод не менее чем 0,3 м ниже гравийно-песчаной подушки. При более высоком уровне грунтовых вод грунты оснований заменяются песчаными не менее среднезернистыми.

Монолитный фундамент выполняется из бетона В 20 толщиной 0,3 м в виде секций длиной 5,0 м на подготовке из щебня толщиной 0,1 м.

Сборный и монолитный фундаменты применяются при песчаных и глинистых грунтах всех наименований с расчетным сопротивлением их не менее расчетного давления под подошвой фундамента трубы, приведенного в табл. 3.2.

В курсовой работе тип фундамента определяется заданием.

Таблица 3.2

Высота насыпи, м	2	3	4	5	6	7	8	9	12
Расчетное давление, кПа	130	160	200	250	290	320	350	410	500

### 3.3 Определение длины трубы

Длина трубы зависит от ширины дорожного полотна  $B_3$ , заложения откосов  $m$ , высоты насыпи  $h_n$ .

Высота насыпи  $h_n$  определяется продольным профилем и приведена в задании. В курсовой работе проверяют достаточность этой высоты по засыпке над трубой, а также по возвышению над уровнем подпертой воды (УПВ) не менее 0,5 м при безнапорном режиме протекания воды.

$$h_n = d + h_q + 0,5 + t, \quad h_n = H + 0,5, \quad (3.5)$$

где  $d$  - диаметр одноочковой трубы;

$h_q$  – толщина дорожной одежды ;  
 $t$  - толщина стенки трубы (табл. 5.2);  
 $H$  - глубина воды перед трубой.

Если окажется , что  $h_n$  по (3.5) больше , чем по заданию , то эту высоту принимаем для дальнейших расчетов.

Для трубы с оголовками теоретическая длина ее поверху равна

$$L_T = B_3 + 2mh_n - 2m h + 2p , \quad (3.6)$$

где  $p$  – ширина площадки над оголовками трубы, включая и ширину порталной стенки ( $p = 0,8$  м);

$m$  – заложение откоса земполотна у трубы, принимается  $m = 1,5$ ;

$h$  – высота портала ( табл.5.2).

Теоретическая длина трубы без оголовков

$$L_T = B_3 + 2 mh_n , \quad \text{при } h_n \leq 6,0 \text{ м} \quad (3.7)$$

$$L_T = B_3 + 2 m \cdot 6 + 2(m + 0.25) \cdot (h_n - 6) \text{ при } h_n > 6,0 \text{ м}$$

Фактическая длина трубы подбирается , принимая такое количество звеньев  $n$  длиной  $S$  , чтобы выполнялось условие (3.8)

$$0 \leq L_\phi - L_T < S , \quad (3.8)$$

где  $S$  – длина целого звена. ( $S = 5,0$  м)

Фактическая длина трубы поверху для длинномерных труб с оголовками определяется по формуле

$$L_\phi = S * n + 0,015 ( n-1) + 0,11 + 2 * 0,35 + 0,02, \quad (3.9)$$

где  $n$  – число звеньев;

$0,35$  – толщина порталной стенки

Фактическая длина длинномерной трубы без оголовков определяется по формуле , аналогичной ( 3.9) без последних двух слагаемых.

Если условие (3.8) выполнено и  $L_\phi - L_T \geq 0,5S$ , то целое звено длиной  $S = 5,0$  м разрезают на две части и включают половину звена в тело трубы, уменьшая фактическую длину ее на  $2,5$  м.

Если после этого окажется , что  $L_\phi - L_T > 0$  , то корректируют заложение откосов земляного полотна .

В случае труб с оголовками

$$m_1 = 1,5 + 0.5 (L_\phi - L_T) / (h_n - h) , \quad (3.10)$$

где  $h$  - высота порталной стенки над лотком трубы .

В случае длинномерных труб без оголовков.

$$m_1 = 1,5 + 0,5(L_\phi - L_T) / h_n \quad (3.11)$$

### 3.4 Назначение отметок дна трубы

Отметки лотка трубы по оси дороги на входе и на выходе назначаются с учетом отметок местности, условий проектирования продольного профиля, продольного уклона трубы, длины трубы и ее строительного подъема. Продольный уклон принимают обычно равным поперечному уклону местности, т.е. уклону у сооружения  $I_c$  (см. задание), но не менее критического и не более 20%. При больших уклонах трубы проектируют как косогорные.

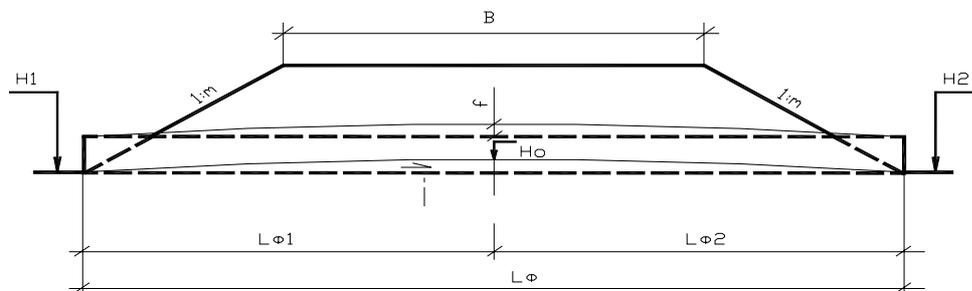


Рис. 3.2 Схема к определению отметок лотка трубы

Отметка лотка трубы по оси дороги (рис. 3.2) в курсовой работе принимается равной

$$H_o = H_q + f,$$

где  $H_q$  - минимальная отметка поперечного сечения водотока по оси дороги (см. задание);

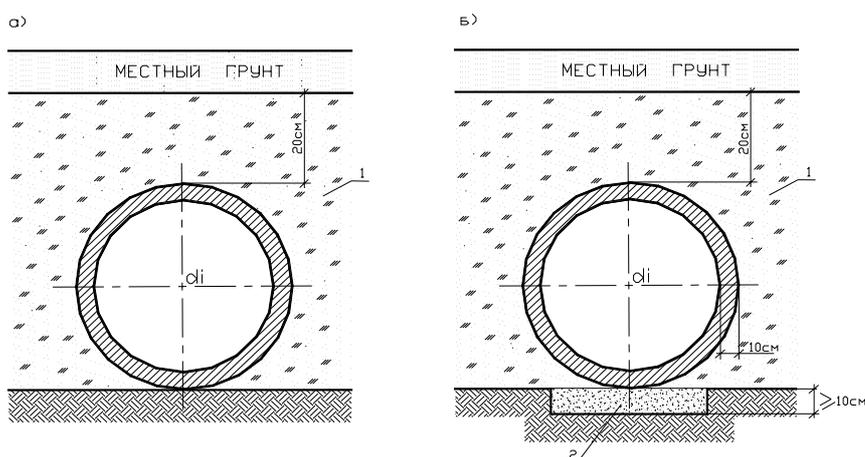


Рис. 3.3 Тип 1 основания труб ТВ: 1- грунт повышенной степени уплотнения; 2- подушка песчаная.

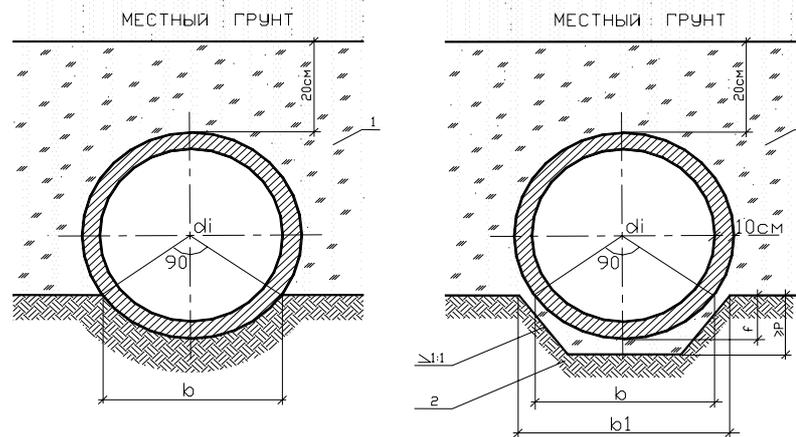


Рис. 3.4 Тип 2 основания труб ТВ: 1- грунт повышенной степени уплотнения; 2- подушка песчаная.

$f$  – строительный подъем середины трубы, учитывающий большую осадку середины трубы под действием нагрузки от насыпи.

Строительный подъем при основании из песков крупных, средних и мелких принимается по дуге круга  $f = 1/80 h_n$  ( $h_n$  – высота насыпи), для глинистых грунтов  $f = 1/40 h_n$ .

Отметки лотка трубы на входе  $H_1$  (рис. 3.2) и на выходе  $H_2$  определяются по формулам

$$H_1 = H_0 - f + (i L_{\phi 1}); \quad H_2 = H_0 - f - (i L_{\phi 2}).$$

где  $i$  – продольный уклон лотка трубы в долях единицы (в курсовой работе его можно принять равным уклону водотока у сооружения  $I_c$  в соответствии с заданием);

$L_{\phi 1}$ ,  $L_{\phi 2}$  – фактическая длина трубы с верховой и низовой стороны (рис. 3.2);

$$L_{\phi 1} = (0,5 L_{\phi}) / (1 + i m); \quad L_{\phi 2} = (0,5 L_{\phi}) / (1 - i m)$$

После расчета отметок лотка трубы следует проверить отсутствие застоя воды у входа до осадки середины трубы ( $H_1 \geq H_0$ ).

Если  $H_1 < H_0$ , то необходимо увеличить продольный уклон трубы  $i$ .

### 3.5 Выбор марки водопропускной трубы

В настоящее время в Республики Беларусь принимают трубы железобетонные безнапорные виброгидропрессованные (ТП Б.3.503.1-2.02). Звенья этих труб в зависимости от типа основания, степени уплотнения грунта у трубы и высоты насыпи разделены на группы по несущей способности (1 и 2 для диаметра 0,6 и 0,8 и 1,2,3,4 для диаметров 1,0; 1,2; 1,4 и 1,6). Возможные типы основания:

тип 1- грунтовое плоское (при песчаных грунтах) и грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта (при глинистых грунтах) (рис.3.3)

тип 2 – грунтовое спрофилированное (при песчаных грунтах) или грунтовое спрофилированное с подушкой из песчаного грунта (при глинистых грунтах) с углом обхвата  $90^\circ$  (рис. 3.4).

тип 3 – железобетонная обойма усиления с углом обхвата  $180^\circ$  (рис.3.5).

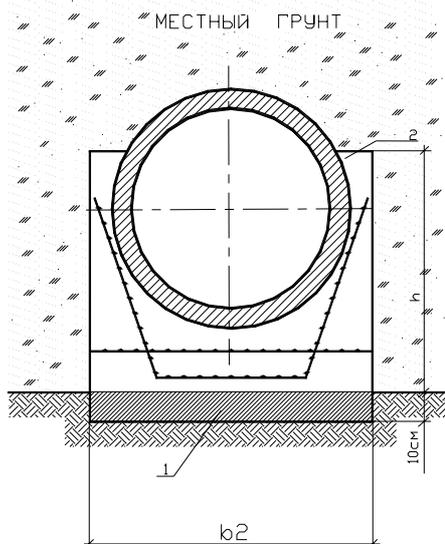


Рис. 3.5 Тип 3 основания труб ТВ: 1- подготовка из бетона В 7,5;  
2- железобетонная обойма усиления.

Геометрические размеры песчаных подушек и железобетонных обойм приведены в табл.3.3

Таблица 3.3

Тип трубы	Размеры, см						
	d	подготовки				Ж/б обоймы	
		b	f	b <sub>1</sub>	p	b <sub>2</sub>	h
ТВ	60	51	11	81	21		
	80	68	14	98	24		
	100	85	18	115	28		
	120	100	21	130	31	184	132
	140	115	24	145	34	207	144
	160	130	27	160	37	239	164

Степень уплотнения грунта у трубы (пониженная, нормальная и повышенная) определяется коэффициентом уплотнения  $K_y$ , равным отношению требуемой плотности грунта к максимальной при стандартном уплотнении.

Значения коэффициента уплотнения должны быть не менее 0,93; 0,95 и 0,98 при степени уплотнения пониженной, нормальной и повышенной.

Уплотнение грунта по данной степени следует производить на ширину не менее двух диаметров трубы с каждой ее ширины и на высоту не менее 20 см над трубой.

Обозначение трубы состоит из букв ТВ (трубы виброгидропрессованные) и цифр, которые обозначают внутренний диаметр (в сантиметрах) расчетную длину звена (в дециметрах) и марку звена по несущей способности (например ТВ 120.50-2).

Группа звена по несущей способности назначается по табл. 3.4

Таблица 3.4

Тип основания	Степень уплотнения	Предельная высота насыпи для труб ТВ, м							
		Группа по несущей способности							
		ТВ 100.5-х				ТВ 120.50-х			
		х=1	х=2	х=3	х=4	х=1	х=2	х=3	х=4
1	А	3,5	4,3	5,1	7,0	3,7	4,4	5,5	7,0
	Б	3,7	4,6	5,5	7,5	3,9	4,7	6,0	7,6
	В	4,0	5,0	6,0	8,0	4,2	5,1	6,5	8,2
2	А	5,2	6,5	7,5	10,0	5,5	6,5	8,4	10,5
	Б	5,6	7,0	8,5	11,5	6,0	7,2	9,0	11,5
	В	6,0	7,5	9,0	13,0	6,5	8,0	10,0	13,0
3	А	-----	-----	-----	-----	-----	-----	14,0	17,0
	Б	-----	-----	-----	-----	-----	-----	17,0	20,0
		ТВ 140.50-х				ТВ 160.50-х			
		х=1	х=2	х=3	х=4	х=1	х=2	х=3	х=4
1	А	3,0	5,0	6,0	8,0	4,0	5,5	6,5	7,5
	Б	4,0	5,5	6,5	8,7	4,5	6,0	7,5	8,5
	В	4,5	6,0	7,0	9,5	5,0	6,5	8,0	9,5
2	А	5,5	7,0	9,0	11,0	6,5	8,0	10,0	11,0
	Б	6,0	8,0	10,0	12,0	7,0	9,0	11,0	12,0
	В	6,5	9,0	11,0	13,0	7,5	10,0	12,0	13,0
3	А	-----	-----	12,0	16,0	-----	-----	14,0	17,0
	Б	-----	-----	15,0	20,0	-----	-----	17,0	20,0

Примечание к таблице 3.4:

- 1) тип основания : в соответствии с рисунками 3.3-3.5
- 2) степень уплотнения: А- пониженная; Б- нормальная; В- повышенная.

В таблице 3.4 приведены предельные высоты насыпей для случая возведения их из грунта средней плотности  $17,7 \text{ кН/м}^3$  ( $1,8 \text{ т/м}^3$ ). При применении грунта с большей плотностью следует откорректировать максимальную высоту насыпи. Например, насыпь с проектной высотой 7,6 м отсыпается из грунтов со средней плотностью  $18,5 \text{ кН/м}^3$ .

Расчетная высота насыпи будет равна:

$$H = 7,6 * 18,5 / 17,7 = 7,94 \text{ м.}$$

#### 4. Укрепление русла и откосов у водопропускной трубы.



$n$  - показатель степени, определяемый по формуле

$$n = 0,78 + 0,36 \lg (Q_k / Q_c)_{\pm}$$

где  $Q_c$  - сбросный расход, принятый для обоснования отверстия трубы;

$Q_k$  - эталонный расход;

$$Q_k = 1,6 D_3^{5/2}$$

Таблица 4.1

Отверстие трубы	1x1,0	2x1,0	3x1,0	1x1,2	2x1,2	3x1,2	1x1,4	2x1,4	3x1,4	1x1,6	2x1,6	3x1,6
L, м	2,0	2,8	3,4	2,0	2,8	3,4	2,0	2,8	3,4	3,0	4,2	5,1

Для обоснования ширины предохранительного откоса определяется предельная глубина размыва в конце укрепления при неограниченном времени прохождения паводка и отсутствии каменной наброски.

$$T_{пр} = K_p D_3 (Q_c / Q_k)^{0,6} (D_3^3 / M)^{0,2} \quad (4.2)$$

где  $K_p = 0,85$  при  $D_3 \leq 2,5$  м;  $K_p = 0,80$  при  $D_3 > 2,5$  м;

$Q_k, Q_c, L, D_3, d, \epsilon_p$  - см. обозначения в формуле (4.1)

$$M = (L/D_3 + 1) * d * \epsilon_p * d_{гр}$$

где  $d_{гр}$  - расчетный диаметр частиц грунта лога, м (по заданию)

Расчетная глубина размыва в конце укрепления при ограниченном времени прохождения паводка и отсутствии каменной наброски.

$$T_p = K_c T_{пр}, \quad (4.3)$$

где  $K_c$  - коэффициент снижения глубины размыва за счет ограниченного времени прохождения паводка (табл. 4.2)

Таблица 4.2

Вид грунта	Значение коэффициента $K_c$ при количестве очков		
	1	2	3
Песчаный и супесчаный	0,6	0,56	0,51
Гравий, суглинки, глины	0,75	0,70	0,64

Минимальная ширина предохранительного откоса

$$B_{п} = 3T_p / K_1, \quad (4.4)$$

где  $K_1$  - коэффициент, определяемый по табл. 4.3.

Полученное по формуле (4.4) значение  $B_{п}$  сопоставляется с шириной укрепления  $N$  по формуле 4.1. Если  $B_{п} < N$ , то принимается  $B_{п} = N$ .

Если  $B_{п} > N$ , то принимают  $N = B_{п}$ .

Таблица 4.3

$T_p/D_3$	Значение $K_1$ , при отношении $L/D_3$			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
0,2	0,25	0,17	0,12	0,10
0,4	0,43	0,35	0,25	0,19
0,6	0,58	0,47	0,35	0,26
0,8	0,68	0,56	0,45	0,32
1,0	0,75	0,63	0,50	0,40

1,2	0,80	0,69	0,57	0,44
1,4	0,83	0,73	0,61	0,48
1,6	0,85	0,76	0,65	0,52
1,8	0,88	0,80	0,68	0,56
2,0	0,90	0,82	0,71	0,58
2,4	0,91	0,85	0,75	0,63
2,8	0,93	0,86	0,78	0,66
3,2	0,95	0,87	0,80	0,68

Глубину заложения предохранительного откоса  $T$  назначают в зависимости от расчетного расхода на одно очко, вида грунта русла и количества очков (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Расход на одно очко, $m^3/c$	Глубина предохранительного откоса при грунтах					
	Несвязные			Связные		
	Количество очков			Количество очков		
	1	2	3	1	2	3
2,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,3	1,0	1,1	1,2	1,0	1,2	1,3
3,9	1,0	1,2	1,3	1,0	1,3	1,4
5,1	1,1	1,3	1,5	1,1	1,4	1,6
6,0	1,1	1,4	1,6	1,2	1,5	1,7

## 4.2 Выбор типа укрепления русла

Типовой проект [3] рекомендует устраивать укрепление отводящих русел у труб монолитным бетоном, сборными плитами, каменной наброской.

Конструкция укреплений русла приведена на рис.4.2 и 4.3.

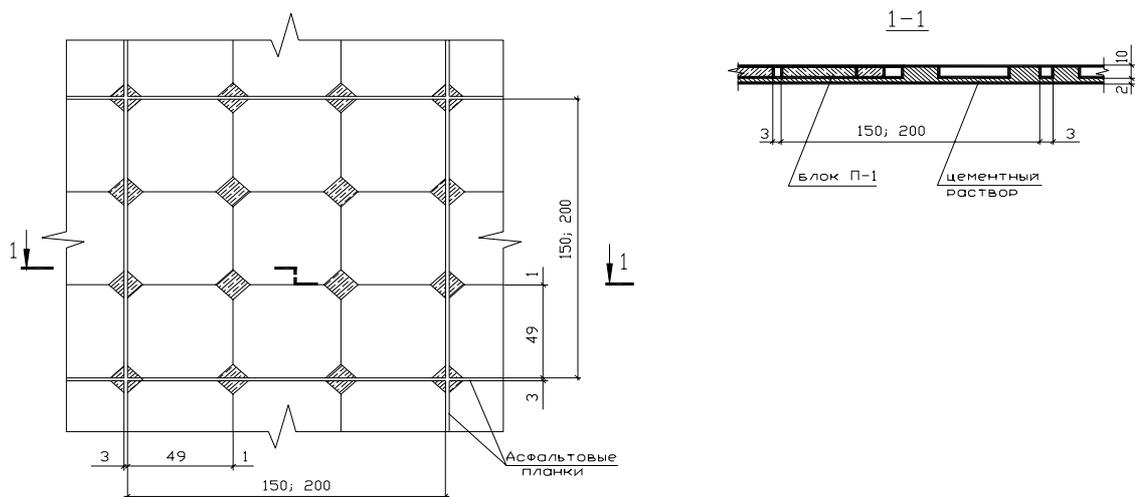


Рис.4.2 Конструкция укрепления из плит П-1 (49x49 см)

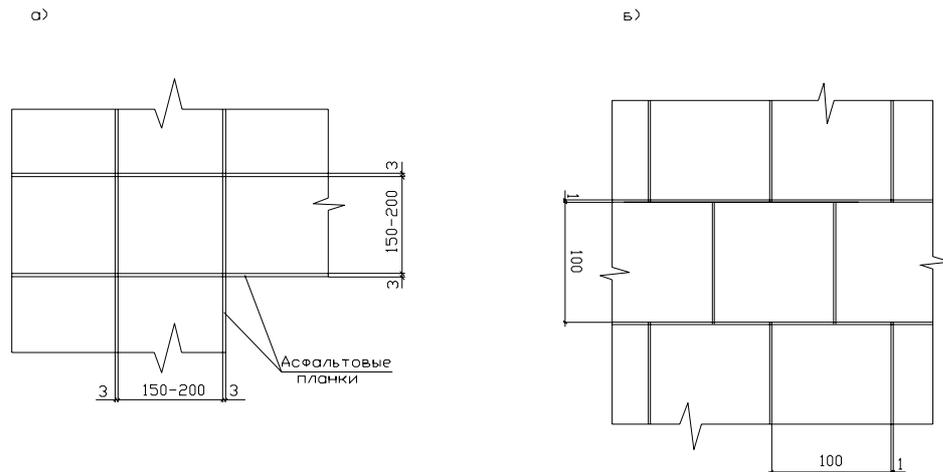


Рис. 4.3 Конструкция укрепления :а) из сплошного бетона В 20;  
б) из плит ПК 100.12.е

В качестве основания под укрепление из монолитного бетона и плит принимают щебеночную подготовку толщиной 10 см. В случае применения для укрепления сборных плит на щебеночную подготовку укладывают цементный раствор толщиной 2 см.

Выбор типа укрепления русла на выходе производят по скорости течения воды на выходе из трубы, увеличенной в 1,2 раза и допустимой скорости течения воды для принятого типа укрепления, зависящей от глубины потока на выходе (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Тип укрепления	Допускаемые скорости (м/с) при глубине потока (м)		
	0,4	1,0	2,0
Каменная наброска слоем 30 см из несортированного камня толщиной 10-15 см	2,5	3,0	3,5
Каменная наброска слоем 30 см из несортированного камня толщиной 15-20 см	3,0	3,5	4,00
Каменная наброска слоем 30 см из несортированного камня толщиной 20-25 см	3,5	4,0	4,5
Сборные плиты 49х49 из бетона В20 толщиной 10см на слое щебня h = 10 см	3,0	3,5	4,0
Монолитный бетон класса В20 толщиной 10 см на слое щебня h= 10 см	6,5	8,0	8,0
Сборные плиты ПК 100.12е на			

цементном растворе h=2см и слое щебня h=10см	6,5	8,0	8,0
--	-----	-----	-----

Для выбора типа укрепления русла на выходе предварительно определяется глубина потока воды на выходе (в зоне растекания)

$$h_{\text{вых}} = K d (P_Q)^n, \quad (4.6)$$

где K и n- эмпирические коэффициенты, (K=0,75; n= 0,5);

d - отверстие одноочковой трубы;

$P_Q$  - безразмерный параметр расхода.

$$P_Q = Q / (3,13 d^{2,5}), \quad (4.7)$$

$Q_c$  – сбросной расход на одно очко.

Для этой глубины потока определяется по табл. 4.5 допускаемая скорость движения воды для каждого типа укрепления.

Пример:

Скорость движения воды на выходе из трубы 3.0 м/с и глубина потока вода  $h_{\text{вых}} = 0,5$  м. В зоне растекания эта скорость  $1,2 * 3,0 = 3,6$  м/с. В качестве возможного укрепления рассмотрим каменную наброску слоем 30 см из камня толщиной 20-25 см (табл.4.5). Допускаемая скорость при глубине потока 0,4 м равна 3,5 м/с, а при глубине 1,0 м – 4,5 м/с. При глубине потока 0,5 м допускаемую скорость для каменной наброски получим интерполяцией.

$$V_{\text{доп}} = 3,5 + (4,5 - 3,5) / (1,0 - 0,4) * (0,5 - 0,4) = 3,66 \text{ м/с}$$

Следовательно, укрепление русла на выходе каменной наброской слоем 30 см из камня толщиной 20- 25 см выдерживает движение воды со скоростью 3,6 м/с.

### 4.3 Укрепление русла на входе

Укрепление русла на входе возможно монолитным бетоном толщиной 8 см, сборными плитами, неткаными синтетическими материалами с семенами трав. В случае применения нетканых синтетических материалов укладывается растительный грунт толщиной 3 см сверху и 10 см снизу этого материала.

Укрепление русла на входе имеет прямоугольную форму. Длина укрепления, считая от лотка трубы, для круглых труб с нормальным входным звеном равна 2 м в случае отверстий 1,0 и 1,2 м и 2,5 м - в случае отверстий 1,4 и 1,6 м. Ширина укрепления на входе равна

$$N_3 = b_p + 4,1. \quad (4.8)$$

где  $b_p$  – ширина лотка (рис. 4.1, табл. 5.1)

### 4.4 Укрепление откосов земляного полотна у трубы

Откосы могут укрепляться:

1. нетканым синтетическим материалом, укладываемым на слой плодородного грунта толщиной 10 см и засыпаемого сверху слоем этого грунта толщиной 3 см;
2. сборными плитами на цементном растворе h=2 см и слое щебня h= 10 см;
3. монолитным бетоном В 20 толщиной 8 см на слое щебня h=10 см.

Укрепление откосов насыпей на входе трубы выполняют выше уровня воды перед трубой на 0,25 м и выше порталной стенки также на 0,25 м.

Высота укрепления откоса ( см. рис. 4.1)

$$h_y = H + 0,25, \quad (4.10)$$

$$h_y = h + 0,25, \quad (4.11)$$

где  $H$  – глубина воды перед трубой , определенная по табл. 3.1;

$h$  – высота порталной стенки ( табл. 5.2).

В расчет принимают большее значение высоты  $h_y$  , определенной по( 4.10) и (4.11). На выходе укрепление откосов выполняют выше порталной стенки . Величину  $h_y$  вычисляют по (4.11).

Длина укрепления откоса  $t_0$  равна:

$$t_0 = h * ( 1 + m )^{1/2} + (h_y - h) * ( 1 + m_1 )^{1/2} \quad (4.12)$$

где  $m$  – заложение откоса насыпи в пределах оголовка ( $m=1,5$ );

$m_1$ –заложение откоса выше оголовка, определенное по (3.10);

$h$ - высота порталной стенки.

Ширина укрепления откоса у подошвы насыпи на входе равна величине  $N_3$ , определенной по (4.9), на выходе равна величине  $N_1$  , вычисленной по (4.1) .

Ширина укрепления верха откосов :

$$\text{на выходе } N_2 = N_1 - 2 * t_0 * \operatorname{tg} \alpha; \quad (4.13)$$

$$\text{на входе } N_4 = N_3 - 2 * t_0 * \operatorname{tg} \alpha, \quad (4.14)$$

где  $\alpha$  - угол , образуемый откосным крылом и лотком (см. рис. 4.1) ( $\alpha=20^\circ$ )

В случае применения в качестве укрепления сборных плит 0,49x 0,49 м или 1,0 x1,0 , размеры укрепления и очертание его корректируют кратным размерам плит .

Укрепление откосов и русла монолитным бетоном и сборными плитами как на входе , так и на выходе сопрягается путем устройства упора из монолитного бетона или сборных блоков сечением 40x 50 см (рис.4.4). В случае укрепления откосов нетканым синтетическим материалом с семенами трав упоры не устраиваются.

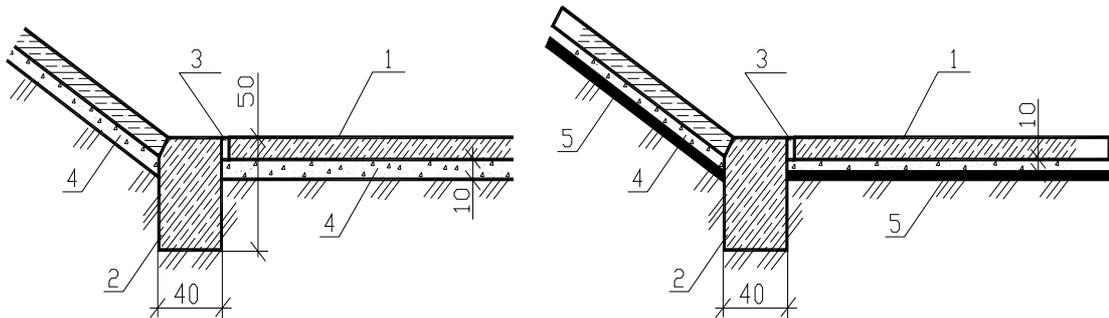


Рис. 4.4 Сопряжение укрепления откосов и русла при различных укреплениях: 1- укрепление; 2- блок упора; 3- асфальтовая планка; 4- щебеночная подготовка.

## 5. Составление чертежа водопропускной трубы

Чертеж водопропускной трубы включает :

- 1) продольный разрез по оси трубы ;
- 2) вид сверху ( тело трубы, оголовки , укрепление русла и откосов);
- 3) поперечные разрезы трубы ;
- 4) сопряжение откоса и русла (при необходимости);
- 5) конструкцию гидроизоляции стыков;
- 6) спецификацию.

Продольный разрез по оси трубы включает разрезы тела трубы, оголовков на входе и выходе , укрепление русла и откосов . Схема продольного разреза приведена на рис. 5.1 . Детальные чертежи тела трубы (узел 2) и оголовков (узел 3) представлены на рисунках (5.2- 5.9) в зависимости от типа фундамента . На продольном разрезе указывают отметки лотка трубы на входе  $H_1$ , по оси  $H_0$  и на выходе  $H_2$ , отметки бровки земполотна , верха укрепления откоса , портала оголовка , дна котлована ( ниже лотка трубы на 1,32 м ) . Также на продольном разрезе указывают ширину земполотна и заложение его откосов , длину трубы на входе и на выходе, глубину ковша размыва , толщину наброски камня .

Половина трубы на виде сверху (см. рис. 5.1) изображается с учетом земполотна , вторая половина вычерчивается без засыпки трубы грунтом. Приводятся размеры и конструкция укрепления русла и откосов на входе и на выходе .

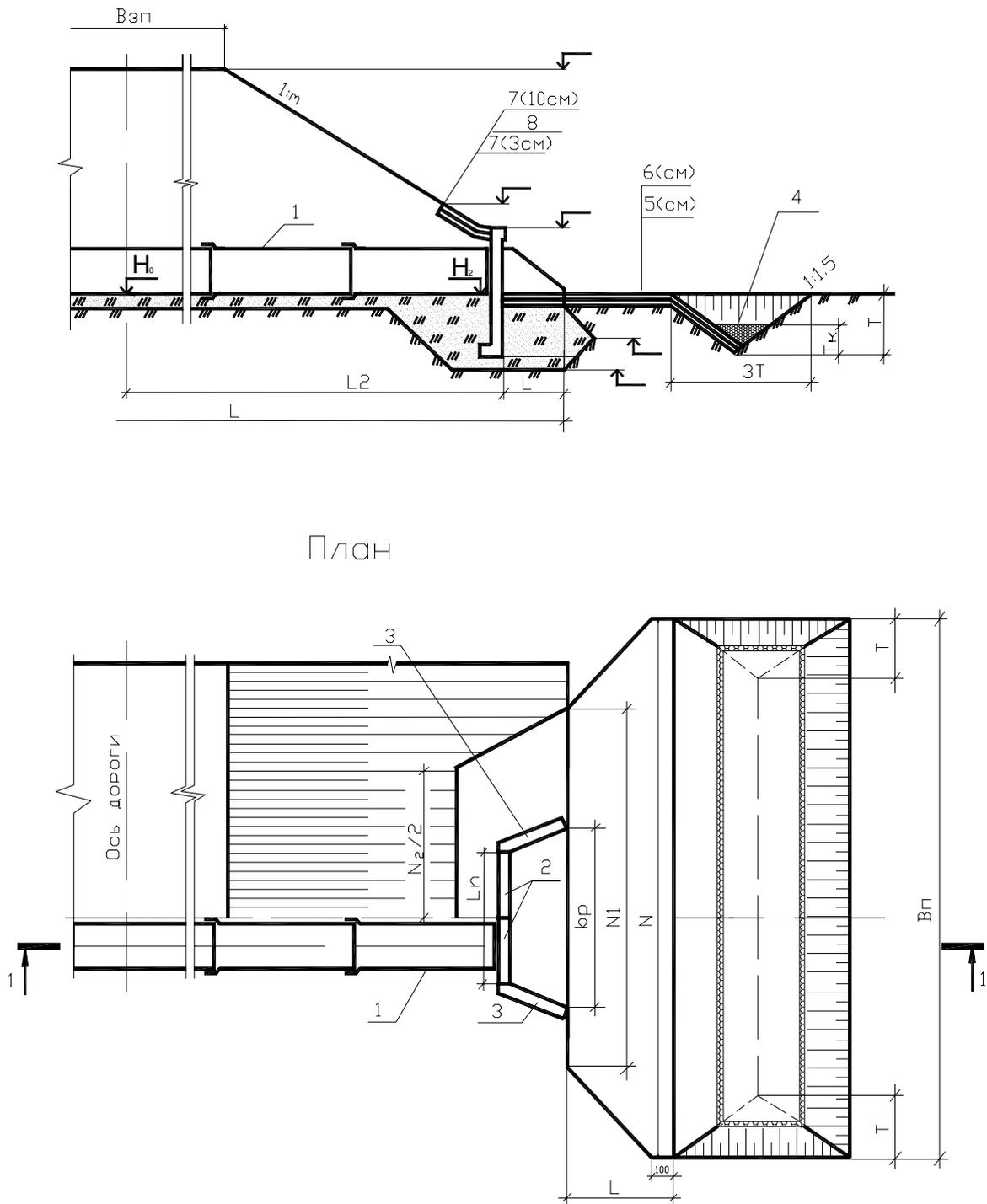
Поперечные разрезы тела трубы (разрезы 2-2 и 3-3 , рис. 5.2) и оголовков ( разрезы 4-4 и 5-5, рис. 5.5) приведены для различных фундамента на рисунках 5.3, 5.4, 5.6-5.9 ). Взамен буквенных обозначений размеров на поперечных разрезах проставляются числовые значения, приведенные в таблицах 5.1 и 5.2.

Конструкция гидроизоляции стыков звеньев трубы с порталными стенками оголовков и между собой вычерчивается на основе типового решения ( рис. 5.10). На чертеже приводится сопряжение откоса и русла (рис.4.4), если оно предусмотрено.

На чертеже водопропускной трубы приводится ее спецификация по форме , представленной в табл. 5.4

Спецификация включает перечень сборных элементов , монолитных участков и материалов , их количество или объем. Спецификация составляется после определения объемов работ (см. п.6).

В спецификации по каждой позиции указывается ее марка (номер на чертеже), обозначение нормативного документа на элемент или материал ( номер типового проекта , ГОСТа , СТБ). Обозначения нормативных документов на них приведены в табл. 5.5. Для сборных бетонных или железобетонных элементов указывается их количество , масса единицы ( см. табл. 5.3). К монолитным участкам относятся лоток монолитный из бетона В 20 и участки монолитные УМ-1, УМ-2 и УМ-3 в случае сборного фундамента или фундамент из бетона В 20. К материалам относятся бетон В 20, бетон В 7.5, щебень , ПГС и др. На чертеже водопропускной трубы указываются марки позиций всех элементов и материалов по спецификации.



План

Рис. 5.1. Схема элементов водопропускной трубы и укрепления русла на выходе:  
1 – звено; 2 – порталная стенка; 3 – откосные крылья;

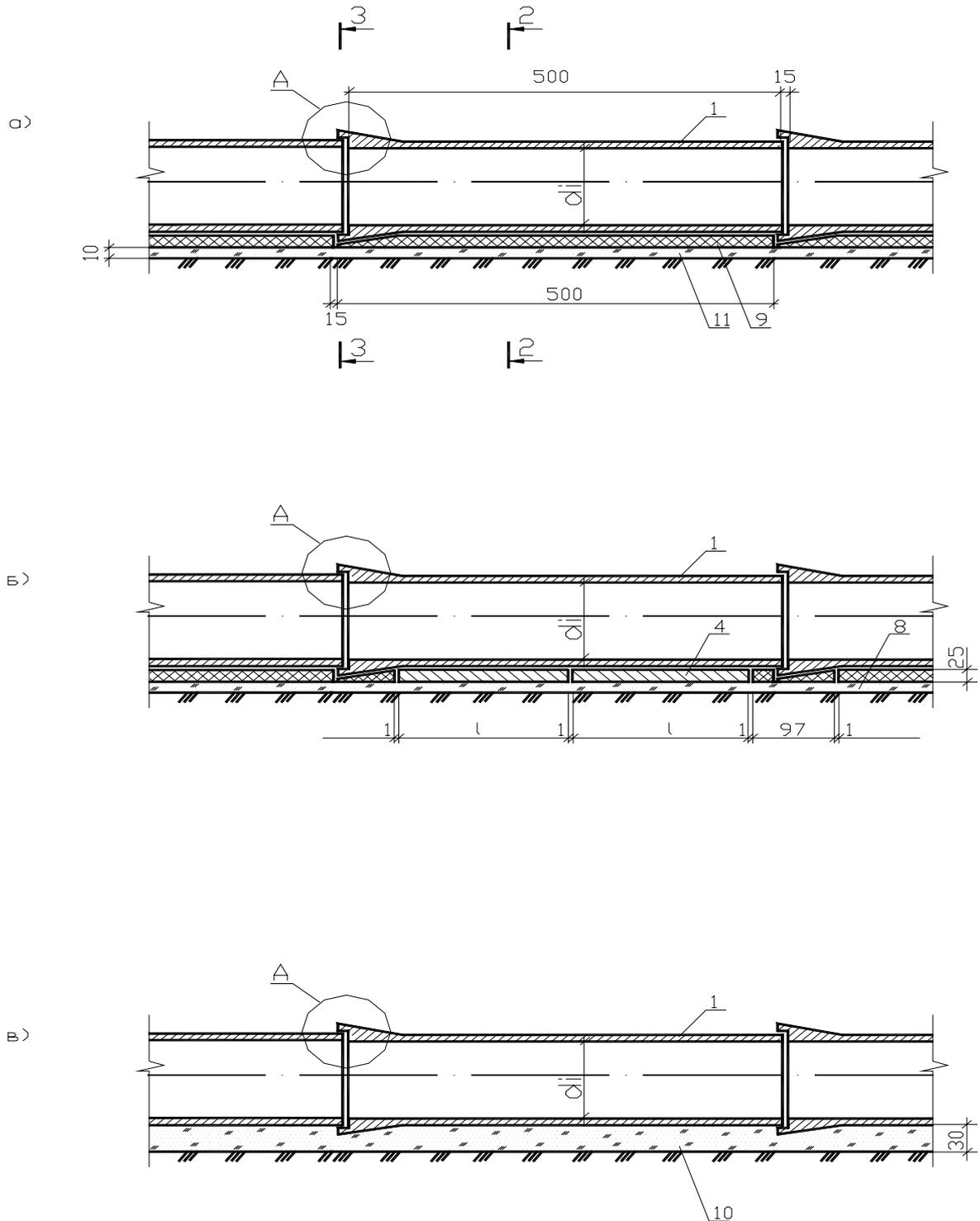


Рис. 5.2. Продольный разрез тела трубы: а) на монолитном фундаменте; б) на сборном фундаменте; в) на гравийно-песчаной подушке; 1 – звено трубы; 4 – блок фундамента; 8 – участок монолитный УМЗ; 9 - монолитный бетон В20; 10- гравийно-песчаная смесь; 11 – подготовка из щебня или гравия

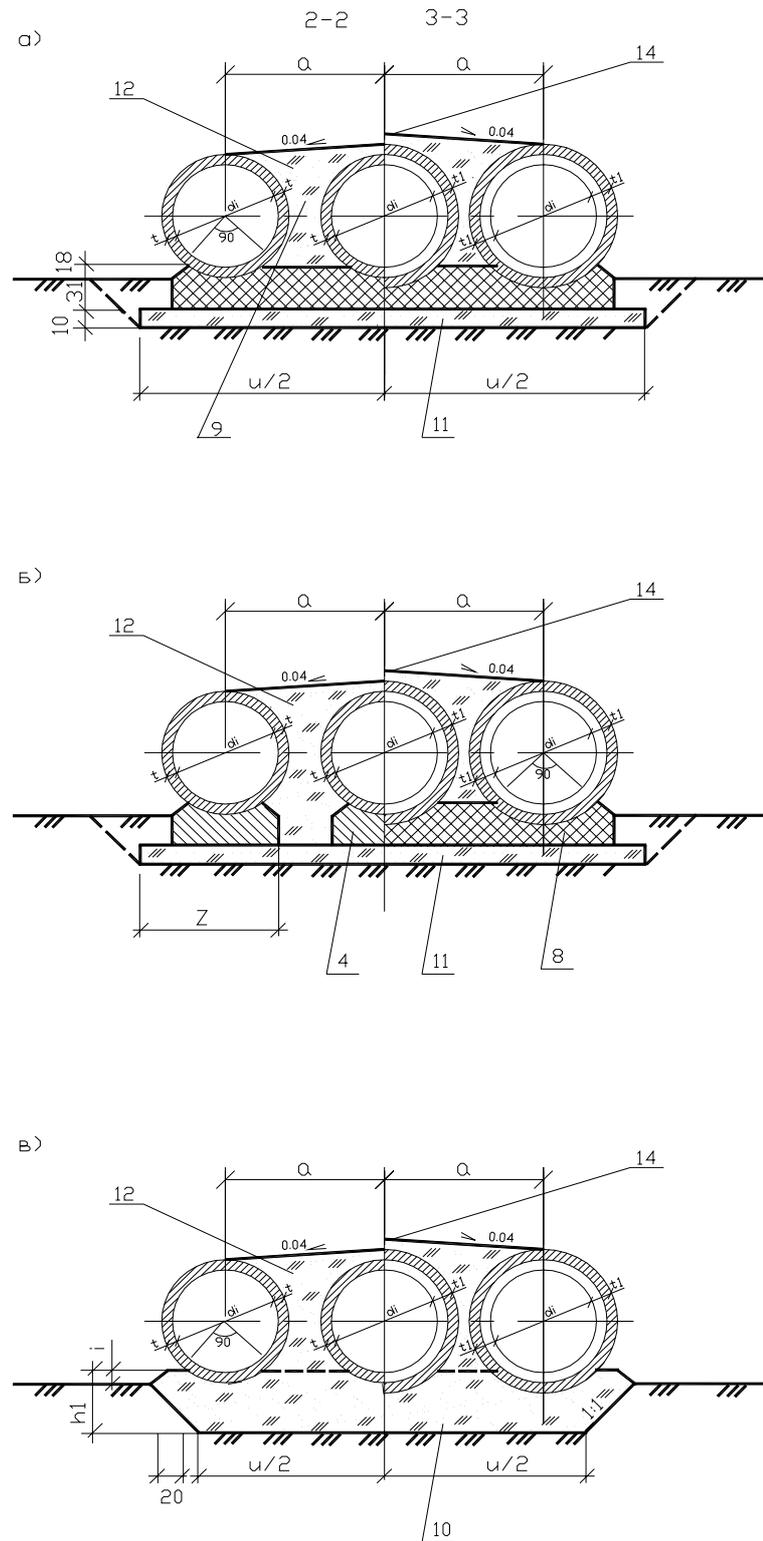


Рис.5.3. Поперечные сечения 2-2 и 3-3 (см. рис. 8.2) трехочковые трубы на монолитном (а); сборном (б) фундаментах и на подушке из гравийно—песчаной смеси ( в ): 9 - бетон В20; 4 - фундаментные блоки; 11 - подготовка из щебня или гравия; 12 - заполнение пазух бетоном В7.5; 14 - гидроизоляция обмазочная

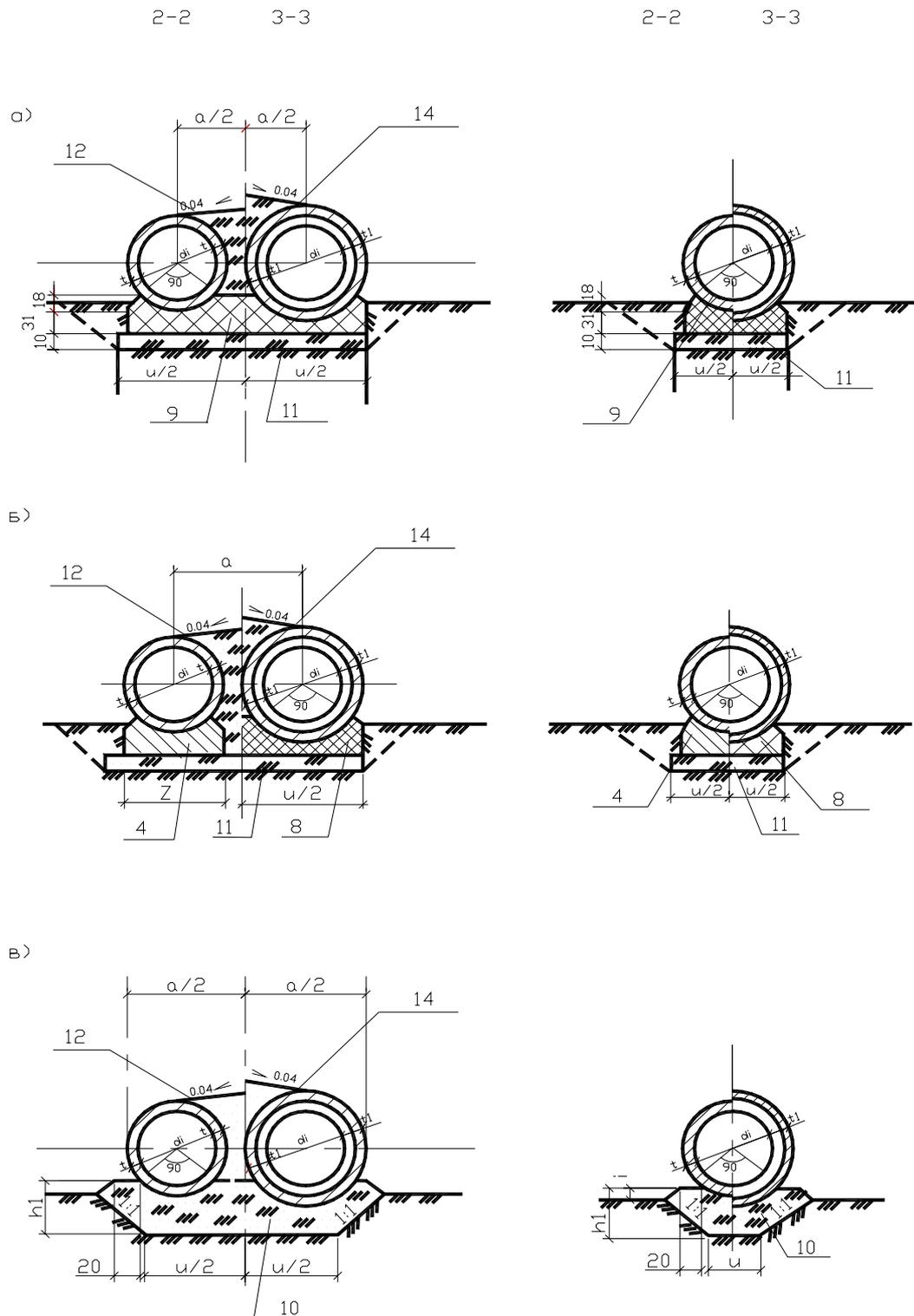


Рис. 5.4. Поперечные сечения: 2-2 и 3-3 (см. рис. 8.2) одно- и двухочковых труб на монолитном (а), сборном (б) фундаментах и на подушке из гравийно-песчаной смеси (в): - бетон В20; 4 - фундаментные блоки; 11 - подготовка из щебня или гравия; 12- заполнение пазух бетоном В 7.5; 14 - гидроизоляция обмазочная ; 8- участок монолитный УМ 3

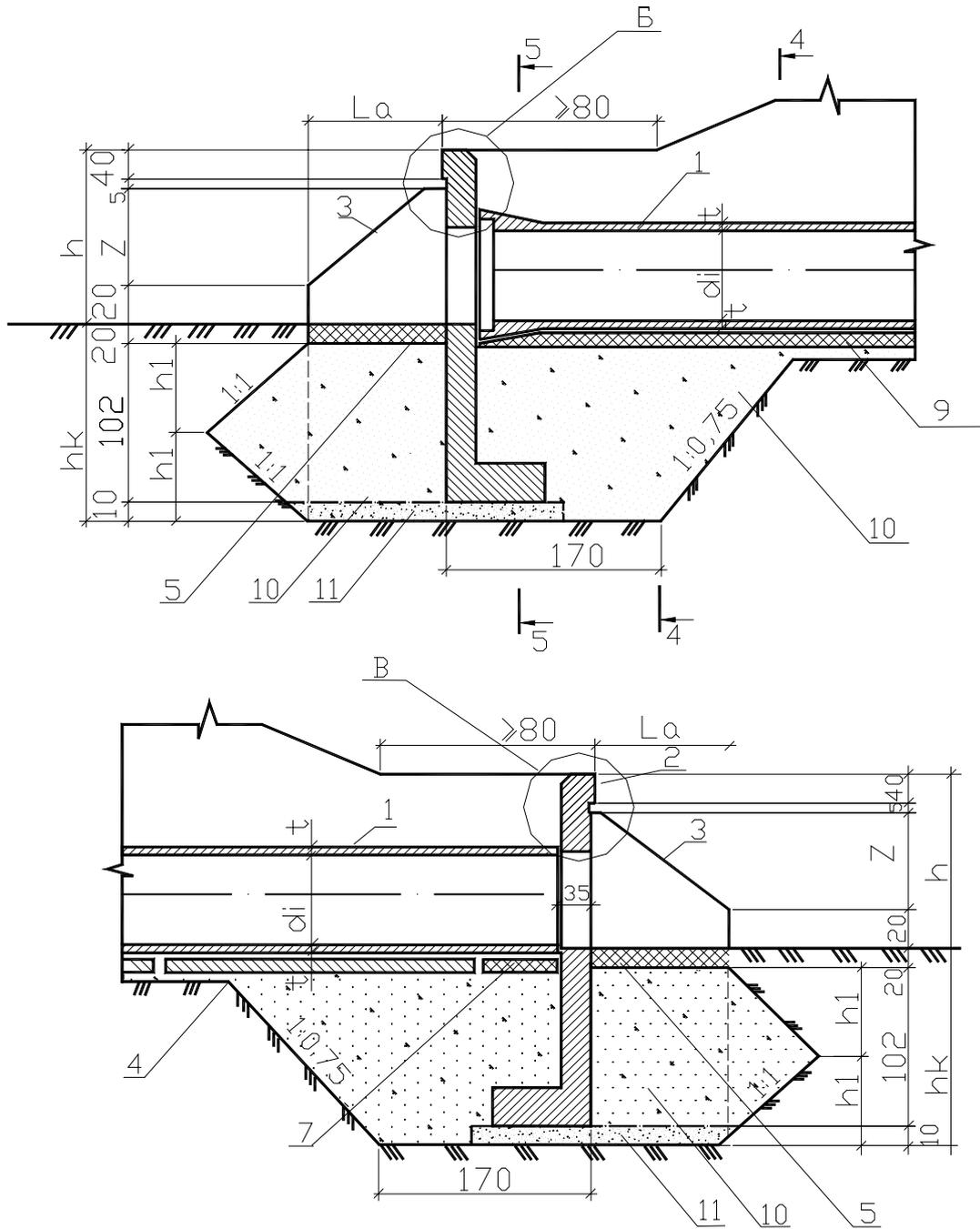


Рис. 5.5. Продольный разрез оголовка трубы с монолитными фундаментами; со сборными фундаментами: а) на входе; б) на выходе; 1 – звено трубы; 2 – порталная стенка; 3 – откосные крылья; 4 – блок фундамента; 5 – монолитный бетон В20 лотка; 7– участок монолитный УМ2 из бетона В20; 11 – подготовка из щебня или гравия; 10 - гравийно-песчаная подушка; 9- бетон фундамента В 20.

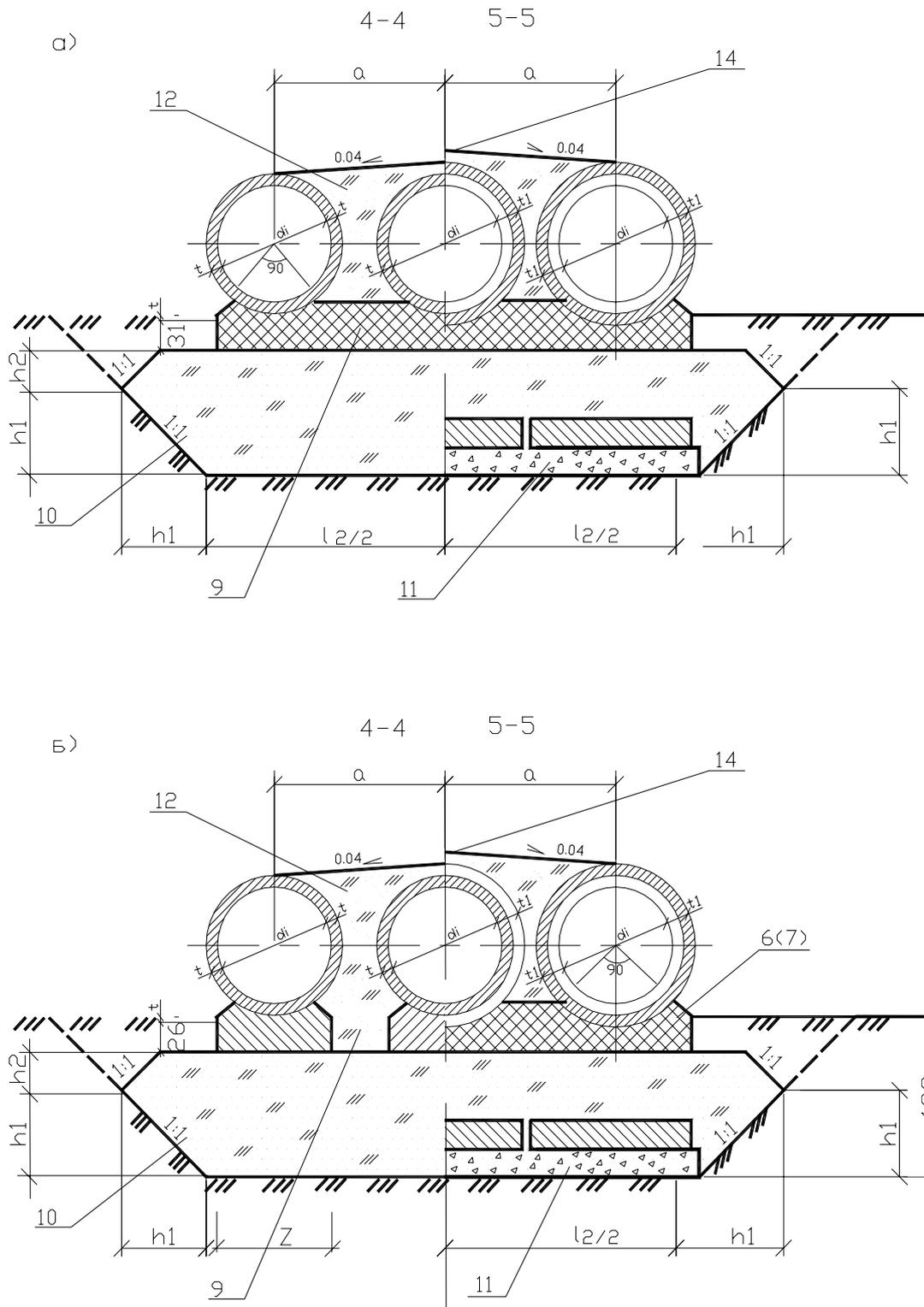


Рис. 5.6. Поперечные сечения 4-4 и 5-5 (см. рис. 8.5) трехочковой трубы на фундаментах: а) монолитном ; б) сборном (4 - блок фундамента: 9 - бетон В20; 11 - подготовка из

щебня или гравия; 12 - заполнение пазух бетоном В7.5; 14 - гидроизоляция); 6(7)-  
участок монолитный УМ1 (УМ 2).

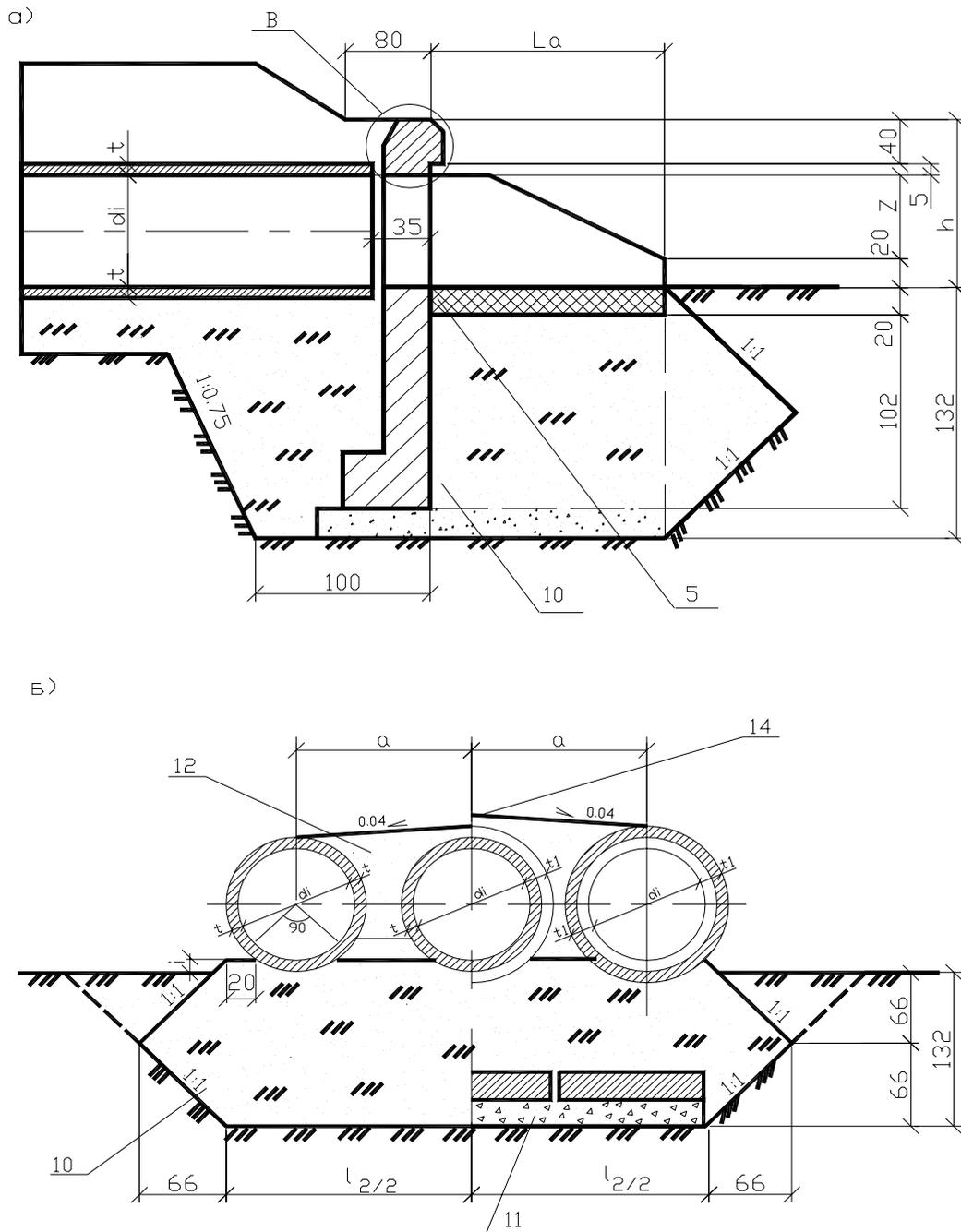


Рис. 5.7. Продольный разрез (а) и поперечные сечения (б) трехочковой трубы на гравийно-песчаной подушке: 11 - подготовка из щебня или гравия;  
10 - гравийно-песчаная подушка; 12 - заполнение пазух бетоном; 14 - гидроизоляция обмазочная.

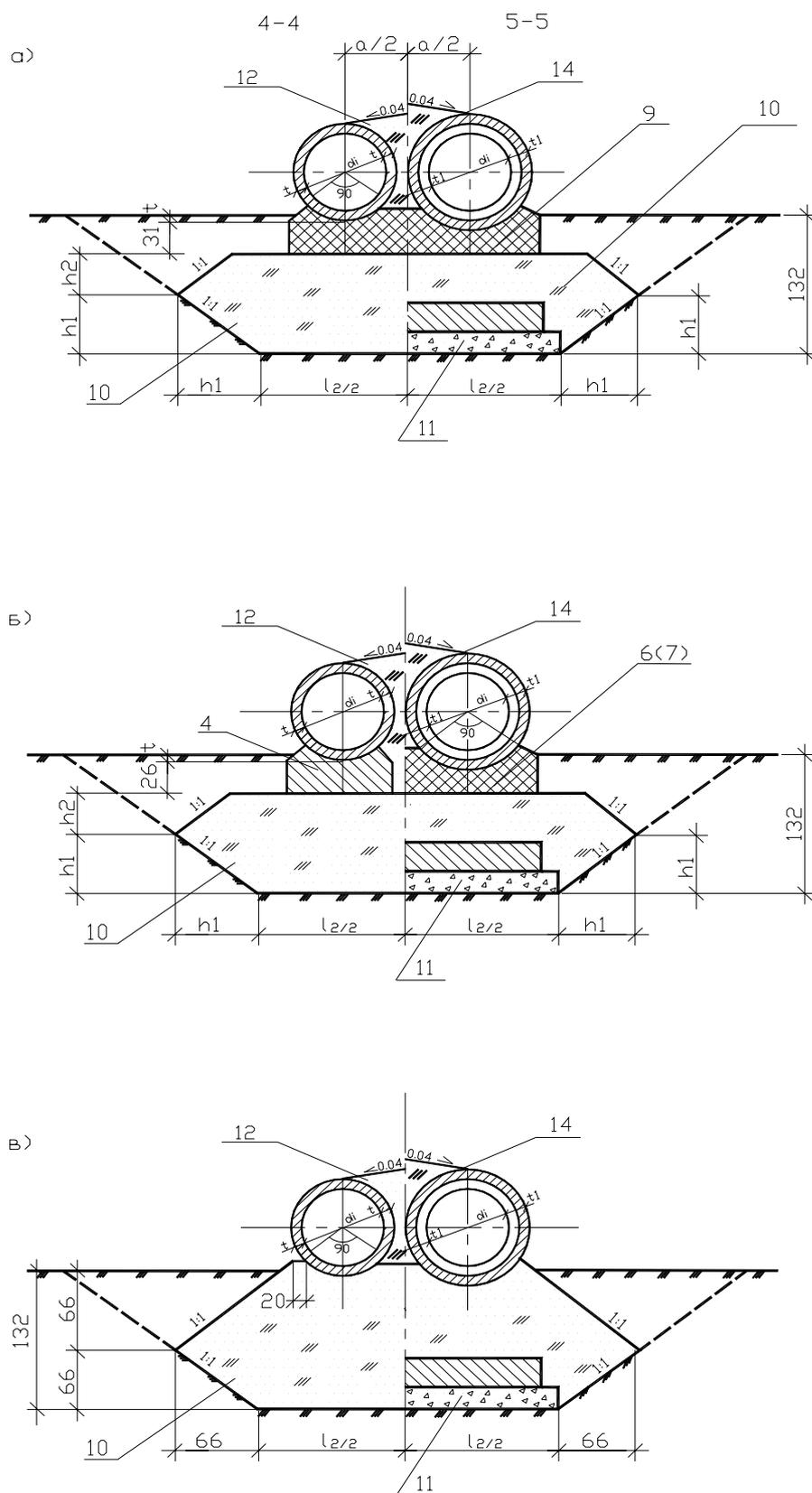


Рис. 5.8. Поперечные сечения 4-4 и 5-5 (см. рис. 5.5, 5.7) двухочковой трубы: а) монолитный фундамент; б) сборный фундамент; в) гравийно-песчаная подушка ( 9 -

бетон В20; 4 - фундаментный блок; 11 - подготовка из щебня или гравия; 12 -  
заполнение пазух бетоном В 7.5; 14 - гидроизоляция); 6(7) – участок монолитный  
УМ1(2).

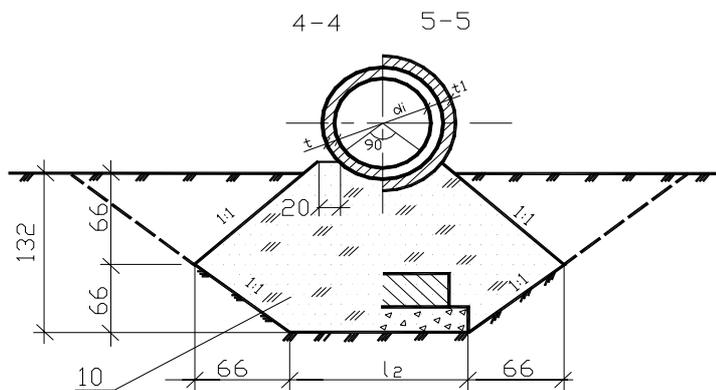
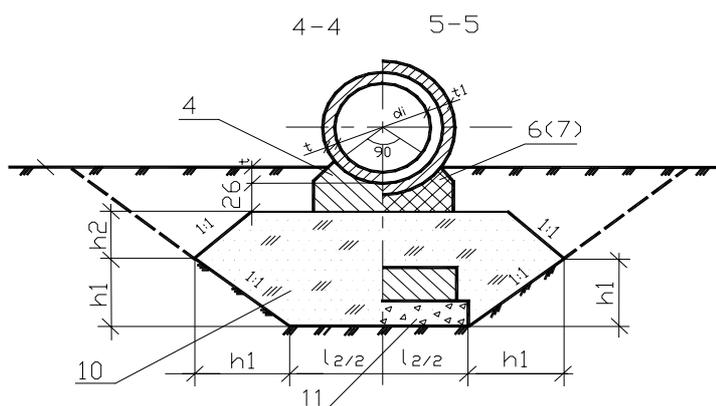
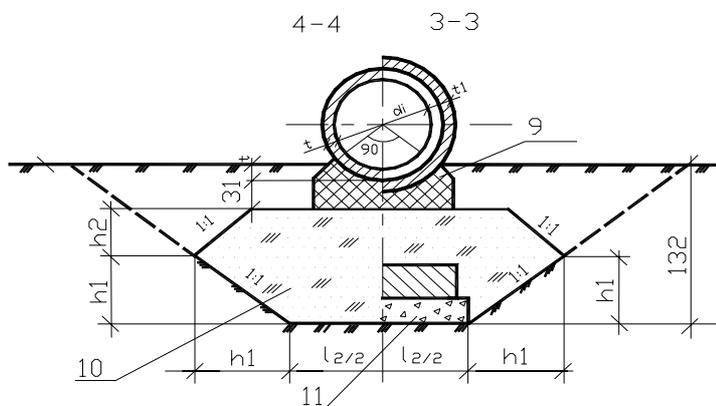


Рис. 5.9. Поперечные сечения 4-4 и 5-5 (см. рис. 5.5, 5.7) одноочковой трубы на монолитном и сборном фундаментах и на гравийно-песчаной подушке:  
11- подготовка из щебня или гравия; 9 - бетон В20; 4 - фундаментный блок.

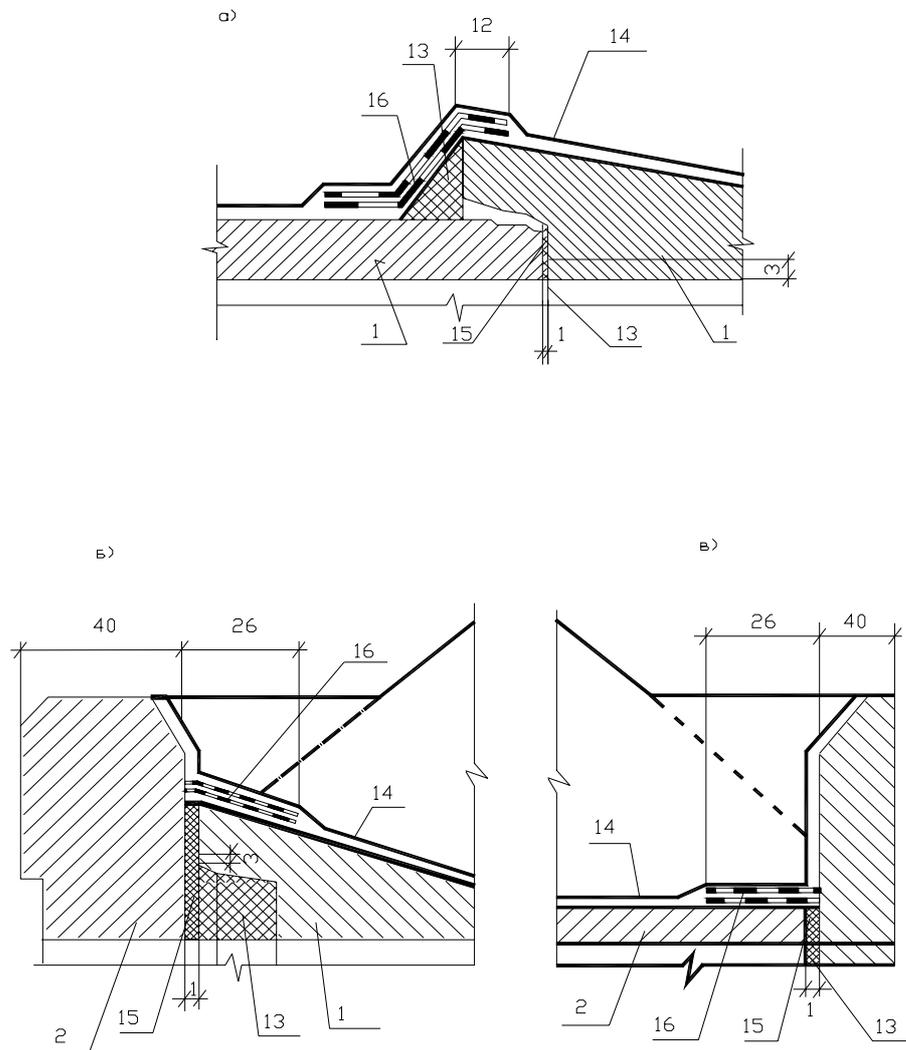


Рис. 5.10. Детали стыка звеньев труб: а) между собой (узел А на рис. 5.2); б) с порталной стенкой на входе трубы (узел Б, рис. 5.5); в) с порталной стенкой на выходе трубы (узел В, рис. 5.5): 13 - цементный раствор; 15 - пропитанная битумом пакля; 16 - гидроизоляция оклеечная; 14 - гидроизоляция обмазочная; 1- звено; 2- портал.

Таблица 5.1

Марка звена	Число очков	Размеры, см							
		$d_i$	$L_n$	$l_1$	$l_2$	$e_p$	$q_1$	$u$	$u_1$
ТВ 100.50	1	100	145	129	175	236	325	134	190
	2	100	292	276	332	393	483	289	237
	3	100	439	423	469	530	635	428	384
ТВ 120.50	1	120	170	154	200	285	375	151	112
	2	120	342	326	372	457	547	323	284
	3	120	514	498	544	629	719	510	456
ТВ 140.50	1	140	190	174	220	329	419	165	136
	2	140	382	366	412	521	611	351	328
	3	140	576	558	604	713	803	549	520

ТВ 160.50	1	160	214	198	244	374	464	182	160
	2	160	430	414	460	590	680	398	376
	3	160	646	648	694	808	914	631	592

Таблица 5.2

Марка звена	Размеры, см								
	L <sub>л</sub>	h	z	l	t	t <sub>1</sub>	a	h <sub>1</sub>	i
ТВ 100.50	147	150	85	200	7,5	20	147	56	16
ТВ 120.50	180	171	106	200	8,5	22	172	60	19
ТВ 140.50	213	193	128	200	9,5	22	192	64	23
ТВ 160.50	242	213	148	200	10,5	24	216	69	27

Таблица 5.3

## Характеристики сборных элементов

Отверстие трубы	Портальные стенки					Откосные крылья				Блоки фундамента			
	Марка блока	Масса блока, кг	Объем бетона, м <sup>3</sup>	Расход арматуры		Марка блока	Масса блока, кг	Объем бетона, м <sup>3</sup>	Расход арматуры АI, кг	Марка блока	Масса блока, кг	Объем бетона, м <sup>3</sup>	Расход арматуры АI, кг
				AI	API								
1,0	П 10.14	3130	1,25	54,0	29,5	№38 (п,л)	2500	0,98	54,0	Ф 20.1	1845	0,74	26,0
1,2	П12.17	3780	1,51	61,1	33,1	№39 (п,л)	3100	1,24	56,0	Ф 20.2	2188	0,88	29,0
1,4	П 14.19	4330	1,73	66,7	34,8	К 14 (п,л)	3880	1,55	82,0	Ф 20.3	2506	1,0	31,0
1,6	П 16.21	5050	2,02	71,3	37,4	К 16 (п,л)	4580	1,83	93,0	Ф 20.4	2881	1,15	33,0

Таблица 5.4

## Форма спецификации на устройство трубы

Марка позиции	Обозначение	Наименование	Единиц. измерения	Кол-во (объем)	Масса ед., кг
Раздел 1 . Сборные конструкции					
.....	.....	.....	.....	.....	.....
Раздел 2. Монолитные конструкции					
.....	.....	.....	.....	.....	не заполн
Раздел 3. Материалы					
.....	.....	.....	.....	.....	не заполн

Таблица 5.5

№ п/п	Наименование материала ( элемента)	Обозначение
1	Звено ТВ 100.50; ТВ 120.50; ТВ 140.50; ТВ 160.50	ТПБ 3.503.1-2.02
2	Блоки фундамента Ф20.1, Ф20.2, Ф20.3, Ф20.4	ТП 503.7.015-90
3	Портальная стенка П10.14, П12.17, П14.19, П16.21	ТП 503.7.015-90
4	Откосные крылья К14 п(л), К16 п(л)	ТП 503.7.015-90
5	Откосные крылья № 38п(л), № 39 п (л)	ТП 3.501.69.777.2
6	Плиты укрепления П2 ( 100x100x16 см)	ТП 3.501.1-156
7	Плиты ПК 100.12.е	СТБ 1261-2001
8	Бетон В 20, W –6, F 200	ГОСТ 26.633-85
9	Раствор строительный М 200	СТБ 1307-2002
10	Смесь песчаногравийная природная	ГОСТ 23731-89
11	Щебень	ГОСТ 25607-94
12	Нетканый синтетический материал с семенами трав	СТБ 1030-96

### 6. Определение объемов работ по строительству водопропускной трубы.

В курсовой работе составляется ведомость объемов работ по форме , приведенной в табл. 6.1. В ведомости отдельно даются объемы работ на устройство фундамента и тела трубы, на устройство оголовков, на укрепление русла на входе , откосов на входе, русла на выходе , откосов на выходе, ковша размыва . По каждому разделу приводится перечень работ , записывается формула вычисления и общий объем работ.

Таблица 6.1

## Форма ведомости объемов работ на устройство трубы ( хТВ....)

Номер		Наименование разделов и работ	Ед. измерения	Формула расчета	Общий объем
раз дела	ра бот				
1		Устройство фундамента и тела трубы хТВ			

2		Устройство оголовков			
3		Укрепление откосов на входе			
4		Укрепление русла на входе			
5		Укрепление откосов на выходе			
6		Укрепление русла на выходе			
7		Устройство ковша размыва			

**Устройство фундамента и тела трубы и может включать следующие работы:**

- 1) рытье котлована экскаватором в грунтах I группы (с водоотливом, если водоток – ручей), м<sup>3</sup>;
- 2) устройство щебеночной подготовки под фундамент, м<sup>3</sup>;
- 3) устройство монолитного фундамента из бетона В-20, м<sup>3</sup>;
- 4) монтаж блоков фундамента, м<sup>3</sup>;
- 5) устройство монолитных участков из бетона В 20; 5а) УМ-1 (начальный), м<sup>3</sup>; 5б) УМ-2(конечный), м<sup>3</sup>; 5в) УМ-3 (средний), м<sup>3</sup>;
- 6) устройство подушки из ПГС, м<sup>3</sup>;
- 7) монтаж звеньев труб, м<sup>3</sup>;
- 8) омоноличивание промежуточных стыков звеньев труб цементным раствором ;
- 9) устройство защитного слоя из цементного раствора, м<sup>3</sup>;
- 10) гидроизоляция обмазочная( тела трубы), м<sup>2</sup>;
- 11) гидроизоляция оклеечная ( промежуточных стыков звеньев труб), м<sup>2</sup>;
- 12) заполнение пазух бетоном В 7,5 (ПГС), м<sup>3</sup>;
- 13) обратная засыпка котлована, м<sup>3</sup>;

Набор работ фундамента по устройству фундамента и тела и трубы зависит от количества очков трубы и типа фундамента. Только для многоочковых труб включается работа 12 по заполнению пазух между отдельными звеньями бетоном В 7,5 .

Для бесфундаментных труб отсутствуют работы по позициям 2,3,4,5. Для труб с монолитным фундаментом не выполняются работы по позициям 4,5,6. В случае сборного фундамента отсутствуют работы по позициям 3 и 6.

Объем работ по устройству фундамента и тела трубы определяются по таблицах 6.2, 6.3, 6.5. В ведомости объемов работ (таблица 6.1) приводится формула расчета объема на каждый вид работ в числовом виде.

Пример 1. В разделе 1 приведена работа «Устройство щебеночной подготовки под фундамент» для трубы отверстием 1х 1,6 м . Тело трубы включает 5 звеньев , фундамент – сборный. Из таблицы 6.3 следует, что на одно звено требуется щебеночной подготовки в объеме 1,0 м<sup>3</sup>. Следовательно формула расчета 1,0 х 5, и общий объем 5,0 м<sup>3</sup>.

Пример 2. Для предыдущего случая в разделе 1 приведена работа «Устройство монолитных участков УМ-3» (промежуточных). Из таблицы 6.3 получаем объем одного монолитного участка УМ-3 0,51 м<sup>3</sup>. Для тела трубы из 5 звеньев таких участков 4 и формула расчета будет 0,51 х 4 , а общий объем 2,04 м<sup>3</sup>.

Пример 3. Труба 1х1,6м включает 5 звеньев, фундамент сборный. Для работы № 4 «Монолитные блоки фундамента» требуется определить объем. Из таблицы 6.3 устанавливаем, что на одно звено требуется два блока Ф 20.4 объемом 2,3 м<sup>3</sup>. Формула расчета 2,3х5 и общий объем 11,5 м<sup>3</sup>.

Пример 4. Требуется определить объем для работы «Монтаж звеньев труб» для случая трубы 2 x 1,6 м, состоящей из 8 звеньев (2x4). Из таблицы 6.2 находим объем звена 3,28 м<sup>3</sup>. Формула расчета 3,28 x 8, объем 26,24 м<sup>3</sup>.

### **Устройство оголовков включает следующие работы:**

- 1) рытье котлована экскаватором в грунтах I группы (с водоотливом, если водоток – ручей), м<sup>3</sup>;
- 2) устройство щебеночной подготовки, м<sup>3</sup>;
- 3) устройство подушки из ПГС, м<sup>3</sup>;
- 4) монтаж порталных стенок блоков оголовков, м<sup>3</sup>;
- 5) монтаж откосных крыльев, м<sup>3</sup>;
- 6) омоноличивание стыков цементным раствором, м<sup>3</sup> и устройство защитного слоя из цементного раствора, м<sup>3</sup>;
- 7) гидроизоляция обмазочная, м<sup>2</sup>;
- 8) гидроизоляция оклеечная, м<sup>2</sup>;
- 9) устройство лотка из бетона В 20, м<sup>3</sup>;
- 10) обратная засыпка котлована, м<sup>3</sup>;

Объем работ по устройству оголовков определяется по таблице 6.4. Объем работ «Монтаж порталных стенок» и «Монтаж откосных крыльев» определяется по таблице 5.3

Пример 5. Труба отверстием 3 x 1,6. Оголовок состоит из трех порталных стенок П.16.21, объемом каждая 2,02 м<sup>3</sup> и двух откосных крыльев К 16 (п.л) объемом 1,83 м<sup>3</sup> каждое (см. табл. 5.3). Формула расчета объемов по монтажу порталных стенок на 2 оголовка 2,02 x 3 x 2 и откосных крыльев на два оголовка 1,83 x 2 x 2.

### **Укрепление русла трубы на входе и выходе и откосов может включать следующие работы:**

- 1) разработка грунта вручную, м<sup>3</sup>;
- 2) планировка поверхности под укрепление откосов, м<sup>2</sup>;
- 3) планировка поверхности под укрепление русла, м<sup>2</sup>;
- 4) устройство щебеночной подготовки, м<sup>3</sup>;
- 5) укладка бетона В 20, м<sup>3</sup>;
- 6) монтаж плит ПК 100.12е, м<sup>2</sup>/шт;
- 7) монтаж плит П 1, м<sup>2</sup>/шт;
- 8) укладка цементного раствора, м<sup>3</sup>;
- 9) установка асфальтовых планок, п.м.;
- 10) разработка грунта экскаватором в грунтах I группы (ковш размыва), м<sup>3</sup>;
- 11) наброска камнями в ковше размыва, м<sup>3</sup>;
- 12) устройство упоров из бетона В 20, м<sup>3</sup>;
- 13) укладка нетканого синтетического материала с семенами трав, м<sup>2</sup>;
- 14) подсыпка растительного грунта, м<sup>3</sup>;
- 15) каменная наброска из несортированного камня толщиной ... см, м<sup>3</sup>;
- 16) установка асфальтовых планок, п.м.;
- 17) монтаж блоков упоров, м<sup>3</sup>.

Объемы работ по устройству укрепления русла и откосов определяют отдельно для русла на входе, на выходе, откосов на входе, на выходе, ковша размыва. Для этого

предварительно определяют площади укрепления по размерам укрепления на чертеже трубы.

На входе площадь укрепления русла

$$S_{\text{рвх}} = N_3 * L_{\text{вх}}, \quad (6.1)$$

где  $N_3$  – ширина укрепления по (4.9);

$L_{\text{вх}}$  – длина укрепления ( 2м для труб отверстием 1,0; 1,2 м и 2,5 для труб отверстием 1,4;1,6 м).

На входе площадь укрепления откосов

$$S_{\text{овх}} = 0,5( N_3 + N_4) t_0 - 0,9 h (L_{\text{п}} + e_{\text{р}} + 0,6) , \quad (6.2)$$

где  $t_0, N_3, N_4$ – длина и ширина укрепления откоса по (4.9 ), (4.12) и ( 4.14);

$L_{\text{п}}$ - ширина портала ( табл. 5.1);

$e_{\text{р}}$  – ширина лотка (табл. 5.1);

$h$  – высота портала (табл. 4.1);

На выходе площадь укрепления откосов определяется по формуле

$$S_{\text{овых}} = 0,5( N_1 + N_2) t_0 - 0,9 h (L_{\text{п}} + e_{\text{р}} + 0,6), \quad (6.3)$$

где  $N_1, N_2$  –ширина укрепления откоса определяется по (4.1 ), ( 4.13).

Площадь укрепления русла на выходе без конца укрепления ( рис. 5.1)

$$S_{\text{рвых}} = 0,5(N_1 + N) (L - 1,0 ) + N \quad (6.4)$$

Площадь укрепления откоса ковша размыва ( рис. 5.1)

$$S_{\text{ок}} = 1,8 T * N , \quad (6.5)$$

где  $T$  - глубина предохранительного откоса (табл.4.4)

Объем ручных земляных работ при устройстве укрепления ( п.1) получают умножая площадь укрепления на толщину укрепления вместе с основанием .

Объем земляных работ по устройству ковша размыва ( работа по пункту 11) определяют по формуле

$$W_{\text{зр}} = 1,5 T^2 * N \quad (6.6)$$

Объем каменной наброски( работа по пункту 12) равен

$$W_{\text{кр}} = 1,5 T_{\text{к}}^2 * (N - 3 T_{\text{к}}) , \quad (6.7)$$

где  $T_{\text{к}}$  – высота наброски камня (  $T_{\text{к}} = 0,5T$ ).

Объемы работ по устройству основания получают как произведение площади укрепления на толщину.

Площадь планировки поверхности под укрепление равна площади укрепления. Площадь планировки при устройстве ковша размыва принимается равной удвоенной площади откоса, определенной ранее по ( 6.5).

Укрепление откосов монолитным бетоном или сборными блоками П 1 и ПК 100.12е с укреплением русла сопрягается упором из бетона В 20. Сечение упора – 0,4x0,5 м ( см. рис. 4.4). Длина упора составляет по 1,75 м на входе и по 1,0 м на выходе, считая от края открьлка ( см. рис. 4.1).

Таблица 6.2

Объемы работ на устройство тела бесфундаментных труб и на монолитном фундаменте  
( на одно звено)

Тип звена	Объем звена / масса звена	Отверстие трубы	Бесфундаментные			Монолитный фундамент				
			Рытье котлована	Подушка под звенья из ПГС	Заполнение пазух ПГС	Объем бетона	Рытье котлована	Щебеночная подготовка	Заполнение пазух бетоном	Обратная засыпка котлована
	м <sup>3</sup> /т	м	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
ТВ 100.50	<u>1,42</u> 3,55	1.0	2.8	3.1	---	3.02	5.5	0.8	---	1.2
		2x1.0	5.7	6.3	2.2	6.22	9.1	1.6	2.2	
		3x1.0	8.6	9.5	4.3	9.42	12.8	2.3	4.3	
ТВ 120.50	<u>1,98</u> 4,95	1.2	3.2	3.7	---	3.55	6.2	0.9	---	1.3
		2x1.2	6.8	7.6	2.9	7.51	10.1	1.8	2.9	
		3x1.2	10.3	11.6	5.9	11.45	13.9	2.7	5.8	
ТВ 140.50	<u>2,66</u> 6,65	1.4	3.6	4.3	---	4.06	6.5	1.0	---	1.3
		2x1.4	7.5	8.9	3.5	8.66	11.4	2.0	3.5	
		3x1.4	11.4	13.4	7.1	13.25	16.3	2.9	7.1	
ТВ 160.50	<u>3,28</u> 8,20	1.6	4.0	4.9	---	4.65	7.1	1.1	---	1.4
		2x1.6	8.6	10.3	4.4	10.06	12.7	2.2	4.4	
		3x1.6	13.1	15.8	8.8	15.6	18.3	3.3	8.8	

Таблица 6.3

Объемы работ на устройство тела трубы на сборном фундаменте  
( на одно звено)

Отверстие трубы	Тип звена трубы	Блоки фундамента			Расход бетона на монол. уч-ке			Рытье котлована	Щебочная подготовка	Цементный р-р	Заполнение пазух бетоном	Обратная засыпка	
		Марка блока	Кол-во	Объем бетона	Расход ар-ры	УМ 1	УМ 2						УМ 3
						(нач.)	(ко-нец)						(средн)
шт	м <sup>3</sup>	кг	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>		
1.0	ТВ 100.50	Ф 20.1	2	1.48	52.2	0.09	0.28	0.33	4.5	0.8	0.05	---	1.0
2x1.0			4	2.96	104.4	0.21	0.67	0.74	7.8	1.5	0.10	3.3	
3x1.0			6	4.44	156.6	0.34	1.06	1.27	11.1	2.2	0.15	6.6	
1.2	ТВ 120.50	Ф 20.2	2	1.76	58.2	0.10	0.32	0.38	5.0	0.9	0.06	---	1.1
2x1.2			4	3.52	116.4	0.23	0.80	0.93	9.0	1.7	0.12	4.4	
3x1.2			6	5.28	174.6	0.37	1.27	1.48	13.0	2.6	0.18	8.8	
1.4	ТВ 140.50	Ф 20.3	2	2.0	62.0	0.13	0.37	0.45	5.3	0.9	0.06	--	1.1
2x1.4			4	4.0	124.0	0.33	0.92	1.13	9.7	1.9	0.12	5.3	
3x1.4			6	6.0	186.0	0.49	1.47	1.77	14.1	2.8	0.18	10.6	
1.6	ТВ160.50	Ф 20.4	2	2.3	65.8	0.15	0.42	0.51	5.9	1.0	0.07	--	1.1
2x1.6			4	4.6	131.6	0.41	1.06	1.33	10.9	2.1	0.14	6.6	
3x1.6			6	6.9	197.4	0.57	1.69	2.04	16.1	3.2	0.21	13.2	

Объем работ на оголовок трубы

Таблица 6.4

Отверстие трубы	1.0	2x1.0	3x1.0	1.2	2x1.2	3x1.2	1.4	2x1.4	3x1.4	1.6	2x1.6	3x1.6	
Марка стенки порталной	П 10.14			П 12.17			П 14.19			П 16.21			
Марка откосного крыла	38 (п)л			39 (п)л			К 14 п(л)			К 16п(л)			
Монолитный бетон лотка, м <sup>3</sup>	0.54	0.96	1.40	0.79	1.40	2.0	1.00	1.90	2.70	1.40	2.40	3.50	
Цементный раствор, м <sup>3</sup>	0.10	0.12	0.14	0.12	0.14	0.16	0.15	0.17	0.19	0.18	0.20	0.22	
Обмазочная гидроизоляция, м <sup>2</sup>	20.7	29.2	37.6	25.3	35.2	45.6	27.9	37.8	47.6	33.3	45.7	58.2	
Рытье котлована, м <sup>3</sup>	Бесфундаментные трубы	19.9	27.1	31.6	24.1	32.7	41.4	28.5	39.0	49.5	33.3	45.4	57.8
Гравийно-песчаная подготовка, м <sup>3</sup>		10.7	14.9	16.7	13.3	18.5	23.9	16.3	22.9	29.7	19.4	27.4	35.3
Щебеночная подготовка, м <sup>3</sup>		0.34	0.49	0.60	0.40	0.56	0.80	0.45	0.63	0.82	0.50	0.70	0.90
Оклеичная гидроизоляция, м <sup>3</sup>		0.96	1.92	2.88	1.10	2.20	3.30	1.2	2.4	3.6	1.3	2.6	3.9
Засыпка котлована, м <sup>3</sup>		6.2	7.8	9.2	7.1	8.8	10.4	7.9	9.7	11.5	8.5	10.6	12.7
Рытье котлована, м <sup>3</sup>	Трубы с фундаментом	22.8	30.9	38.9	27.2	37.4	47.7	31.8	44.0	56.4	36.5	50.8	65.0
Гравийно-песчаная подготовка, м <sup>3</sup>		11.6	16.0	20.4	14.4	20.2	29.0	17.6	24.7	32.0	20.6	29.0	37.4
Щебеночная подготовка, м <sup>3</sup>		0.34	0.49	0.60	0.40	0.56	0.80	0.45	0.63	0.82	0.50	0.70	0.90
Оклеичная гидроизоляция, м <sup>3</sup>		0.96	1.92	2.88	1.10	2.20	3.30	1.2	2.4	3.6	1.3	2.6	3.9
Засыпка котлована, м <sup>3</sup>		7.2	8.6	10.0	8.0	9.6	11.3	8.7	10.6	12.4	9.4	11.5	13.6

Таблица 6.5

Объемы работ на устройство гидроизоляции (на одно звено)

Отверстие трубы	Тип звена трубы	Бесфундаментные трубы				Фундаментные трубы			
		На звено	На стык			На звено	На стык		
		Площадь поверхн. (омазочная гидроизоляция)	Площ. поверхн. (оклеичная гидроизоляция)	Цементн. р-р М 150	Защитн. слой цементн. р-ра	Площадь поверхн. (омазочная гидроизоляция)	Площ. поверхн. (оклеичная гидроизоляция)	Цементн. р-р М 150	Защитн. слой цементн. р-ра
	М <sup>2</sup>	М <sup>2</sup>	М <sup>2</sup>	М <sup>2</sup>	М <sup>2</sup>	М <sup>2</sup>	М <sup>2</sup>	М <sup>2</sup>	
1.0	ТВ 100	18.8	1.8	0.02	0.14	17.7	1.8	0.02	0.14
2x1.0		37.7	3.6	0.04	0.28	25.1	3.6	0.04	0.36

3x1.0		56.6	5.4	0.06	0.42	32.4	5.4	0.06	0.58
1.2	ТВ 120.50	22.3	2.1	0.03	0.17	20.3	2.1	0.03	0.17
2x1.2		44.6	4.2	0.06	0.34	28.9	4.2	0.06	0.42
3x1.2		66.9	6.3	0.09	0.51	37.5	6.3	0.09	0.68
1.4	ТВ 140.50	25.5	2.4	0.03	0.19	22.7	2.4	0.03	0.19
2x1.4		50.9	4.7	0.07	0.38	32.3	4.7	0.07	0.48
3x1.4		76.4	7.1	0.10	0.57	41.9	7.1	0.10	0.77
1.6	ТВ 160.50	28.9	2.7	0.05	0.22	25.3	2.7	0.05	0.22
2x1.6		57.8	5.4	0.09	0.44	36.1	5.4	0.09	0.54
3x1.6		86.7	8.0	0.14	0.66	46.9	8.0	0.14	0.86

## 7. Проектирование малого моста

Проектирование малого моста включает определение глубины потока перед мостом с учетом подпора, отверстия моста, высоты насыпи у моста, его длины, составление схемы моста.

### 7.1 Гидравлический расчет малого моста

С гидравлической точки зрения малый мост работает по схеме водослива с широким порогом. При этом истечение может быть свободным или несвободным.

Малые мосты могут рассчитываться как без учета аккумуляции воды перед сооружением, так и с учетом. В курсовой работе рассчитывается малый мост без учета аккумуляции. При этом следует рассмотреть два варианта малого моста: без укрепления и с укреплением русла под мостом. Тип укрепления должен назначаться с учетом наличия местных материалов и экономической целесообразности. В курсовой работе рекомендуется принимать наброску камня (табл. 4.5)

Тип истечения находят, устанавливая соотношение между бытовой  $h_b$  и критической  $h_{кр}$  глубиной. При  $1,3h_{кр} > h_b$  истечение свободное, и под мостом устанавливается критическая глубина  $h_{кр}$ . При  $h_b \geq 1,3 h_{кр}$  истечение несвободное с установлением под мостом бытовой глубины  $h_b$ .

Критическая глубина для практических целей может быть определена приближенно по формуле

$$h_{кр} = 0,1 V_m^2, \quad (7.1)$$

где  $V_m$  – принятая расчетная скорость под мостом.

Расчетная скорость  $V_m$  для моста без укрепления русла назначается равной из неразмывающей скорости для грунтов  $V_n$ , слагающих русло под мостом (табл. 7.1). Для моста с укреплением русла скорость  $V_m$  принимается равной допустимой скорости для принятого типа укрепления (см. табл. 4.5). При пользовании таблиц 4.5 и 7.1 средняя глубина потока принимается  $h_b$  при несвободном истечении и  $h_{кр}$  при свободном.

Наименование грунта	Средняя скорость, м/с, при средней глубине потока, м			
	0,4	1	2	3
Пыль с мелким песком	0,15-0,20	0,20-0,30	0,25-0,40	0,30-0,45
Песок мелкий, супесь легкая	0,20-0,35	0,30-0,45	0,40-0,55	0,45-0,60
Песок мелкий с глиной, песок средней крупности	0,35-0,50	0,45-0,60	0,55-0,70	0,60-0,75
Песок крупный	0,50-0,65	0,60-0,75	0,70-0,80	0,75-0,90
Супеси, суглинки, глины	0,70-1,00	0,85-1,20	0,95-1,40	1,10-1,50

Глубина потока перед мостом с учетом подпора определяется по выражениям :  
при свободном истечении

$$H = h_{кр} + V_m^2 / (2g\varphi^2); \quad (7.2)$$

при несвободном истечении

$$H = h_b + V_m^2 / (2\varphi^2 g); \quad (7.3)$$

где  $\varphi$  - коэффициент скорости, учитывающий потери энергии потока при входе в сооружение ( для мостов с обсыпными конусами  $\varphi = 0,90$ )

$V_m$  – скорость течения воды под мостом;

$g$  - ускорение свободного падения;

Отверстие моста определяется по выражениям:

при свободном истечении

$$B = 9,81 * Q_c / (\varepsilon * V_m^3); \quad (7.4)$$

при несвободном истечении

$$B = Q_c / (\varepsilon * V_m * h_b), \quad (7.5)$$

где  $Q_c$  – расчетный сбросной расход, м<sup>3</sup>/с;

$\varepsilon$  - коэффициент сжатия потока, зависит от типа береговых опор ( $\varepsilon = 0,9$  – для обсыпных с конусами) (рис.7.1).

Полученное по выражению (7.4) отверстие относят к урезу воды, а по выражению (7.5) – к средней линии потока (рис.7.1).

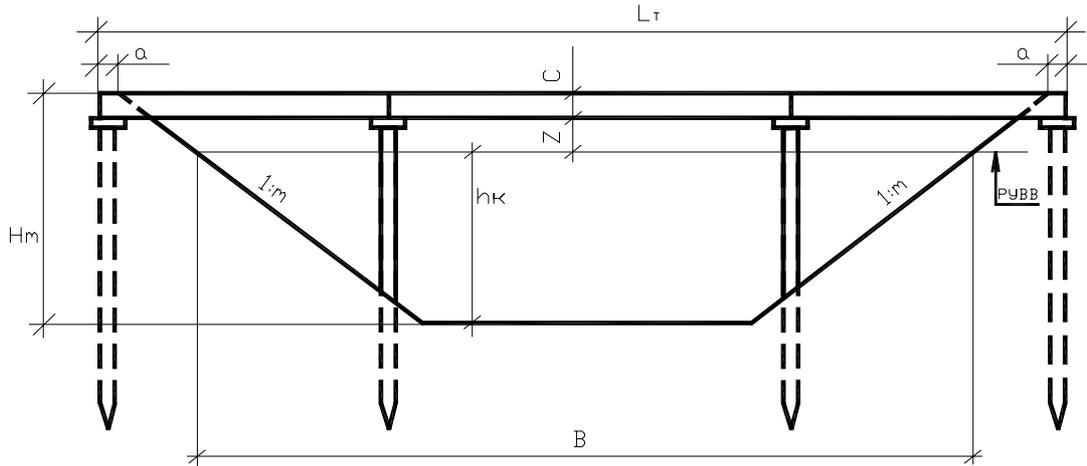


Рис. 7.1. Расчетная схема моста при свободном истечении

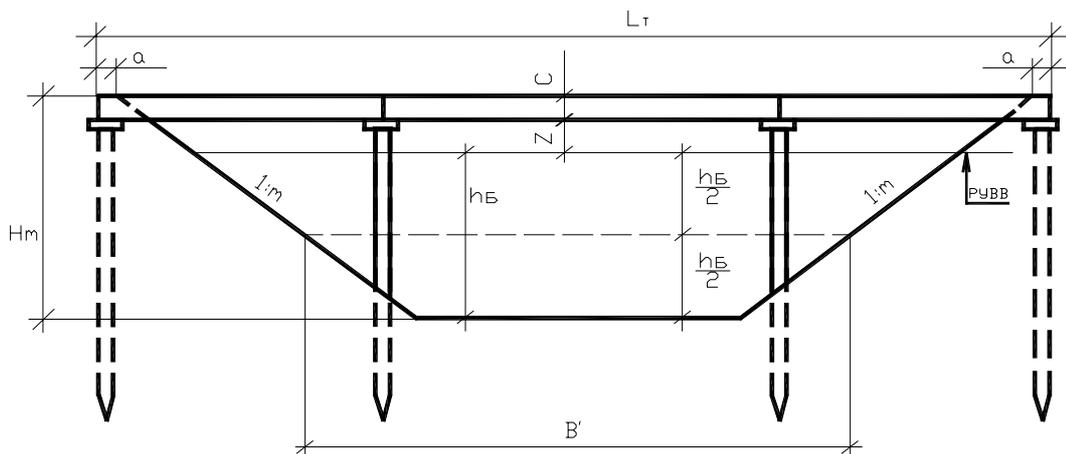


Рис. 7.2 Расчетная схема моста при затопленном истечении

## 7.2 Составление схемы моста.

Минимальная высота у моста определяется выражением:

$$H_M = H + Z + C, \quad (7.6)$$

где  $Z$  – расстояние от низа пролетного строения до расчетного уровня высокой воды ПУВВ (0,5-1,5 м);

$C$  – строительная высота пролетного строения;

Теоретическая длина моста определяется по формулам :

при свободном истечении (рис. 7.1):

$$L_T = B + 2m * (H_M - h_{кр}) + 2\alpha; \quad (7.7)$$

при несвободном истечении (рис. 7.2):

$$L_T = B' + 2m * (H_{6p} - h_6/2) + 2\alpha. \quad (7.8)$$

где  $B, B'$  – отверстие моста, вычисленное по формуле (7.4) и (7.5),  
 $m$  – коэффициент заложения откосов конусов; можно принять  
равным 1,5;  
 $\alpha$  – величина заделки пролетного строения в насыпь подхода ( $\alpha=0,75$  м).

Малые мосты как правило имеют пролетные строения из плит длиной 6,0 м или 9,0 метров, для которых строительная высота пролетного строения равна соответственно 0,61 и 0,76 м.

После вычисления теоретической длины моста составляется схема моста с использованием типовых пролетов и вычисляется длина малого моста

$$L = l_6 * n + e_{ш} (n-1), \text{ м} \quad (7.9)$$

где  $l_6$  – длина плиты пролетного строения, состоящего из  $n$  пролетов;

$e_{ш}$  – ширина деформационного шва, в курсовой работе принимается 0,03-0,05 м.

Полученная по формуле (7.7) и (7.8) теоретическая длина моста не учитывает толщину  $t_0$  промежуточных опор. Поэтому число пролетов  $n$  в формуле (7.9) принимается таким, чтобы было выполнено условие

$$L \geq L_T + (n - 1) * t_0. \quad (7.10)$$

Ширина свайной опоры  $t_0$  равна 0,3- 0,35 м.

В курсовой работе приводится схема малого моста с указанием абсолютных отметок уровня воды, бровки земляного полотна.

## Литература

1. Типовой проект 503-7-015.90. Трубы водопропускные круглые железобетонные из длинномерных звеньев отверстием 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 м под автомобильные дороги. Альбом 1-3. – Воронеж : ГипродорНИИ 1990.
2. Типовой проект 3.501-59. Сборные водопропускные трубы для автомобильных дорог. Круглые трубы –Ч.1. Конструкция труб- Инв.№ 777/1.
3. Типовой проект 3.501.1-156. Укрепление русел, конусов и откосов насыпи у малых, средних мостов и водопропускных труб. Выпуск . Ленгипротрансмост. 1989 г.
4. ВСН 24-87. Определение максимальных расходов талых и ливневых вод на малых водотоках БССР.- Мн.: Миндорстрой БССР, 1987.
5. СНиП 2.05.03.84. Мосты и трубы. Госстрой СССР.М.1985. 200с.