

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)



Е.В. КАЛЁНОВА, С.В. ЛУГОВ,
М.Г. ГОРЯЧЕВ

СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к расчётно-графической работе по дисциплине
«Технология строительства подземных
инженерных сетей, водопропускных
и дренажных устройств»*

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)

Кафедра строительства и эксплуатации дорог

Утверждаю
Зав. кафедрой профессор
_____ В.В. Ушаков
« ____ » _____ 2016 г.

Е.В. КАЛЁНОВА, С.В. ЛУГОВ,
М.Г. ГОРЯЧЕВ

СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к расчётно-графической работе по дисциплине
«Технология строительства подземных
инженерных сетей, водопропускных
и дренажных устройств»

МОСКВА
МАДИ
2017

УДК 625.731
ББК 39.311-044
К474

Рецензент:

д-р техн. наук, проф. каф. «Строительство и
эксплуатация дорог» МАДИ Ю.М. Яковлев

Калёнова, Е.В.

К474 Строительство водопропускной трубы: метод. указан. /
Е.В. Калёнова, С.В. Лугов, М.Г. Горячев. – М.: МАДИ, 2017. – 60 с.

Настоящие указания содержат основные направления решений практических вопросов, связанных со строительством водопропускных труб на автомобильных дорогах. Рассмотрены вопросы определения объёмов работ и продолжительности строительного сезона, комплектования рационального специализированного отряда машин, разработки технологии и организации строительства с учётом проектных и местных условий, а также контроля качества производственной и экологической безопасности. Особое внимание уделено самостоятельной работе студентов с нормативно-технической литературой. Основная цель расчётно-графической работы по теме «Строительство водопропускной трубы» - закрепить знания лекционного курса «Технология строительства подземных инженерных сетей, водопропускных и дренажных устройств».

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 080301 «Строительство», профиля бд – «Автомобильные дороги» (0803011), выполняющих расчётно-графическую работу по теме «Строительство водопропускной трубы».

УДК 625.731
ББК 39.311-044

Учебное издание

КАЛЁНОВА Екатерина Валерьевна
ЛУГОВ Сергей Владимирович
ГОРЯЧЕВ Михаил Геннадьевич

СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к расчётно-графической работе по дисциплине «Технология строительства подземных инженерных сетей, водопропускных и дренажных устройств»

Редактор И.А. Короткова

Подписано в печать 29.08.2016 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 3,75. Тираж 200 экз. Заказ . Цена 125 руб.
МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский пр-т, 64.

© МАДИ, 2017

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Расчётно-графическая работа по строительству водопропускной трубы представляет собой самостоятельную работу студентов по одному из важнейших разделов дисциплины «Технология строительства подземных инженерных сетей, водопропускных и дренажных устройств».

Основная цель работы – закрепить полученные студентами теоретические знания в области строительства водопропускных труб и научить их творчески применять эти знания для решения практических задач дорожного строительства.

В основные задачи расчётно-графической работы входит научить студентов:

а) пользоваться учебной, методической, специальной и нормативной литературой по технологии и организации строительства водопропускных труб;

б) анализировать местные условия производства работ;

в) разрабатывать, исходя из заданных параметров, конструктивную схему водопропускной трубы, позволяющую определить основные объёмы работ по её строительству;

г) определять виды и необходимое количество материалов для строительства водопропускной трубы;

д) разрабатывать технологию строительства водопропускной трубы, назначать типы и рассчитывать эксплуатационную производительность машин для производства работ;

е) определять рациональный состав специализированного отряда для строительства;

ж) разрабатывать почасовые линейные графики организационного взаимодействия строительных машин (графики Ганта);

з) разрабатывать комплекс операционного контроля качества строительства водопропускной трубы;

и) намечать мероприятия по производственной и экологической безопасности строительства водопропускной трубы.

Расчётно-графическая работа представляет собой задание для выполнения расчётно-графической работы, расчётно-пояснительную записку объёмом до 25 страниц, которая включает в себя содержание работы, разделы с расчётами и обоснованиями принятых решений, разделы по контролю качества, производственной и экологической безопасности, список используемой литературы, а также графическую часть в объёме одного листа формата A/2 (420 × 594 мм), одного листа формата A/3 (297 × 420) и нескольких листов формата A/4 (210 × 297 мм) с графическими решениями, не отражёнными на листах формата A/3 (допускаются другие форматы листа по согласованию с преподавателем).

На лист формата A/3 обычно выносят конструктивную схему водопропускной трубы (продольный разрез, план и фасад сооружения). На листе A/2 отображают план строительной площадки. Ленточную диаграмму производства работ (график Ганта) допускается разрабатывать на бумаге нестандартного формата.

Окончательный состав работы и требования к её оформлению определяет ведущий преподаватель.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРОЯЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА

В задании к расчётно-графической работе указаны район строительства, категория автомобильной дороги, высота насыпи в месте установки трубы, параметры водопропускной трубы (диаметр отверстия и количество очков), расположение источников получения дорожно-строительных материалов (грунтовых карьеров, полигонов ЖБИ). Выполнение работы начинают с описания природно-климатических условий района производства работ, определения дорожно-климатической зоны и глубины промерзания, определения технических характеристик автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Объём главы 1 составляет 3...5 страниц.

2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМОВ РАБОТ ПО ЕЁ СТРОИТЕЛЬСТВУ

Исходя из заданных категории дороги, высоты насыпи и диаметра трубы, определяют её длину по формуле (2.1) и с учётом количества очков трубы строят конструктивную схему, пример которой приведён на рис. 2.1, а также в [2].

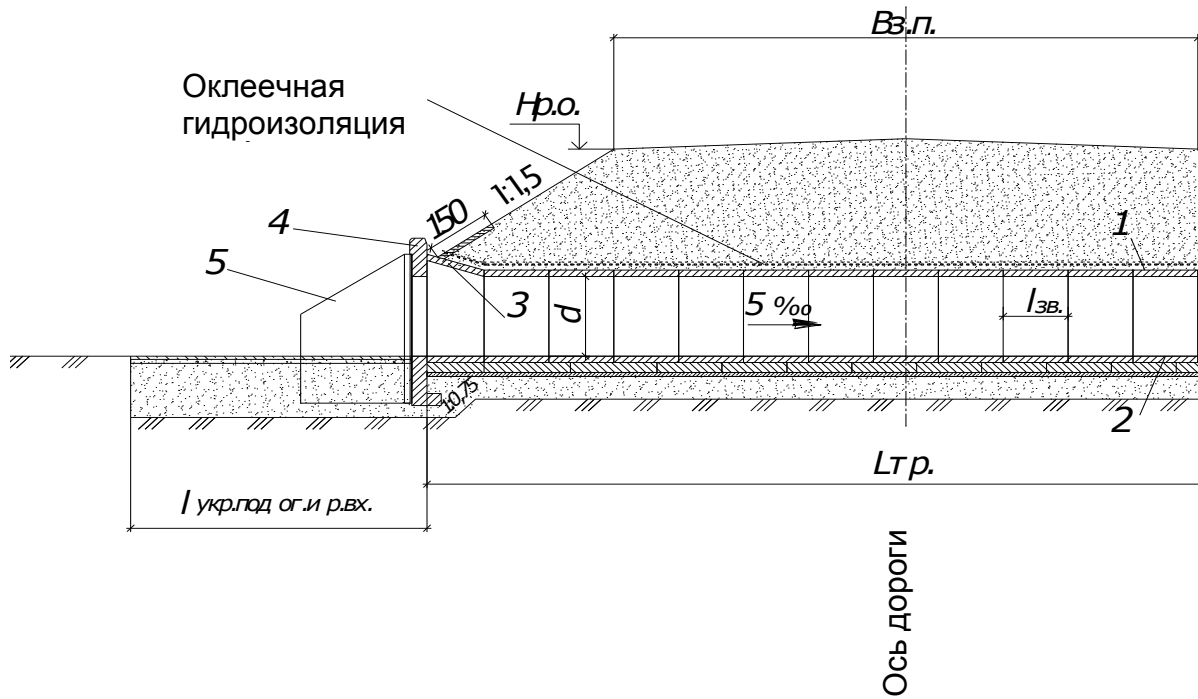
$$L_{\text{тр}} = B_{\text{зп}} + 2 \cdot m \cdot h_1, \text{ м}, \quad (2.1)$$

где $B_{\text{зп}}$ – ширина земляного полотна по верху, м; m – коэффициент заложения откосов; h_1 – расстояние от поверхности земляного полотна до поверхности гидроизоляции трубы, м; определяется по формуле (2.2):

$$h_1 = H_{\text{р.о.}} + h_{\text{р.гр.}} - (d + \delta), \text{ м}, \quad (2.2)$$

где $H_{\text{р.о.}}$ – высота рабочей отметки по бровке земляного полотна, м; $h_{\text{р.гр.}}$ – толщина снимаемого растительного грунта, м; может быть принята на основании энциклопедических данных для заданного района строительства либо по усреднённым данным (табл. 2.1) для соответствующей дорожно-климатической зоны; d – внутренний диаметр звена трубы, м; δ – толщина стенки звена трубы, м, принимается по прил. 1.

Продольный разрез



План (насыпь не показана)

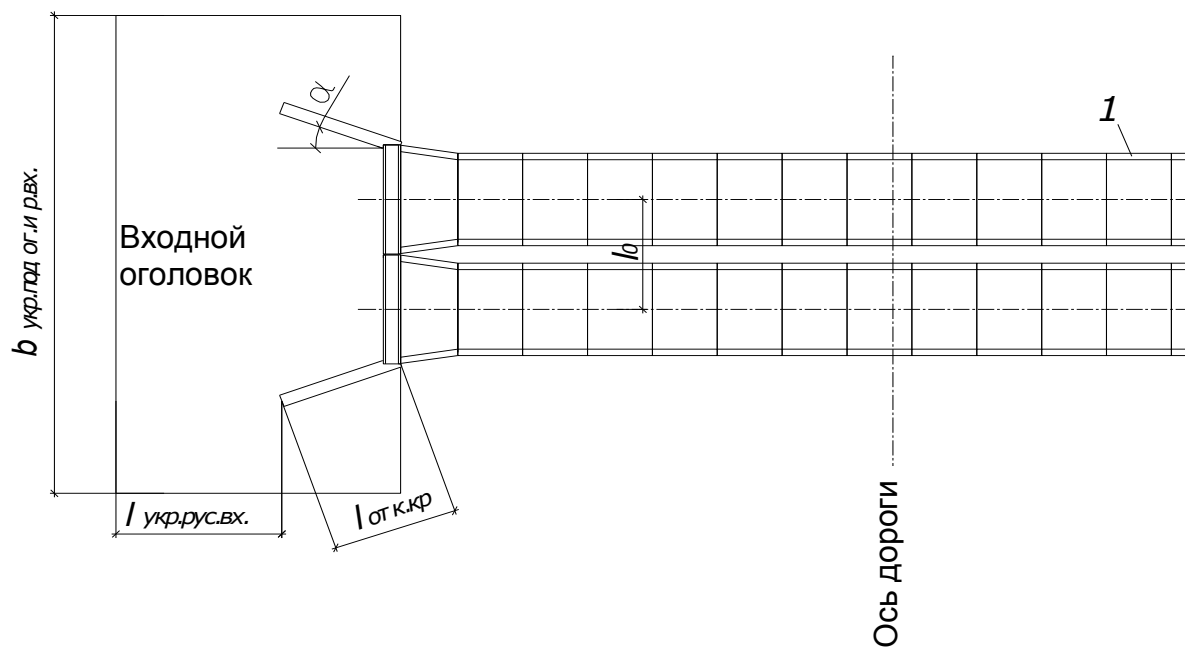
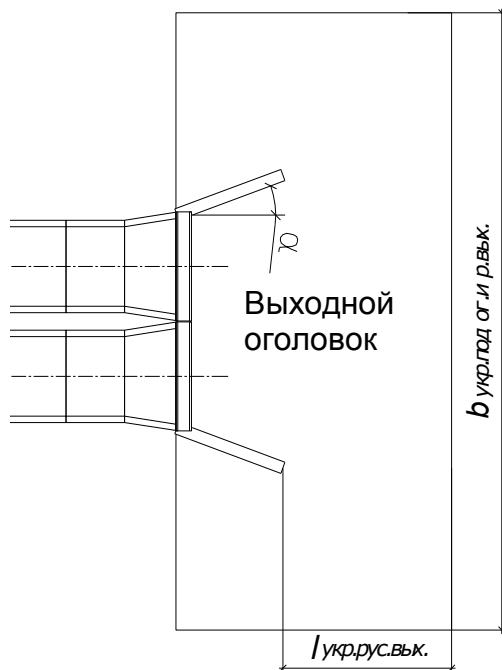
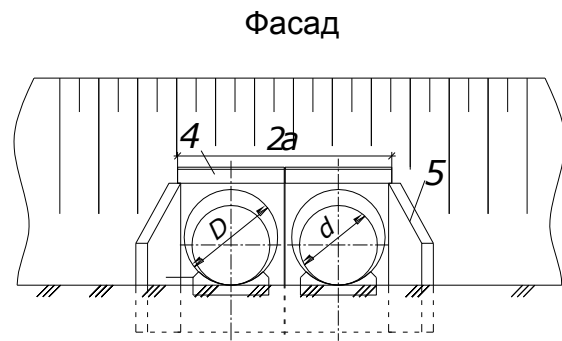


Рис. 2.1. Конструктивная схема водопропускной трубы



- 1 – цилиндрическое звено трубы
- 2 – лекальный блок
- 3 – конический оголовок
- 4 – порталная стенка
- 5 – откосное крыло
- i – продольный уклон сооружения

М 1:100

Примечание: все размеры
приведены в сантиметрах

Рис. 2.1. Окончание

Таблица 2.1

Толщина снимаемого растительного грунта

Дорожно-климатическая зона	Толщина растительного грунта, м
I	0,15 – 0,20
II	0,20 – 0,25
III	0,25 – 0,30
IV	≥ 0,35

Размеры котлована под трубу назначают с учётом глубины промерзания грунта, при этом глубина промерзания в зоне земляного полотна под трубой принимается приблизительно на 30% меньше глубины промерзания полевой части сооружения. Для определения глубины промерзания можно использовать данные климатических справочников [3] или СП 34.13330.2012 [1]. Основание (или фундамент) под водопропускную трубу из сборных элементов предусматривается, как правило, комбинированное, состоящее из слоёв уплотненного песчано-гравийной смеси, цементной стяжки и сборных лекальных блоков, на которые опираются звенья трубы. Толщина слоя основания из песчано-гравийной смеси определяется по формуле (2.3):

$$h_{\text{пгс}} = Z_{\text{тр.тр.}} - \delta - h_{\text{л.бл.}} - h_{\text{ц.ст.}}, \text{ м}, \quad (2.3)$$

где $Z_{\text{тр.тр.}}$ – глубина промерзания в зоне земляного полотна под трубой (принимается $0,7 \cdot Z_{\text{пр}}$, где $Z_{\text{пр}}$ – максимальная глубина промерзания по климатическим данным), м; $h_{\text{л.бл.}}$ – толщина лекального блока, м, принимается по прил. 3; $h_{\text{ц.ст.}}$ – толщина цементной стяжки, м, обычно 0,1 м.

Используя конструктивную схему водопропускной трубы (см. рис. 2.1) определяют параметры котлована под трубу, число звеньев трубы, объём земляных работ, объём основания и фундамента трубы, а также параметры строительной площадки. Ширина котлована под водопропускную трубу определяется по формуле (2.4):

$$b_{\text{котл. под тр.}} = n \times (d + 2 \cdot \delta) + \Delta, \text{ м}, \quad (2.4)$$

где n – количество очков трубы; Δ – запас для возможности монтажа элементов трубы, составляет порядка 0,5 – 1,0 м.

Глубина котлована под водопропускную трубу принимается равной глубине промерзания в зоне земляного полотна под трубой (формула (2.5)), т.е.:

$$h_{\text{котл. под тр.}} = Z_{\text{пр.тр.}}, \text{ м.} \quad (2.5)$$

Длина котлована под водопропускную трубу ($L_{\text{котл. под тр.}}$) принимается равной длине трубы, определённой по формуле (2.1).

На входе водного потока в трубу и на выходе устраивают оголовки, включающие в себя порталные стенки, откосные крылья и лотки. Русло трубы, как правило, укрепляют для защиты сооружения от размыва. Размеры укрепленных русел и укрепленных откосов насыпи устанавливают по прил. 5. Глубина котлована под оголовком и руслом принимается равной глубине промерзания (формула (2.6)):

$$h_{\text{котл. под ог.и рус.}} = Z_{\text{пр.}}, \text{ м.} \quad (2.6)$$

Объём земляных работ по разработке котлована под водопропускную трубу, параметры котлована под оголовком и руслом, объём снимаемого растительного грунта, объём песчано-гравийной смеси для устройства основания под трубу, объём цементного раствора для устройства стяжки, объём монолитного бетона на укрепление русла и лотка вычисляются исходя из геометрических размеров котлована под водопропускную трубу с использованием конструктивной схемы водопропускной трубы и схемы строительной площадки (рис. 2.1, 3.1).

Геометрические размеры звеньев трубы, порталных стенок, откосных крыльев, лекальных блоков устанавливают по прил. 1, 2, 3. При этом в соответствии с прил. 4 назначают номера блоков. Следует учитывать, что для труб, работающих в безнапорном режиме, оголовочные звенья устраивают цилиндрической формы, а при работе в полупнапорном и напорном режимах – конического очертания. Объём и массу рассмотренных стандартных блоков (звеньев трубы, порталных стенок, откосных крыльев, лекальных блоков) назначают с использованием прил. 6.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ

Строительную площадку (рис. 3.1) устраивают в соответствии с технологическим процессом постройки трубы. Она должна занимать

как можно меньшую территорию, но при этом допускать размещение объектов обслуживания строительства, материалов, изделий и средств механизации. На площадку доставляют и устанавливают бетономешалку, электростанцию, битумоварочный агрегат и другие необходимые машины и оборудование. Водоотводную канаву с расчётным поперечным сечением устраивают с верховой стороны для перехвата поверхностной воды и отвода её от котлована; при небольших размерах её нарезают автогрейдером, а при значительных – экскаватором обратная лопата с объёмом ковша до $0,5 \text{ м}^3$.

Особое внимание обращают на расположение монтажного крана, который должен обслуживать возможно большую площадь. Для повышения удобства и безопасных условий работы крана и автотранспорта целесообразно предусмотреть вдоль котлована с одной или с обеих сторон укладку железобетонных плит, выдерживающих нагрузку от 30 до 50 т. Как правило, укладку плит с двух сторон вдоль котлована предусматривают при монтаже двухочковых труб. Характеристики некоторых марок железобетонных плит приведены в табл. 3.1. Их размеры должны позволять установку крана с выносом опор и проезд техники.

При ограничении площадей под складирование элементов труб их звенья можно укладывать в несколько рядов по высоте, но с предосторожностью от раздавливания нижних секций (табл. 3.2). Во избежание раскатывания нижних секций с обеих сторон штабеля предусматривают подкладки.

Если выбранный из котлована грунт пригоден для засыпки трубы, то его рационально складировать рядом, предусматривая для этого отдельную площадь, которую рассчитывают с учётом разрыхления грунта при его разработке. Снятый с полосы отвода растительный грунт оставляют для последующего укрепления откосов, обочин и рекультивации придорожной полосы.

Площадку следует оградить хорошо различимыми средствами по всему периметру для ориентирования работающих по зоне опасности. Возможно ночное освещение.

Таблица 3.1

Характеристика железобетонных плит

Название плиты	Длина, м	Ширина, м	Толщина, м	Масса, т
Плита дорожная ПДП 3х1,2 Н-30	3,0	1,2	0,16	1,4
Плита дорожная ПДП 3х1,5 Н-30	3,0	1,5	0,16	1,8
Плита дорожная ПДП 3х1,75	3,0	1,75	0,17	2,2
Плита дорожная 2П30-20.30	3,0	2,0	0,16/0,18	2,4/2,7
Плита дорожная ПД 4х1,5	4,0	1,5	0,16	1,6
Плита дорожная ПД 4х2	4,0	2,0	0,17	1,9
Плита дорожная ПД 6х1,5	6,0	1,5	0,16	2,9
Плита аэродромная ПАГ-14	6,0	2,0	0,14	4,2
Плита аэродромная ПАГ-18	6,0	2,0	0,18	5,2
Плита дорожная преднапряжённая ПДГ 60х20 Н-30	6,0	2,0	0,14	4,2

Таблица 3.2

Допустимое количество рядов звеньев труб
по высоте при складировании

Внутренний диаметр трубы, м	Допустимое количество рядов звеньев труб по высоте
0,4...1,0	4
1,0...1,2	3
1,4...2,4	2

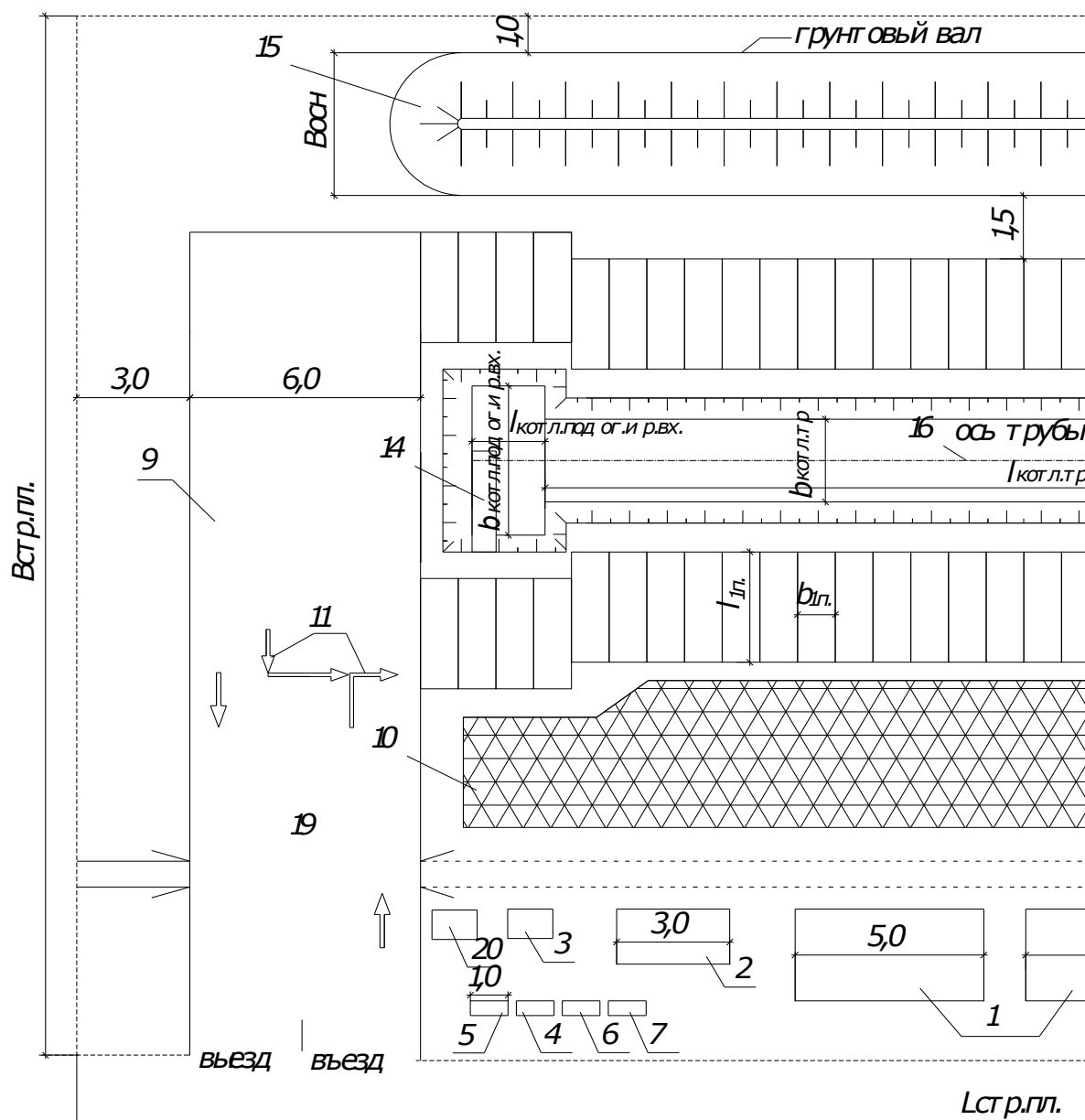


Рис. 3.1. Схема организации строительной площадки водопропускной трубы:

- 1 – производственные и бытовые помещения;
- 2 – передвижная электростанция;
- 3 – передвижной туалет;
- 4 – стенд с информацией об исполнителе работ;
- 5 – схема движения транспорта и дорожных машин на площадке;
- 6 – стенд со схемой строповки грузов;
- 7 – противопожарный щит;
- 8 – дорожные плиты;
- 9 – грунтовая дорога;
- 10 – зона складирования строительных материалов и изделий;

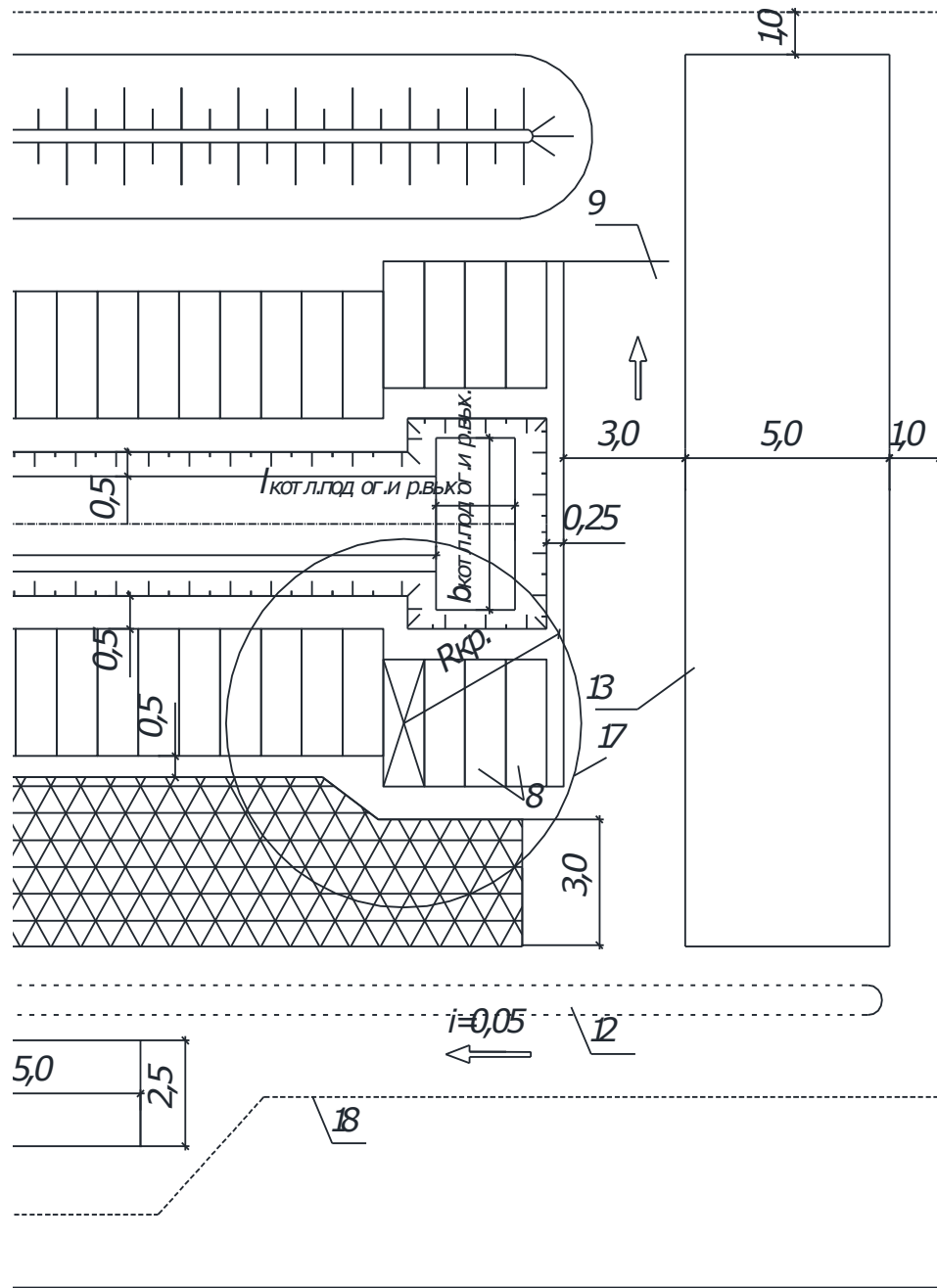


Рис. 3.1. Окончание

- 11 – направление движения транспорта;
- 12 – водоотводная канава;
- 13 – стоянка дорожно-строительных машин;
- 14 – пандус в котлован;
- 15 – грунтовый вал;
- 16 – ось трубы;
- 17 – радиус вылета стрелы крана;
- 18 – ограждение площадки;
- 19 – место разворота техники;
- 20 – блок промывки и осмотра колёс

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ, ВЫБОР МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ КОЛИЧЕСТВА

В данном разделе необходимо разработать технологию подготовительных работ, а также работ по устройству котлована, фундаментов, монтажу звеньев и оголовков, устройству гидроизоляции, засыпке трубы, укреплению откосов и русел. По всем видам работ следует предусмотреть мероприятия по контролю качества, охране труда и окружающей среды.

После установления составов специализированных звеньев комплектуют состав бригады по строительству трубы.

Кран и другая техника должны передвигаться и работать на безопасном расстоянии от края котлована. При отсутствии соответствующих указаний в проекте производства работ минимальное расстояние по горизонтали от основания откоса до ближайших опор строительных машин допускается принимать по табл. 4.1.

Всё завершается проектированием линейного графика организации работ (графика Ганта).

Подробное описание технологических процессов строительства водопропускных труб рассмотрено в учебной литературе [2].

Таблица 4.1

Минимальное расстояние по горизонтали
от основания откоса до опорной части машины

Глубина выемки, м	Грунт			
	Песчаный	Супесчаный	Суглинистый	Глинистый
	Расстояние по горизонтали от основания откоса до опорной части машины, м			
1,0	1,50	1,25	1,00	1,00
2,0	3,00	2,40	2,00	1,5
3,0	4,00	3,60	3,25	1,75
4,0	5,00	4,40	4,00	3,00
5,0	6,00	5,30	4,75	3,50

Рассмотрим пример технологии и организации строительства сборной круглой железобетонной трубы, который включают следующие операции и необходимые вычисления.

1. Установка средств ограждения места производства работ, расчистка территории от посторонних объектов (растительности, камней и мусора), восстановление оси трассы и разбивка оси трубы с укреплением знаков геодезической основы.

Эти операции выполняют вручную и с использованием геодезического оборудования.

Расчёт времени на выполнение этих мероприятий можно приблизительно оценить исходя из периметра ограждаемой территории по формуле (4.1):

$$P_{\text{огр}} = 2 \cdot L_{\text{стр.пл}} + 2 \cdot B_{\text{стр.пл}}, \text{ м}, \quad (4.1)$$

где $L_{\text{стр.пл}}$ – длина строительной площадки, м; $B_{\text{стр.пл}}$ – ширина строительной площадки, м.

Производительность бригады дорожных рабочих из 4-х чел. равна $\Pi = 100$ м/ч. Следовательно, общее время на операцию №1 устанавливается из соотношения (4.2):

$$T = \frac{P_{\text{огр}}}{\Pi}, \text{ ч}. \quad (4.2)$$

Количество бригад для выполнения работ определяют по формуле (4.3):

$$N_{\text{бр}}^{\text{расч}} = \frac{T}{T_{\text{см}}}, \text{ шт.}, \quad (4.3)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены, ч, может быть принята равной 7 ч или 8,2 ч.

После округления полученного количества бригад до целого значения в большую сторону $N_{\text{бр}}^{\text{пр}}$ определяется коэффициент использования по формуле (4.4):

$$K_{\text{исп.}} = \frac{N_{\text{бр}}^{\text{расч}}}{N_{\text{бр}}^{\text{пр}}}. \quad (4.4)$$

Если количество бригад дорожных рабочих ограничено (например, имеется только одна бригада), а их требуемое количество $N_{\text{бр}}^{\text{пр}}$ более одной, то принимается решение о выполнении работ одной бригадой в течение нескольких смен $N_{\text{см}}$. Количество смен будет равно требуемому количеству бригад, т.е. $N_{\text{см}} = N_{\text{бр}}^{\text{пр}}$.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько бригад и за какое время будут выполнять операцию №1.

2. Снятие растительного грунта и его перемещение в сторону бульдозером на заданное расстояние.

Для расчётов необходимо назначить модель бульдозера по [2, 4]. Часовая производительность Π_6 рассчитывается по формуле для работ по разработке и перемещению материалов и грунтов. Сменная производительность – по формуле (4.5):

$$\Pi_6^{\text{см}} = \Pi_6 \cdot T_{\text{см}}, \text{ м}^3/\text{см}. \quad (4.5)$$

Общий объём снимаемого растительного слоя грунта устанавливают по формуле (4.6):

$$V_{\text{р.гр}} = L_{\text{стр.пл}} \cdot B_{\text{стр.пл}} \cdot h_{\text{сл}}, \text{ м}^3, \quad (4.6)$$

где $h_{\text{сл}}$ – толщина растительного слоя грунта, м; $L_{\text{стр.пл}}$ – длина строительной площадки, м; $B_{\text{стр.пл}}$ – ширина строительной площадки, м.

Требуемое количество бульдозеров определяют либо по аналогии с рассмотренным примером в операции №1, либо из соотношения (4.7):

$$N_6^{\text{расч}} = \frac{V_{\text{р.гр}}}{\Pi_6^{\text{см}}}, \text{ шт.} \quad (4.7)$$

После округления полученного количества бульдозеров в большую сторону $N_6^{\text{пр}}$ определяется коэффициент использования по формуле (4.4).

Решение и вывод о количестве машин и смен для выполнения суммарного объёма работ принимаются так же, как и в случае операции №1.

3. Обвалование растительного грунта бульдозером.

Собранный и перемещённый растительный грунт собирают в валы для лучшего сохранения природных качеств и удобства погрузки в транспортные средства. Целесообразно для обвалования задействовать тот же бульдозер, что и при снятии растительного грунта. Сменная производительность на этой операции может быть принята на 20...25% выше производительности на операции №2.

Общий объём обвалованного растительного грунта с учётом его разрыхления после снятия определяется по формуле (4.8):

$$V_{\text{р.гр.обв}} = V_{\text{р.гр}} \cdot K_{\text{разр}}, \text{ м}^3, \quad (4.8)$$

где $K_{\text{разр}}$ – коэффициент разрыхления растительного грунта ($K_{\text{разр}} = 1,2 \dots 1,25$).

Поскольку изменение производительности и коэффициент разрыхления имеют близкие величины, то загруженность бульдозера на операции №3 будет равновеликой полученной на операции №2.

4. Погрузка растительного грунта фронтальным погрузчиком или экскаватором в транспортные средства.

Эта операция необходима в случае решения о вывозе собранного растительного грунта, например, при нехватке места на строительной площадке для его размещения или излишке растительного грунта. Растительный грунт можно использовать для рекультивации земель, укрепления элементов земляного полотна и системы водоотвода, реализовать заинтересованным организациям (сельскохозяйственным, лесохозяйственным, частным и т.п.).

Для работы по [2, 4] выбирают экскаватор, экскаватор-погрузчик или фронтальный погрузчик. Объем работ при полном вывозе грунта равен объему при обваловании $V_{\text{р.гр.обв}}$ (4.8). При расчёте стремятся к ограничению количества техники: 1 экскаватор и 1...2 экскаватора-погрузчика или погрузчика.

5. Вывоз растительного грунта транспортными средствами к месту складирования или использования.

Эту операцию включают в общий технологический перечень, если растительный грунт подлежит вывозу.

Вывоз можно осуществлять как автомобилями-самосвалами, так и бортовыми машинами. Объем работ также составляет $V_{\text{р.гр.обв}}$. Коэффициент использования транспортных средств должен быть близок к коэффициенту использования погрузочной техники для предотвращения простоев. Назначенное количество смен должно быть таким же, как и для погрузочной техники.

Операции №1...5 рекомендуется объединить в одну захватку. Если этого не получается, то операции №4...5 выделяют в самостоятельную захватку.

6. Разработка котлована экскаватором навывмет или с погрузкой в транспортные средства.

Сначала по [2, 4] назначают экскаватор. Выбранный экскаватор должен иметь параметры работы, позволяющие осуществлять технологические операции с расчётной стоянки (базы). Затем рассчитывают его часовую $\Pi_{\text{э}}$ и сменную $\Pi_{\text{э}}^{\text{см}} = \Pi_{\text{э}} \cdot T_{\text{см}}$ производительности. При этом коэффициент разрыхления можно принимать согласно пояснениям к формуле производительности экскаватора, а для большей точности коэффициент разрыхления рассчитывают по формуле (4.9):

$$K_{\text{разр}} = \frac{\rho_{\text{ск}}^{\text{ест}}}{\rho_{\text{ск}}^{\text{разр}}}, \quad (4.9)$$

где $\rho_{\text{ск}}^{\text{ест}}$ – плотность скелета (сухого) грунта естественного сложения (до разработки), г/см³ (прил. 8); $\rho_{\text{ск}}^{\text{разр}}$ – плотность скелета (сухого) грунта после разработки (разрыхления), г/см³ (приложение 8).

Требуемое количество экскаваторов определяют по аналогии с операцией №2 из соотношения (4.7), при этом объём работ в данной операции равен $V_{\text{котл}}$.

При определении объёма котлована допускается не учитывать крутизну его стенок, т.е. расчёты выполняют по геометрическому дну. Если учёт переменного сечения ведётся, то заложение откосов котлована принимают по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Наибольшая допустимая крутизна откосов траншей

Тип грунта	Наибольшая допустимая крутизна откосов при глубине котлована $h_{\text{котл}}$, м			
	в сухих грунтах			в водонасыщенных грунтах
	до 1,5	1,5...3,0	3,0...5,0	до 5
Песчаный, гравелистый	$\frac{63}{1:0,5}$	$\frac{45}{1:1}$	$\frac{45}{1:1}$	$\frac{38}{1:1,25}$
Супесь	$\frac{76}{1:0,25}$	$\frac{56}{1:0,67}$	$\frac{50}{1:0,85}$	$\frac{45}{1:1}$
Суглинок	$\frac{90}{1:0}$	$\frac{63}{1:0,5}$	$\frac{53}{1:0,75}$	$\frac{45}{1:1}$
Глина	$\frac{90}{1:0}$	$\frac{76}{1:0,25}$	$\frac{63}{1:0,5}$	$\frac{45}{1:1}$

После округления полученного количества экскаваторов в бóльшую сторону $N_9^{пр}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

Поскольку на подобных работах обычно применяют только один экскаватор, то принимается решение о выполнении работ одной машиной в течение нескольких смен $N_{см}$. Количество смен будет равно требуемому количеству единиц техники, т.е. $N_{см} = N_9^{пр}$.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько экскаваторов и за какое время будут выполнять операцию №6.

Если грунт из котлована пригоден для засыпки водопропускной трубы, то его можно оставить на строительной площадке – разработка навывмет. Главное условие при этом – достаточное пространство для его складирования. Искомой величиной в данной задаче является высота отвала $H_{отв}$ при заданной его длине равной длине котлована $L_{отв.} = L_{котл.}$. Высота отвала определяется по формуле (4.10):

$$H_{отв} = \frac{\sqrt{S_{отв}}}{n}, \text{ м}, \quad (4.10)$$

где $S_{отв}$ – площадь отвала, м^2 , определяется по формуле (4.11); n – коэффициент заложения откоса отвала (табл. 4.3);

$$S_{отв} = \frac{V_{разр}}{L_{отв}}, \text{ м}^2, \quad (4.11)$$

где $V_{разр.}$ – объём разработанного грунта, м^3 , определяется по формуле (4.12):

$$V_{разр.} = V_{котл.} \cdot K_{разр}, \text{ м}^3, \quad (4.12)$$

где $V_{котл.}$ – объём котлована, м^3 .

Ширину основания грунтового вала определяют по формуле (4.13) используя схему (рис. 4.1):

$$B_{отв} = 2 \cdot n \cdot H_{отв}, \text{ м}. \quad (4.13)$$

Следует обратить внимание на то, что коэффициент разрыхления должен иметь одинаковое значение и в формуле производительности экскаватора, и в выражении для расчёта объёма работ.

Таблица 4.3

Наибольшая допустимая крутизна откосов отвала грунта

Состояние грунта	Наибольшая допустимая крутизна откосов отвала при его высоте $H_{\text{отв}}$, м		
	до 1,5	1,5...3,0	3,0...5,0
Насыпной (разрыхлённый)	$\frac{63}{1:0,5}$	$\frac{45}{1:1}$	$\frac{38}{1:1,25}$

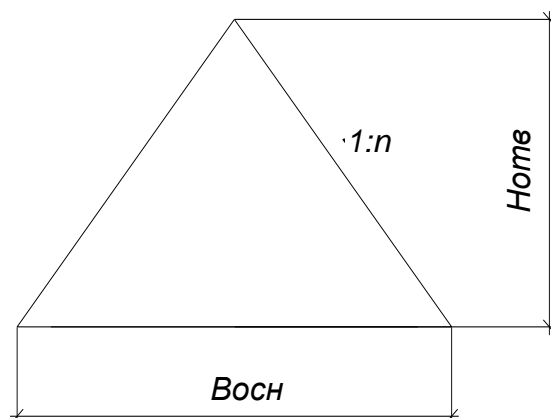


Рис. 4.1. Расчётная схема для определения ширины основания грунтового вала

Если найденная высота отвала не попадает в диапазон для заданной величины n (см. табл. 4.3), то значение n меняют и вычисления повторяют.

7. Вывоз разработанного в котловане грунта транспортными средствами к месту складирования или использования.

Эта операция необходима, если разработанный грунт не оставляют для засыпки трубы.

Вывоз можно осуществлять как автомобилями-самосвалами [2, 4], так и бортовыми машинами. Объём работ составляет $V_{\text{разр}}$.

Коэффициент использования транспортных средств должен быть близок к коэффициенту использования экскаватора на операции №6 для предотвращения простоев. Назначенное количество смен должно быть таким же, что и для погрузочной техники.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №7.

8. Доставка дорожных железобетонных плит специализированным транспортом.

Железобетонные плиты позволят обеспечить устойчивость работы крана при разгрузке и подаче в котлован элементов водопропускной трубы, а также более удобный подъезд транспорта. Плиты укладывают вдоль котлована, причём при устройстве водопропускной трубы с количеством очков более одного целесообразно плиты располагать с обеих сторон котлована.

Необходимое количество плит рассчитывают по формуле (4.14):

$$N_{\text{плит}} = \frac{L_{\text{котл}}}{B_{1п}} \times k, \text{ шт.}, \quad (4.14)$$

где $L_{\text{котл}}$ – длина котлована, м; $B_{1п}$ – ширина одной плиты, м (см. табл. 3.1); k – количество рядов плит.

Общая масса необходимых плит определяется по формуле (4.15):

$$M_{\text{плит}} = N_{\text{плит}} \cdot M_{1п}, \text{ т}, \quad (4.15)$$

где $M_{1п}$ – масса одной плиты, т (см. табл. 3.1).

Марку дорожных плит назначают с учётом расстояния между выносными опорами крана, планируемого к использованию [2, 4]. При недостаточной длине плит их укладывают в несколько рядов с возможностью комбинирования марок и направления укладки.

Модель специализированного транспорта выбирают по [2, 4]. Определяют часовую $\Pi_{\text{ст}}$ и сменную $\Pi_{\text{ст}}^{\text{см}} = \Pi_{\text{ст}} \cdot T_{\text{см}}$ производительности. Количество машин или ездов должно быть кратным общей массе перевозимых плит. Коэффициент использования транспортных средств должен быть близок к коэффициенту использования крана для предотвращения простоев. Назначенное количество смен должно быть таким же, что и для разгрузочной техники (см. операцию №9).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №8.

9. Разгрузка и укладка плит краном.

Кран выбирают с учётом возможности его работы с расчётной стоянки. Расчётная стоянка – положение крана, наиболее близко соответствующее его критическому положению. Такое положение опре-

деляется с помощью графика выбора крана [2, 4]. Если монтаж наиболее тяжёлого элемента будет осуществлён с наибольшим вылетом стрелы, то такое расположение крана и принимается за расчётное (единственное расчётное условие). Если монтаж наиболее тяжёлого элемента выполняется из положения с вылетом стрелы меньше максимального из всех вариантов, то необходимо выполнить проверку на расположение крана при наибольшем вылете стрелы при монтаже элемента с меньшей массой (два расчётных условия). Наихудший вариант укажет на место расчётной стоянки.

Обычно расчётная стоянка соответствует положению при монтаже откосного крыла или portalной стенки. В дальнейшем принятый кран применяют на всех этапах строительства водопропускной трубы.

Объём работ на этой операции составляет $M_{\text{плит}}$.

Количество кранов определяется по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7). После округления полученного количества кранов в большую сторону $N_{\text{КС}}^{\text{пр}}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

Если плиты располагаются с одной стороны котлована, то количество кранов не следует назначать более одного. При расположении плит с обеих сторон котлована допускается одновременно задействовать два крана. Назначенное количество смен должно быть таким же, что и для транспорта (см. операцию №8).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько кранов и за какое время будут выполнять операцию №9.

10. Уплотнение дна котлована самоходным катком.

Для придания прочности и устойчивости основанию котлована во избежание различных деформаций его следует тщательно уплотнить.

Выбирают самоходный каток по [2, 4]. Вычисляют часовую $\Pi_{\text{к}}$ и сменную $\Pi_{\text{к}}^{\text{см}} = \Pi_{\text{к}} \cdot T_{\text{см}}$ производительности, не подставляя в формулу толщину уплотняемого слоя. Количество проходов назначают от 8 до 12. Длина прохода соответствует длине котлована. Объём работ численно равен площади дна котлована $S_{\text{котл}}$. Количество катков определяется по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества катков в большую сторону $N_k^{пр}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

Обычно по расчёту достаточно одного катка с большим запасом по времени.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько кранов и за какое время будут выполнять операцию №10.

Операции №6...10 рекомендуется объединить в одну захватку. Если этого не получается, то операции №6...7 выделяют в самостоятельную захватку.

11. Транспортировка песчано-гравийной смеси автомобильным транспортом для устройства нижнего слоя основания.

Основание из песчано-гравийной смеси устраивают по всей площади котлована.

Доставку можно осуществлять как автомобилями-самосвалами, так и бортовыми машинами.

Объём работ определяется по формуле (4.16):

$$\begin{aligned} V_{пгс} = & L_{котл.тр} \cdot B_{котл.тр} \cdot h_{пгс} \cdot K_{з.у} + \\ & + L_{котл.вх.ог} \cdot B_{котл.вх.ог} \cdot h_{пгс.ог} \cdot K_{з.у} + \\ & + L_{котл.вых.ог} \cdot B_{котл.вых.ог} \cdot h_{пгс.ог} \cdot K_{з.у}, \text{ м}^3, \end{aligned} \quad (4.16)$$

где $L_{котл.тр}$, $L_{котл.вх.ог}$, $L_{котл.вых.ог}$ – соответственно длина центральной части котлована (трубы), в зоне входного и выходного оголовков, м; $B_{котл.тр}$, $B_{котл.вх.ог}$, $B_{котл.вых.ог}$ – соответственно ширина центральной части котлована, в зоне входного и выходного оголовков, м; $h_{пгс}$, $h_{пгс.ог}$ – соответственно толщина слоя из песчано-гравийной смеси в центральной части и зоне оголовков, м; $K_{з.у}$ – коэффициент запаса на уплотнение (прил. 7).

Количество машин определяется по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества машин в большую сторону $N_{ас}^{пр}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №11.

12. Разравнивание песчано-гравийной смеси в котловане бульдозером послойно.

Для разравнивания назначают бульдозер по [2, 4]. В целях унификации техники и оптимизации использования машин целесообразно применять бульдозер той же модели, что и при снятии растительного грунта.

Часовая производительность $\Pi_{б.р}$ рассчитывается по формуле для работ при разравнивании материалов и грунтов. Сменная производительность $\Pi_{б.р}^{см} = \Pi_{б.р} \cdot T_{см}$, м³/см.

Общий объём при разравнивании песчано-гравийной смеси равен $V_{пгс}$.

Требуемое количество бульдозеров определяют по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества бульдозеров в большую сторону $M_{б.р}^{пр}$ определяется коэффициент использования по формуле (4.4).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №12.

13. Уплотнение песчано-гравийной смеси основания самоходным катком послойно.

Назначают самоходный каток по [2, 4]. В целях унификации техники и оптимизации использования машин целесообразно применять каток той же модели, что и при уплотнении дна котлована.

Вычисляют часовую Π_k и сменную $\Pi_k^{см} = \Pi_k \cdot T_{см}$ производительности. Количество проходов назначают от 8 до 12. Длина прохода соответствует длине котлована. Общий объём на уплотнении песчано-гравийной смеси равен $V_{пгс}$.

Количество катков определяют по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества катков в бóльшую сторону $N_k^{пр}$ определяется коэффициент использования по формуле (4.4).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №13.

Операции №12 и 13 можно объединить расчётом по нормам времени [5]. При этом временные затраты следует увеличить кратно количеству отсыпаемых слоёв, суммарно определяющих общую требуемую толщину основания из песчано-гравийной смеси.

Операции №11...13 обязательно объединяют в одну захватку.

14. Транспортировка цементного раствора для устройства верхнего слоя основания под трубу.

Слой основания из цементного раствора устраивают в центральной части котлована в зоне трубы (между порталными стенками). На практике цементный раствор часто приготавливают на месте. Но при наличии поблизости установки для приготовления укрепленных материалов его доставляют автомобильным транспортом.

Лучше всего принять для доставки цементного раствора автобетоносмеситель по [2, 4].

Вычисляют часовую $\Pi_{аб}$ и сменную $\Pi_{аб}^{см} = \Pi_{аб} \cdot T_{см}$ производительности.

Требуемый объём цементного раствора определяется по формуле (4.17):

$$V_{ц.р} = L_{котл.тр} \cdot B_{л.б} \cdot h_{ц.р} \cdot K_{з.у}, \text{ м}^3, \quad (4.17)$$

где $L_{котл.тр}$ – длина центральной части котлована (трубы), м; $B_{л.б}$ – ширина основания фундамента из лекальных блоков, м; $h_{ц.р}$ – толщина слоя из цементного раствора, м (приблизительно $h_{ц.р} \leq 0,1$ м); $K_{з.у}$ – коэффициент запаса на уплотнение (прил. 7).

Количество машин определяется по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества машин в бóльшую сторону $N_{ас}^{пр}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №14.

15. Устройство верхнего слоя основания из цементного раствора вручную.

Расчёт производят по нормам времени [5]. Составляют пропорцию

$$0,32 \text{ ч} - 1 \text{ м}^3$$

$$T, \text{ ч} - V_{\text{ц.р}}, \text{ м}^3,$$

где T – время на выполнение общего объёма работ, ч.

Тогда
$$T = 0,32 \cdot V_{\text{ц.р}}, \text{ ч},$$

$$N_{\text{бр}}^{\text{расч}} = \frac{T}{T_{\text{см}}}.$$

Или
$$0,32 \text{ ч} - 1 \text{ м}^3$$

$$T_{\text{см}}, \text{ ч} - X, \text{ м}^3,$$

где X – объём работ, который может выполнить звено за смену, м^3 , длительностью $T_{\text{см}}$.

Тогда
$$X = T_{\text{см}} / 0,32, \text{ м}^3,$$

$$N_{\text{бр}}^{\text{расч}} = \frac{V_{\text{ц.р}}}{X}.$$

Или
$$0,32 \text{ ч} - 1 \text{ м}^3$$

$$1,0 \text{ ч} - Y, \text{ м}^3,$$

где Y – объём работ, выполняемый звеном за один час, м^3 .

Тогда
$$Y = 1,0 / 0,32, \text{ м}^3,$$

$$T = \frac{V_{\text{ц.р}}}{Y}, \text{ ч},$$

$$N_{\text{бр}}^{\text{расч}} = \frac{T}{T_{\text{см}}}.$$

Во всех случаях после округления полученного количества звеньев в бóльшую сторону $N_{\text{зв}}^{\text{пр}}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

Если для укладки цементного раствора требуется более одного звена, то желательно работы организовать одним звеном в течение нескольких смен. Количество смен будет равно требуемому количеству звеньев.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько звеньев бригад и за какое время будут выполнять операцию №15.

Операции №14...15 обязательно объединяют в одну захватку.

16. Доставка лекальных блоков специализированным транспортом.

В целях унификации техники и оптимизации использования машин для транспортировки целесообразно принять ту же модель спецтранспорта, что и при доставке дорожных плит.

Определяют часовую $\Pi_{\text{ст}}$ и сменную $\Pi_{\text{ст}}^{\text{см}} = \Pi_{\text{ст}} \cdot T_{\text{см}}$ производительности.

Объём работ может быть установлен как в единицах лекальных блоков по формуле (4.18):

$$N_{\text{л.б}} = N_{\text{ц.б}} + N_{\text{к.б}} = \frac{L_{\text{тр}} - 2 \cdot \ell_{1\text{к.б}}}{\ell_{1\text{л.б}}} \times \omega + 2 \cdot \omega, \text{ шт.}, \quad (4.18)$$

где $N_{\text{ц.б}}$; $N_{\text{к.б}}$ – соответственно количество лекальных блоков под цилиндрические и конические звенья, шт.; $L_{\text{тр}}$ – длина трубы (участка между порталными звеньями), м; $\ell_{1\text{к.б}}$ – длина лекального блока под конические звенья трубы (при их наличии), м (прил. 3); $\ell_{1\text{л.б}}$ – длина лекального блока под цилиндрические звенья трубы, м (прил. 3); ω – количество очков трубы; так и по их массе по формуле (4.19):

$$M_{\text{л.б}} = N_{\text{ц.б}} \cdot M_{1\text{л.б}} + N_{\text{к.б}} \cdot M_{1\text{к.б}}, \text{ т}, \quad (4.19)$$

$M_{1\text{л.б}}$; $M_{1\text{к.б}}$ – соответственно масса одного лекального блока под цилиндрическое и коническое звено, т (прил. 6).

При цилиндрических оголовочных звеньях и, следовательно, однотипных лекальных блоках их потребность рассчитывается по упрощённой формуле (4.20):

$$N_{\text{л.б}} = N_{\text{ц.б}} = \frac{L_{\text{тр}}}{\ell_{1\text{л.б}}} \times \omega, \text{ шт.} \quad (4.20)$$

С целью упрощения расчётов, если оголовочные звенья водопропускной трубы запроектированы конической формы, можно не разделять цилиндрические и конические элементы.

Количество машин или ездов должно быть кратным общей массе перевозимых лекальных блоков. Коэффициент использования транспортных средств должен быть близок к коэффициенту использования крана для предотвращения простоев. Назначенное количество смен должно быть таким же, что и у разгрузочной техники (см. операцию №17).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №16.

17. Разгрузка лекальных блоков краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] для блока фундамента аналогично операции №15.

Принятое количество кранов не должно превышать одного для одноочковых труб и двух для многоочковых труб, а разгрузку элементов во втором случае целесообразно организовать с обеих сторон котлована. Следует стремиться увязывать (сближать) коэффициент использования кранов с принятым на операции №16.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько кранов и за какое время будут выполнять операцию №17.

Операции №16...17 обязательно объединяют в одну захватку.

18. Доставка порталных стенок специальным транспортом.

В целях унификации техники и оптимизации использования машин для транспортировки целесообразно принять ту же модель спецтранспорта, что и при доставке других элементов.

Определяют часовую $\Pi_{\text{СТ}}$ и сменную $\Pi_{\text{СТ}}^{\text{СМ}} = \Pi_{\text{СТ}} \cdot T_{\text{СМ}}$ производительности.

Объём работ может быть установлен как в единицах порталных стенок по формуле (4.21):

$$N_{\text{п.с}} = 2 \cdot \omega, \text{ шт.}, \quad (4.21)$$

так и по их массе по формуле (4.22):

$$M_{\text{п.с}} = N_{\text{п.с}} \cdot M_{1\text{п.с}}, \text{ т}, \quad (4.22)$$

где $M_{1\text{п.с}}$ – масса одной порталной стенки, т (прил. 6).

Количество машин или ездов должно быть кратным общему количеству перевозимых порталных стенок. Коэффициент использования транспортных средств должен быть близок к коэффициенту ис-

пользования крана для предотвращения простоев. Назначенное количество смен должно быть таким же, что и у разгрузочной техники (см. операцию №19).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №18.

19. Разгрузка порталых стенок краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] для блока оголовка аналогично операции №15.

Принятое количество кранов не должно превышать одного для одноочковых труб и двух для многоочковых труб, а разгрузку элементов во втором случае целесообразно организовать с обеих сторон котлована. Следует стремиться увязывать (сближать) коэффициент использования кранов с принятым на операции №18.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько кранов и за какое время будут выполнять операцию №19.

Операции №18...19 обязательно объединяют в одну захватку.

20. Доставка откосных крыльев специальным транспортом.

В целях унификации техники и оптимизации использования машин для транспортировки целесообразно принять ту же модель спецтранспорта, что и при доставке других элементов.

Определяют часовую Π_{CT} и сменную $\Pi_{\text{CT}}^{\text{CM}} = \Pi_{\text{CT}} \cdot T_{\text{CM}}$ производительности.

Объём работ может быть установлен как в единицах откосных крыльев $N_{\text{о.к}} = 4$ шт., так и по их массе по формуле (4.23):

$$M_{\text{о.к}} = N_{\text{о.к}} \cdot M_{1\text{о.к}} = 4 \cdot M_{1\text{о.к}}, \text{ т}, \quad (4.23)$$

где $M_{1\text{о.к}}$ – масса одного откосного крыла, т (прил. 6).

Количество машин или ездов должно быть кратным общему количеству перевозимых порталых стенок. Коэффициент использования транспортных средств должен быть близок к коэффициенту использования крана для предотвращения простоев. Назначенное количество смен должно быть таким же, что и у разгрузочной техники (см. операцию №21).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №20.

21. Разгрузка порталных стенок краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] для блока оголовка аналогично операции №15.

Принятое количество кранов не должно превышать одного для одноочковых труб и двух для многоочковых труб, а разгрузку элементов во втором случае целесообразно организовать с обеих сторон котлована. Следует стремиться увязывать (сближать) коэффициент использования кранов с принятым на операции №22.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько кранов и за какое время будут выполнять операцию №21.

Операции №20...21 обязательно объединяют в одну захватку.

22. Доставка звеньев трубы на специальном транспорте.

В целях унификации техники и оптимизации использования машин для транспортировки целесообразно принять ту же модель спецтранспорта, что и при доставке дорожных плит.

Определяют часовую $\Pi_{\text{ст}}$ и сменную $\Pi_{\text{ст}}^{\text{см}} = \Pi_{\text{ст}} \cdot T_{\text{см}}$ производительности.

Объём работ может быть установлен как в единицах звеньев трубы по формуле (4.24):

$$N_{\text{зв}} = N_{\text{ц.зв}} + N_{\text{к.зв}} = \frac{L_{\text{тр}} - 2 \cdot \ell_{1\text{к.зв}}}{\ell_{1\text{зв}}} \times \omega + 2 \cdot \omega, \text{ шт.}, \quad (4.24)$$

где $N_{\text{ц.зв}}$; $N_{\text{к.зв}}$ – соответственно количество цилиндрических и конических звеньев, шт.; $L_{\text{тр}}$ – длина трубы (участка между порталными звеньями), м; $\ell_{1\text{к.зв}}$ – длина конического звена трубы (при их наличии), м (прил. 1); $\ell_{1\text{зв}}$ – длина цилиндрического звена трубы, м (прил. 1); ω – количество очков трубы; так и по их массе по формуле (4.25):

$$M_{\text{зв}} = N_{\text{ц.зв}} \cdot M_{1\text{зв}} + N_{\text{к.зв}} \cdot M_{1\text{к.зв}}, \text{ т}, \quad (4.25)$$

$M_{1\text{зв}}$; $M_{1\text{к.зв}}$ – соответственно масса одного цилиндрического и конического звена, т (прил. 6).

При цилиндрических оголовочных звеньях и, следовательно, однотипных лекальных блоках их потребность рассчитывается по упрощённой формуле (4.26):

$$N_{3B} = N_{ц.3B} = \frac{L_{тр}}{\ell_{13B}} \times \omega, \text{ шт.} \quad (4.26)$$

С целью упрощения расчётов, если оголовочные звенья водопропускной трубы запроектированы конической формы, можно не разделять цилиндрические и конические элементы.

Количество машин или ездов должно быть кратным общей массе перевозимых лекальных блоков. Коэффициент использования транспортных средств должен быть близок к коэффициенту использования крана для предотвращения простоев. Назначенное количество смен должно быть таким же, что и у разгрузочной техники (см. операцию №23).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №22.

23. Разгрузка звеньев трубы краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] для звена трубы аналогично операции №15.

Принятое количество кранов не должно превышать одного для одноочковых труб и двух для многоочковых труб, а разгрузку элементов во втором случае целесообразно организовать с обеих сторон котлована. Следует стремиться увязывать (сближать) коэффициент использования кранов с принятым на операции №22.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько кранов и за какое время будут выполнять операцию №23.

Операции №22...23 обязательно объединяют в одну захватку.

24. Монтаж порталных стенок краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] аналогично операции №15.

Следует помнить, что сначала осуществляют монтаж низовых порталных стенок и лишь по завершении монтажа всего тела трубы приступают к установке порталных стенок на входном оголовке. В этой операции расчёт выполняют на все порталные стенки, а органи-

зация их монтажа с разрывом во времени находит отражение на графике Ганта и плане потока. Полученное время при этом делят пополам между оголовками.

Принятое количество кранов не должно превышать одного.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №24.

25. Монтаж откосных крыльев краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] аналогично операции №15.

Следует помнить, что сначала осуществляют монтаж низовых откосных крыльев и лишь по завершении монтажа всего тела трубы приступают к установке откосных крыльев на входном оголовке. В этой операции расчёт выполняют на все откосные крылья, а организация их монтажа с разрывом во времени находит отражение на графике Ганта и плане потока. Полученное время при этом делят пополам между оголовками.

Принятое количество кранов не должно превышать одного.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №25.

26. Монтаж лекальных блоков краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] аналогично операции №15.

Принятое количество кранов и звеньев не должно превышать одного для одноочковых труб и двух для многоочковых труб, работу которых во втором случае целесообразно организовать с обеих сторон котлована.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №26.

27. Монтаж звеньев трубы краном.

Расчёт выполняют по нормам времени [5], для данной технологии на лекальные блоки, аналогично операции №15.

Принятое количество кранов и звеньев не должно превышать одного для одноочковых труб и двух для многоочковых труб, работу

которых во втором случае целесообразно организовать с обеих сторон котлована.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №27.

28. Заделка и гидроизоляция швов звеньев.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] последовательно для всех трёх указанных видов работ аналогично операции №15.

Объём работ равен суммарной длине швов между звеньями трубы, а также между оголовочными звеньями и порталными стенками.

Длина одного шва определяется по формуле (4.27):

$$\ell_{1\text{шв}} = \pi \cdot d + \delta, \text{ м}, \quad (4.27)$$

где d – внутренний диаметр трубы, м; δ – толщина стенки трубы, м.

Суммарный объём работ определяется по формуле (4.28):

$$\sum \ell_{\text{шв}} = \ell_{1\text{шв}} \cdot n_{\text{шв}}, \text{ м}, \quad (4.28)$$

где $n_{\text{шв}}$ – количество швов, подлежащих гидроизоляции (численно на одно больше количества звеньев трубы между порталными стенками).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько звеньев на каждом процессе и за какое время будут выполнять операцию №28.

29. Доставка цементобетонной смеси для бетонирования пазух многоочковых труб.

Данная операция необходима только при строительстве многоочковых труб.

Цементобетонной смесью заполняют пространство (пазух) между звеньями параллельно уложенных труб для предотвращения их подвижки при засыпке и последующей эксплуатации. Марка смеси не менее М150. На практике такой небольшой объём смеси часто приготавливают на месте. Но при наличии поблизости установки для приготовления укрепленных материалов его доставляют автомобильным транспортом.

Лучше всего принять для доставки цементобетонной смеси автобетоносмеситель [2, 4].

Вычисляют часовую $\Pi_{аб}$ и сменную $\Pi_{аб}^{см} = \Pi_{аб} \cdot T_{см}$ производительности.

Требуемый объём смеси вычисляется по формуле (4.29):

$$V_{ц/б} = 0,5 \cdot L_{тр} \cdot D \cdot \ell_o \cdot K_{з.у}, \text{ м}^3, \quad (4.29)$$

где $L_{тр}$ – длина трубы (расстояние между порталными стенками), м; D – наружный диаметр трубы, м; ℓ_o – расстояние между осями (центрами крайних отверстий) многоочковой водопропускной трубы, м (прил. 5); $K_{з.у}$ – коэффициент запаса на уплотнение (прил. 7).

Количество машин определяется по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества машин в большую сторону $N_{ас}^{пр}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №29.

30. Бетонирование пазух многоочковых труб.

Эта операция нужна при наличии операции №29.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] аналогично операции №15.

Объём работ составляет $V_{ц/б}$.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько звеньев бригад и за какое время будут выполнять операцию №30.

Операции №29...30 обязательно объединяют в одну захватку.

По завершении операции №30 следует предусмотреть технологический перерыв в течение 7 суток для набора бетоном достаточной промежуточной прочности.

31. Устройство обмазочной или оклеечной гидроизоляции.

Расчёт выполняют по нормам времени [5] аналогично операции №15.

Выбор вида гидроизоляции зависит от ряда условий. В первом приближении можно руководствоваться табл. 4.4.

Таблица 4.4

Выбор вида гидроизоляции

Категория дороги	Вид гидроизоляции при диаметре трубы d, м	
	менее 1,5	от 1,5
I	оклеечная мешковиной	оклеечная рубероидом
II		
III	обмазочная	оклеечная мешковиной
IV		

Объём работ с учётом нахлёста полотен материала и перерасхода обмазки определяется по формуле (4.30):

$$S_{\text{гидр}} = 1,3 \cdot L_{\text{тр}} \cdot \ell_{\text{гидр}}, \text{ м}^2, \quad (4.30)$$

где $L_{\text{тр}}$ – длина трубы (расстояние между порталными стенками), м;
 $\ell_{\text{гидр}}$ – окружность гидроизолируемой поверхности, м² ($\ell_{\text{гидр}} \approx \approx 0,75 \cdot \ell_{\text{окр.тр}}$).

Более точно $\ell_{\text{гидр}}$ можно определить в такой последовательности (4.31 – 4.36) с использованием схемы (рис. 4.2):

$$\ell_{\text{гидр}} = \ell_{\text{окр.тр}} - \ell_{\text{окр.л.б}}, \text{ м}, \quad (4.31)$$

где $\ell_{\text{окр.тр}}$ – длина окружности трубы, м

$$\ell_{\text{окр.тр}} = \pi \cdot D, \text{ м}, \quad (4.32)$$

D – наружный диаметр трубы, м; $\ell_{\text{окр.л.б}}$ – длина нижней части окружности трубы, закрываемая лекальным блоком, м.

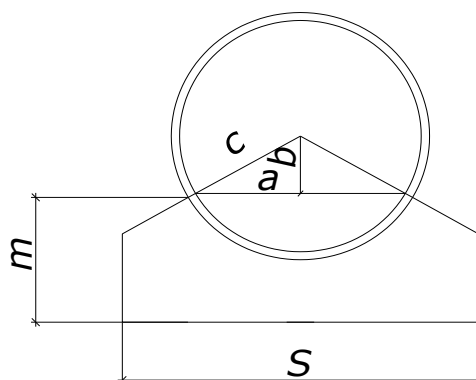


Рис. 4.2. Схема для определения длины окружности трубы под гидроизоляцию

Величину $\ell_{\text{окр.л.б}}$ рассчитывают, используя известную формулу Х. Гюйгенса:

$$\ell_{\text{окр.л.б}} = 2c + 2/3(c - a), \text{ м}, \quad (4.33)$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (4.34)$$

$$a = 0,5 \cdot S - 0,15, \quad (4.35)$$

$$b = m - 0,25. \quad (4.36)$$

Величины S и m приведены в прил. 3.

Следует отметить, что объём работ для одно- и многоочковых труб будет одинаковым, поскольку пространство между звеньями многоочковых труб забетонировано.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько звеньев и за какое время будут выполнять операцию №31.

32. Снятие дорожных плит и их погрузка краном в специализированный транспорт.

Расчёт, количество кранов и смен на выполнение данной операции будут совпадать с полученными в операции №8.

33. Вывоз дорожных плит на специализированном транспорте к месту складирования или использования.

Расчёт, количество машин и смен на выполнение данной операции будут совпадать с полученными в операции №9.

Операции №32...33 обязательно объединяют в одну захватку.

34. Транспортировка грунта автомобильным транспортом для послойной засыпки трубы на высоту 0,5 м выше её поверхности.

Доставку можно осуществлять как автомобилями-самосвалами, так и бортовыми машинами.

Объём работ по обратной засыпки трубы можно определить по формуле (4.37), используя схему (рис. 4.3):

$$V_{\text{зас}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \text{ м}^3, \quad (4.37)$$

где F_j – частные объёмы для фрагментов, обозначенных на рис. 4.3, причём $F_2 = F_3$ и $F_4 = F_5$.

Объём грунта F_1 определяется по формуле (4.38):

$$F_1 = 0,5 \cdot \frac{B'_{\text{з.п}} + L_{\text{тр}}}{2} \times a \cdot K_{\text{o.y}}, \text{ м}^3, \quad (4.38)$$

где $B'_{3.п}$ – ширина земляного полотна после окончания засыпки водопропускной трубы на 0,5 м выше её поверхности, м, определяется по формуле (4.39) или (4.40):

$$B'_{3.п} = B_{3.п} + 2 \cdot m \cdot (h_1 - 0,5), \text{ м}, \quad (4.39)$$

где $B_{3.п}$ – проектная ширина земляного полотна дороги, м; m – заложение откосов насыпи в зоне расположения трубы, м; h_1 – вертикальное расстояние от бровки земляного полотна до поверхности трубы, м

или
$$B'_{3.п} = L_{тр} - m, \text{ м}, \quad (4.40)$$

$L_{тр}$ – длина трубы, м; a – ширина порталных стенок с одной стороны трубы, м (прил. 2); $K_{o.y}$ – коэффициент относительного уплотнения грунта, может быть определён по формуле (4.41):

$$K_{o.y} = \frac{\rho_{ск}^{ст}}{\rho_{ск}^{ест}} \times K_{ст}, \quad (4.41)$$

где $\rho_{ск}^{ст}$ – плотность скелета (сухого) грунта после уплотнения до требуемого значения, г/см³ (прил. 8); $\rho_{ск}^{ест}$ – плотность скелета (сухого) грунта естественного сложения, г/см³ (прил. 8); $K_{ст}$ – коэффициент стандартного уплотнения [1].

Объем грунта $F_2 = F_3$ определяется по формуле (4.42):

$$F_2 = F_3 = (B'_{3.п} + h_{зас} \cdot m) \cdot h_{зас} \times \frac{b_{зас} - a}{2} \cdot K_{o.y}, \text{ м}^3, \quad (4.42)$$

где $h_{зас}$ – высота засыпки трубы, м, определяется по формуле (4.43):

$$h_{зас} = d + \delta + 0,5, \text{ м}, \quad (4.43)$$

где d – внутренний диаметр трубы, м; δ – толщина стенки трубы, м; $b_{зас}$ – ширина засыпки, м (может быть принята для одночковых труб $b_{зас} = 10$ м, двухчковых – 15 м, трёхчковых – 20 м).

Объем грунта $F_4 = F_5$ определяется по формуле (4.44):

$$F_4 = F_5 = (B'_{3.п} + h_{зас} \cdot m) \cdot 5 \cdot h_{зас}^2 \cdot K_{o.y}, \text{ м}^3. \quad (4.44)$$

Количество машин определяется по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества машин в большую сторону $N_{ac}^{пр}$ определяется их коэффициент использования по формуле (4.4).

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №34.

Следует помнить: если грунт из котлована пригоден для засыпки трубы и не подлежал вывозу, то для определения объёма привозного грунта необходимо из общего объёма на засыпку вычесть объём грунта из котлована.

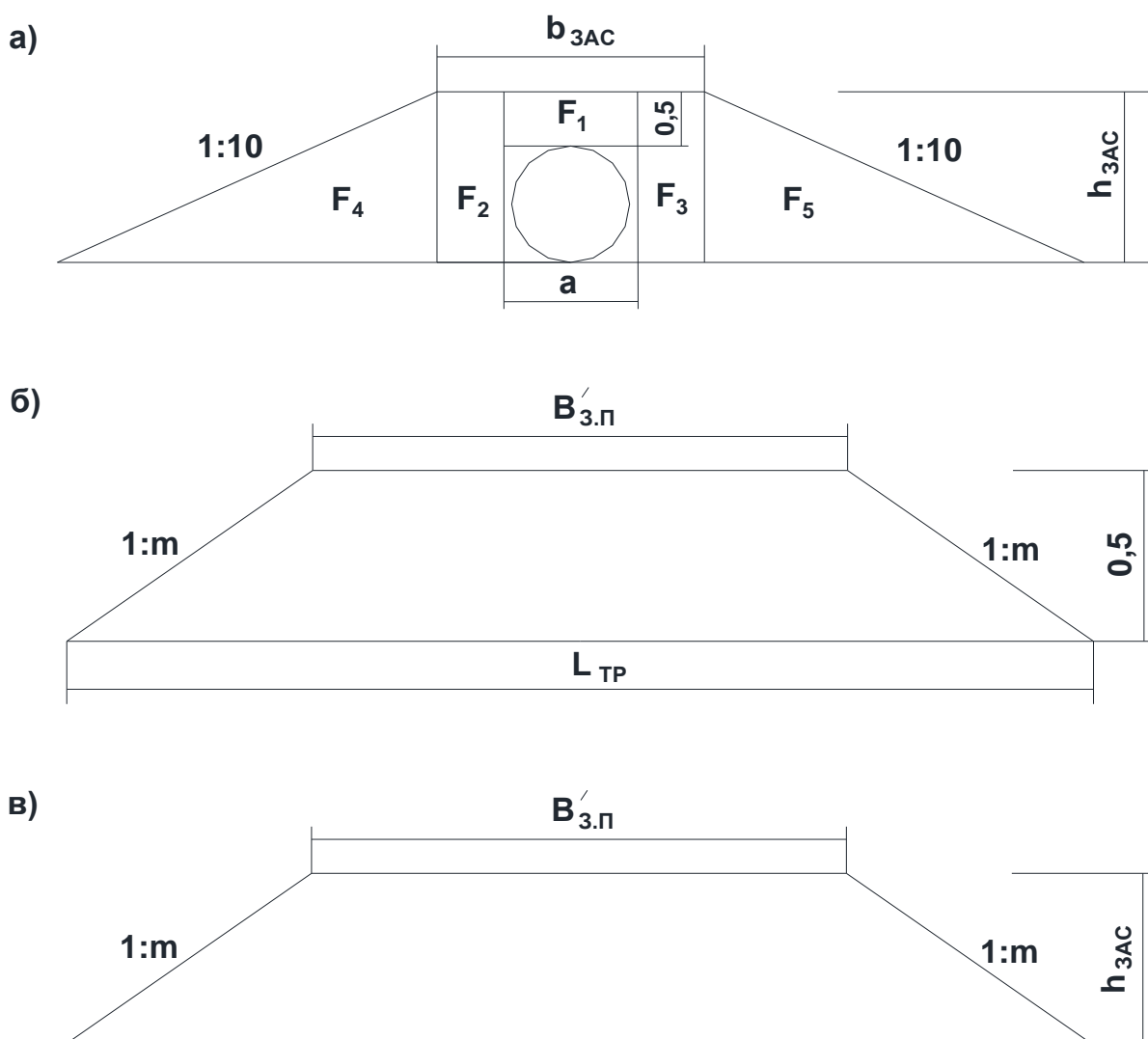


Рис. 4.3. Схема к расчёту объёмов работ на засыпку водопропускной трубы:
а) – общая схема засыпки; б) – вспомогательная схема для расчёта объёма F_1 ;
в) – вспомогательная схема для расчёта объёмов $F_2...F_5$

35. Послойная засыпка грунтом водопропускной трубы бульдозером до отметки на 0,5 м выше её поверхности.

Для разравнивания назначают бульдозер по [2, 4]. В целях унификации техники и оптимизации использования машин целесообразно применять бульдозер той же модели, что и на остальных операциях.

Часовая производительность $\Pi_{б.р}$ рассчитывается по формуле для работ при разравнивании материалов и грунтов. Сменная производительность $\Pi_{б.р}^{см} = \Pi_{б.р} \cdot T_{см}$, м³/см. Общий объём грунта на разравнивании равен $V_{зас}$.

Требуемое количество бульдозеров определяют по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного количества бульдозеров в большую сторону $N_{б.р}^{пр}$ определяется коэффициент использования по формуле (4.4).

Количество рабочих смен должно быть таким же, что и на операции №34.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №35.

36. Уплотнение грунта на засыпке водопропускной трубы катком.

Назначают самоходный каток по [2, 4]. В целях унификации техники и оптимизации использования машин целесообразно применять каток той же модели, что и на остальных операциях по уплотнению.

Вычисляют часовую Π_k и сменную $\Pi_k^{см} = \Pi_k \cdot T_{см}$ производительности. Количество проходов назначают от 8 до 12. Длина прохода соответствует длине трубы. Общий объём грунта на уплотнении равен $V_{зас}$.

Количество катков определяют по аналогии с операцией №2 по формуле (4.7).

После округления полученного значения в большую сторону $N_k^{пр}$ определяется коэффициент использования по формуле (4.4).

Максимальное количество катков не должно превышать двух, а количество рабочих смен должно быть таким же, что и при выполнении операций №34 и 35.

По результатам расчётов записывается вывод, в котором указывается, сколько машин и за какое время будут выполнять операцию №36.

Операции №34...36 обязательно объединяют в одну захватку.

37. Снятие средств ограждения места производства работ.

Расчёт, количество звеньев и смен на выполнение данной операции будут совпадать с результатом в операции №1.

Примерная ленточная сменная диаграмма производства работ (график Ганта) по строительству круглой одноочковой водопропускной трубы из сборных железобетонных малоразмерных колец диаметром 2,0 м и длиной 22 м приведена на рис. 4.4. Продолжительность рабочей смены принята равной 8,2 ч.

Для того чтобы выявить фактическую занятость людей и техники на объекте в течение смены, необходимо:

- вычислить объём работ для всех операций;
- рассчитать для каждой операции сменную производительность бригад;
- найти отношение объёма работ в данной операции к сменной производительности в этой же операции;
- округлить полученное значение в большую сторону до целого; полученное число и будет либо количеством смен, в течение которых выполняется операция, либо количеством единиц техники или количеством бригад, требующихся для выполнения данной операции в течение 1-й смены;
- вычислить коэффициент внутрисменного использования звена $K_{исп.}$ отношением количества бригад или техники, полученного по расчёту, к принятому количеству бригад или техники;
- определить фактическую величину занятости техники или бригад, перемножив коэффициент $K_{исп.}$ на продолжительность рабочей смены $T_{см}$.

5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ

При производстве земляных работ, устройстве оснований и сооружении железобетонных труб следует соблюдать требования сво-
дов правил [6–8].

№ п/п	Наименование операций и машин	Ед. изм.	Объем работ	Обосно- вание	Произво- дитель- ность, ед/см	Требуемое кол-во машин или бригад		Кисп.
						Расчет	Принято	
1	Установка средств ограждения , удаление растительности, мусора, восстановление оси трассы и разбивка оси трубы	м	180	Расчёт	820	0,22	1	0,22
2	Снятие слоя растительного грунта	м ³	195	Расчёт	453,5	0,43	1	0,43
3	Обвалование растительного грунта бульдозером	м ³	234	Расчёт	544	0,43	1	0,43
4	Разработка котлована экскаватором	м ³	300	Расчёт	430	0,70	2 (1*2 см)	0,35
5	Транспортировка дорожных плит	т	55,2	Расчёт	30,3	1,82	4	0,46
6	Укладка дорожных плит краном	т	55,2	Расчёт	166,5	0,33	1	0,33
7	Уплотнение дна котлована катком	м ²	176	Расчёт	1600	0,11	1	0,11
8	Транспортировка ПГС для устройства основания	м ³	224	Расчёт	93,6	2,39	4	0,60
9	Разравнивание ПГС в котловане бульдозером	м ³	224	Расчёт	1070	0,21	1	0,21
10	Уплотнение ПГС катком	м ³	224	Расчёт	320	0,70	1	0,70
11	Транспортировка цементного раствора для устройства стяжки	м ³	8,3	Расчёт	17,6	0,47	1	0,47
12	Устройство верхнего слоя основания толщиной 0,1 м вручную	м ³	8,3	ЕНиР 4-3-177	7,7	1,08	2	0,54
13	Транспортировка лекальных блоков	т	39,9	Расчёт	24	1,66	3	0,55
14	Разгрузка лекальных блоков краном	шт.	21	ЕНиР 4-3-175	68	0,31	1	0,31
15	Транспортировка портальных стенок	т	13,8	Расчёт	24	0,58	1	0,58
16	Разгрузка портальных стенок	шт.	2	ЕНиР 4-3-175	41	0,05	1	0,05

*Рис. 4.4. Ленточная сменная диаграмма производства работ (график Ганта)
по строительству круглой одноочковой водопропускной трубы*

17	Транспортировка звеньев трубы	т	59,4	Расчёт	24	2,48	3	0,83
18	Разгрузка звеньев трубы краном	шт.	22	ЕНиР 4-3-175	68	0,32	1	0,32
19	Транспортировка откосных крыльев	т	32,8	Расчёт	24	1,37	2	0,68
20	Разгрузка откосных крыльев краном	шт.	4	ЕНиР 4-3-175	20,5	0,20	1	0,20
21	Монтаж порталных стенок краном	шт.	2	ЕНиР 4-3-176	10	0,20	1	0,20
22	Монтаж откосных крыльев краном	шт.	4	ЕНиР 4-3-176	11	0,36	1	0,36
23	Монтаж лекальных блоков краном	шт.	21	ЕНиР 4-3-174	17	1,24	⁴ (1*4 см)	0,31
24	Монтаж звеньев трубы краном	шт.	22	ЕНиР 4-3-178	9	2,44	⁴ (1*4 см)	0,61
25	Заделка и гидроизоляция швов звеньев	м	142,4	ЕНиР 4-3-182	91	1,56	² (1*2 см)	0,78
26	Устройство оклеечной гидроизоляции	м ²	160,4	ЕНиР 4-3-185	30,3	5,29	⁶ (3*2 см)	0,88
27	Снятие дорожных плит, их погрузка в автотранспорт	т	55,2	Расчёт	166,5	0,33	1	0,33
28	Транспортировка дорожных плит на ЖБИ	т	55,2	Расчёт	30,3	1,82	4	0,46
29	Транспортировка грунта для послойной засыпки трубы	м ³	1325	Расчёт	93,6	14,2	¹⁸ (9*2 см)	0,79
30	Послойная засыпка трубы до отметки на 0,5 м выше её поверхности бульдозером	м ³	1625	Расчёт	1450	1,12	² (1*2 см)	0,56
31	Уплотнение грунта катком	м ³	1625	Расчёт	575	2,83	⁴ (2*2 см)	0,71
32	Снятие средств ограждения места производства работ	м	180	Расчёт	820	0,22	1	0,22

Рис. 4.4. Продолжение

Состав звена	День 1																День 2															
	1 смена								2 смена								1 смена								2 смена							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Дор. рабочий 5р. - 1 Дор. рабочий 4р. - 1 Дор. рабочий 3р. - 2	1,80																															
Машинист 6р. - 1	3,52																															
Машинист 6р. - 1	3,52																															
Машинист 6р. - 1	2,86								2,86																							
Водители - 4									3,73																							
Такелажники 4р. - 2 Такелажники 3р. - 2 Машинист кр. 6р. - 1									2,72																							
Машинист 6р. - 1									0,90																							
Водители - 4									4,90																							
Машинист 6р. - 1									1,72																							
Машинист 6р. - 1									5,74																							
Водитель - 1																	3,87															
Бетонщики 4р. - 2 Бетонщики 3р. - 4																	4,42															
Водители - 3																	4,54															
Монтажник 4р. - 1 Монтажник 3р. - 1 Машинист кр. 6р. - 1																	2,53															
Водители - 2																	4,72															
Монтажник 4р. - 1 Монтажник 3р. - 1 Машинист кр. 6р. - 1																	0,40															

Рис. 4.4. Продолжение

Водители - 3			6,77	
Монтажник 4р. - 1 Монтажник 3р. - 1 Машинист кр. 6р. - 1			2,65	
Водители - 2				5,60
Монтажник 4р. - 1 Монтажник 3р. - 1 Машинист кр. 6р. - 1				1,60
Монтажники 4р. - 2 Монтажники 3р. - 2 Машинист кр. 6р. - 1				0,82
Монтажники 4р. - 2 Монтажники 3р. - 2 Машинист кр. 6р. - 1				1,49
Монтажник 4р. - 1 Монтажники 3р. - 3 Машинист кр. 6р. - 1				
Монтажники 4р. - 2 Монтажники 3р. - 2 Машинист кр. 6р. - 1				
Монтажник 4р. - 1 Монтажник 3р. - 1 Изолировщик 4р. - 1 Изолировщик 3р. - 1				
Изолировщики 4р. - 3 Изолировщики 3р. - 3 Изолировщики 2р. - 3				
Такелажники 4р. - 2 Такелажники 3р. - 2 Машинист кр. 6р. - 1				
Водители - 4				
Водители - 9				
Машинист 6р. - 1				
Машинист 6р. - 1				
Дор. рабочий 5р. - 1 Дор. рабочий 4р. - 1 Дор. рабочий 3р. - 2				

Рис. 4.4. Продолжение

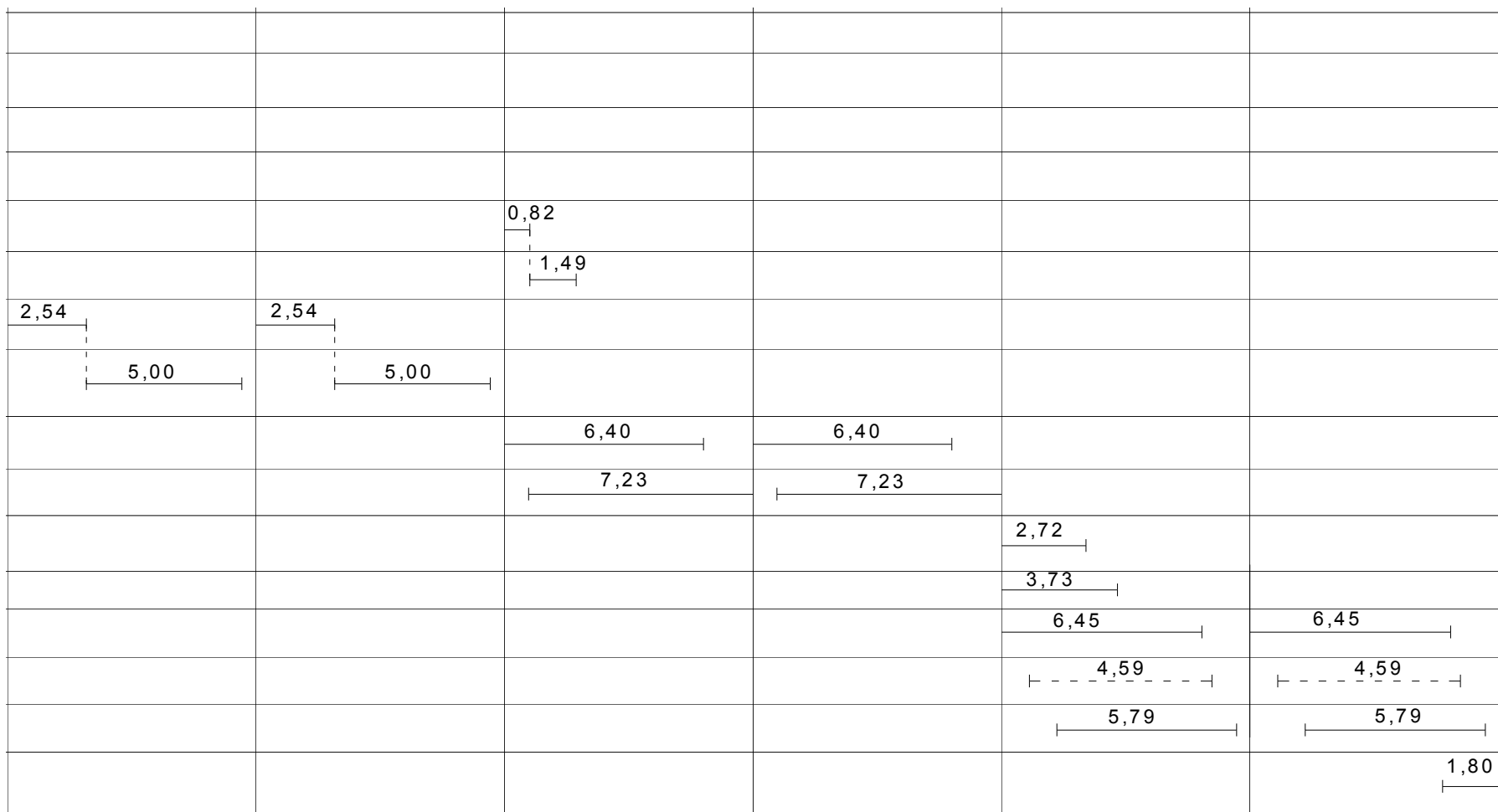


Рис. 4.4. Окончание

Блоки сборных фундаментов под трубы непосредственно после приемки котлована следует устанавливать на основание, выполненное с проектным уклоном и заданным строительным подъемом.

Блоки следует устанавливать посекционно в направлении от выходного к входному оголовку трубы. Каждый блок или ряды блоков в пределах секции следует укладывать в соответствии с проектом и выравнивать по одной из внутренних плоскостей. Блоки необходимо укладывать предварительно очищенными сразу в проектное положение на слой раствора; дополнительный подлив раствора под блок, а также его смещение после схватывания раствора не допускаются. Уступы в рядах по высоте не должны превышать 10 мм.

Скосы в местах сопряжения более глубокой части котлована под фундаменты оголовков с подошвой котлована под тело трубы после кладки фундаментов оголовков должны быть заполнены песчано-гравийной или песчано-щебеночной смесью, послойно уплотненной и пролитой цементным раствором.

Вертикальные швы каждого ряда блоков следует заполнять цементно-песчаным раствором, наружные стороны вертикальных швов заделывать заподлицо с поверхностью прилегающих блоков.

После схватывания раствора из наружных швов следует удалить конопатку и швы заполнить цементно-песчаным раствором.

При монтаже трубы надлежит выполнять следующие требования:

- выходной оголовок следует монтировать до начала установки промежуточных звеньев;

- при укладке цилиндрических звеньев труб необходимо следить, чтобы бетонная подушка обеспечивала под звеньями на установленном в проекте угле охвата плотный контакт с поверхностью звена на всей длине;

- устанавливать прямоугольные и круглые звенья труб с плоской пятой на растворе подвижностью 6–8 см;

Приемку смонтированной трубы до засыпки ее грунтом необходимо оформить актом.

Нормативные требования, которые следует выполнять при строительстве труб и проверять при пооперационном контроле, а также объем и способы контроля приведены в таблице.

Таблица

Технические требования	Контроль	Способ контроля
1. Допускаемые отклонения в положении смонтированных элементов конструкций труб: – уступов в рядах фундаментных блоков по высоте не более 10 мм – длины и ширины секций фундаментов + 2; -1 см – относительное смещение железобетонных и бетонных элементов 10 мм – зазоров между секциями фундаментов и звеньями (от проектной величины) ± 5 мм – продольной оси трубы в профиле и плане (при условии отсутствия участков застоя воды) 30 мм 2. Допускаемая прочность цементно-песчаного раствора: – при укладке блоков фундамента-раствор класса, применяемого по проекту, но не менее В20 – В/Ц – не более 0,65 3. Допускаемая подвижность цементно-песчаного раствора: – для выравнивания основания под нижний ряд блоков и для горизонтальных швов при глубине погружения конуса 6–8 см; – то же, для вертикальных швов – 11–13 см; – то же, для расшивки наружных швов – 2–3 см	Каждого уступа Каждой секции Каждого зазора Каждой трубы Каждой трубы Не менее объема раствора, укладываемого в один фундамент То же « «	Измерительный (измерение линейкой) Измерительный (измерение линейкой) То же « Измерительный (нивелирование и съемки плана) Проверка по ГОСТ 5802-86 То же « «

Примечание. Зазоры между звеньями и секциями фундаментов труб должны быть в одной плоскости.

6. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ

При производстве работ по постройке труб следует руководствоваться действующими нормами и правилами техники безопасности и охраны труда в строительстве по соответствующим видам работ (разработка котлованов, устройство слоёв основания, монтаж сбор-

ных элементов, устройство гидроизоляции и т.д.) [2, 9]. Все рабочие должны быть проинструктированы и обучены работам, которые они должны выполнять. Для проверки знаний по окончании обучения каждый рабочий должен сдать экзамены комиссии, организованной главным инженером строительной организации. Экзамен должен быть оформлен соответствующим протоколом.

Работы по изготовлению сборных элементов, погрузочно-разгрузочные работы и работы по постройке и засыпке труб должны производиться под руководством лиц, ответственных за обеспечение условий проведения этих работ в соответствии с действующими правилами техники безопасности.

При разработке котлована бульдозером запрещается нахождение людей ближе 10 м по направлению движения бульдозера и 5 м по боковым сторонам. При остановках бульдозерный отвал должен быть опущен на землю.

При разработке котлована экскаватором необходимо соблюдать следующие основные правила техники безопасности:

а) в процессе работы запрещается кому бы то ни было находиться под стрелой экскаватора, проводить какие-либо работы со стороны забоя, находиться в радиусе действия экскаватора плюс 5 м;

б) во время перерывов в работе стрелу следует отвести в сторону от забоя, а ковш опустить на грунт; очистку ковша допускается производить только опустив его на землю;

в) во время работы экскаватора запрещается менять вылет стрелы при заполненном ковше, подтягивать при помощи стрелы груз, регулировать тормоза при поднятом ковше, производить ремонтные работы и регулировку узлов;

г) во время перемещения экскаватора стрелу его необходимо устанавливать строго по направлению хода, а ковш приподнимать над землей на 0,5–0,7 м; передвижение экскаватора с нагруженным ковшом запрещается.

Проводить осмотры рыхлителя или ремонтировать его тяговую или подъемную рамы следует только при опущенных на землю рыхлительных зубьях.

При разработке котлованов и строительстве труб в нераскрепленном котловане движение строительных машин и транспортных

средств, а также установка кранов и других нагрузок на бровке котлована разрешается не ближе чем на определенном расчете в проекте производства работ расстоянии от основания откоса в котловане и не ближе, чем указано в таблице. Расчет расстояния от основания откоса в котловане до нагрузки, расположенной на бровке, должен производиться с учетом глубины котлована, вида грунта, массы нагрузки и условий ее воздействия на грунт. При напластовании различных видов грунта расчет ведется с использованием характеристик наименее устойчивого грунта.

Таблица

Глубина котлована, м	Расстояние, м, от основания откоса в котловане до нагрузки, расположенной у бровки котлована, при грунте (ненасыпном)				
	песчаном и гравийном	супесчаном	суглинистом	глинистом	лессовом сухом
1	1,5	1,25	1,0	1,0	1,0
2	3,0	2,4	2,0	1,5	2,0
3	4,0	3,6	3,25	1,75	2,5
4	5,0	4,4	4,0	3,0	3,0
5	6,0	5,3	4,75	3,5	3,5

При перевозке блоков элементов труб автотранспортом необходимо обеспечивать равномерную передачу массы груза на рессоры. Элементы должны быть надежно раскреплены во избежание их смещения при перевозке.

В случае перекатки круглых звеньев по горизонтальной поверхности рабочие должны находиться только сзади звена (по направлению перекатки). Перекачивать звенья по наклонной поверхности категорически запрещается.

Запрещается монтаж сборных конструкций в котлованах, имеющих внутреннее распорное крепление стенок.

Запрещается поднимать краном элементы, засыпанные грунтом или снегом, неправильно уложенные на раствор, а также примерзшие к земле. В этих случаях необходимо расчистить элемент и обеспечить возможность свободного подъема его краном. Для проверки этого следует приподнять элемент с одной стороны рычагом, клином или домкратом.

Во всех случаях подъема элементов грузовой полиспаст должен занимать вертикальное положение. Подтягивание элементов крюком крана запрещается.

Перед подъемом любого элемента к нему должны быть прикреплены две оттяжки из пенькового каната диаметром не менее 12 мм и длиной 10 м, с помощью которых поднятый элемент может поворачиваться в плане. При опускании элемента направлять и поворачивать его руками запрещается. Горизонтальное перемещение поднятого элемента при помощи оттяжек запрещается. Во время вертикального и горизонтального перемещения элемента запрещается нахождение людей под стрелой крана и в зоне ее поворота плюс 5 м. Подходить к элементу для его точной установки на место разрешается только после того, как зазор между нижней поверхностью элемента и местом установки его не будет превышать 10 см. Точная центровка элемента перед установкой на место должна производиться на весу при помощи ломиков. Свободный конец ломика при этом не должен находиться против рабочего.

Запрещается оставлять блоки открылков оголовков до засыпки их незакрепленными оттяжками или подкосами.

При варке битумной мастики в котле заполнение его допускается не более, чем на $\frac{3}{4}$ объема. Запрещается загружать в котел влажные материалы.

При возгорании битума в котле следует плотно закрыть горловины крышкой и заглушить топку. Запрещается заливать горящий битум водой. Его следует тушить только сухим песком и огнетушителями.

При ожоге битумом нужно смыть его соляровым маслом, а затем сделать примочку из 96 % этилового спирта.

Чистку битумных котлов разрешается производить только после их полного остывания при обязательном использовании предохранительных очков и брезентовых костюмов.

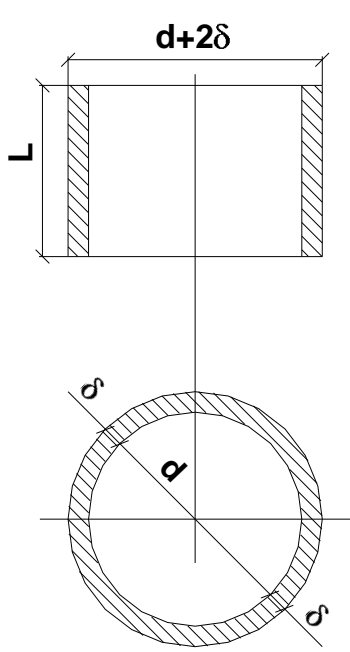
При уплотнении грунта засыпки труб с помощью катков не допускается нахождение людей ближе 10 м по направлению движения катка и 5 м в боковую сторону. При применении дизель-трамбовочной машины запрещается нахождение людей в радиусе 5м от машины.

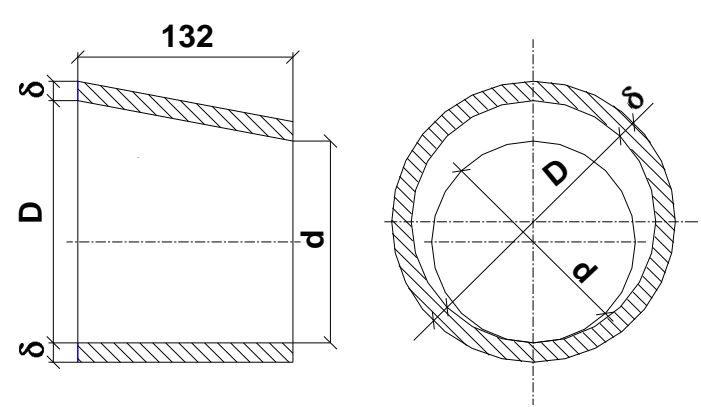
При изготовлении элементов и постройке труб необходимо соблюдать противопожарные нормы и правила пожарной безопасности.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

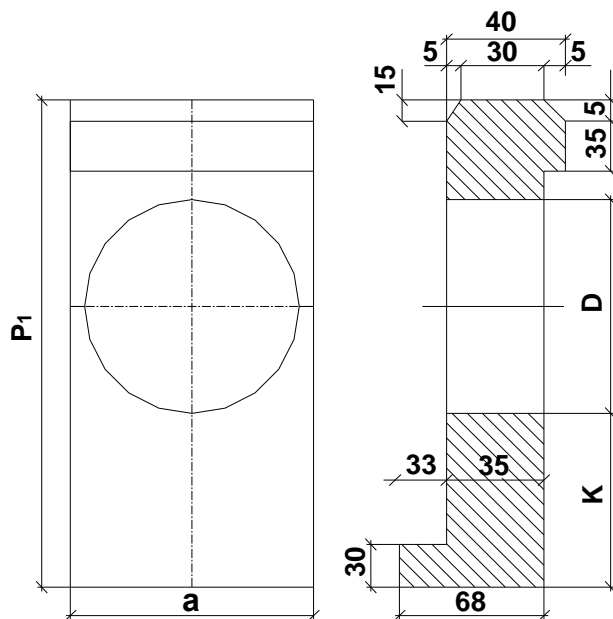
Типовые конструкции звеньев труб из малоразмерных колец

<p>Цилиндрические звенья для средней части трубы и оголовочных звеньев</p> 	Номер блока	d, см	δ, см	l, см
	12	100	10	100
	12 ^а		10	150
	13		12	100
	13 ^а		12	150
	14	125	12	100
	14 ^а		12	150
	15		14	100
	15 ^а		14	150
	76		18	100
	76 ^а		18	150
	16	150	14	100
	16 ^а		14	150
	17		16	100
	17 ^а		16	150
	71		22	100
	71 ^а		22	150
	72	200	16	100
72 ^а	16		150	
73	20		100	
73 ^а	20		150	
74	24		100	
74 ^а	24		150	

<p>Конические оголовочные звенья</p> 				
Номер блока	d, см	D, см	δ, см	
27	100	120	10	
28	125	150	12	
29	150	180	14	
76	200	240	16	

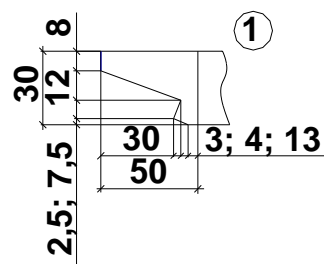
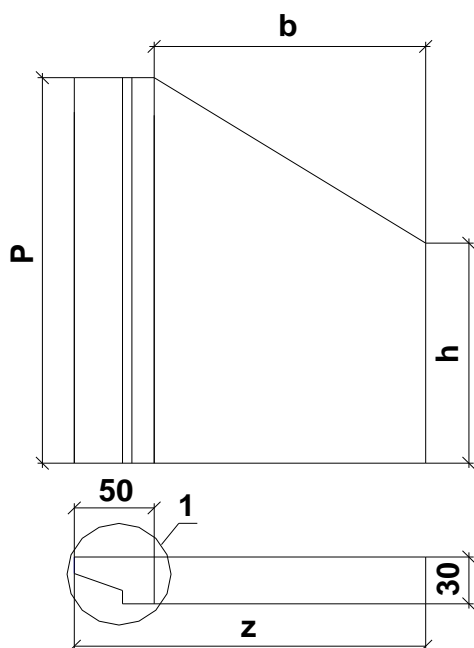
**Типовые конструкции порталных стенок и откосных крыльев
для труб из малоразмерных колец**

Портальные стенки



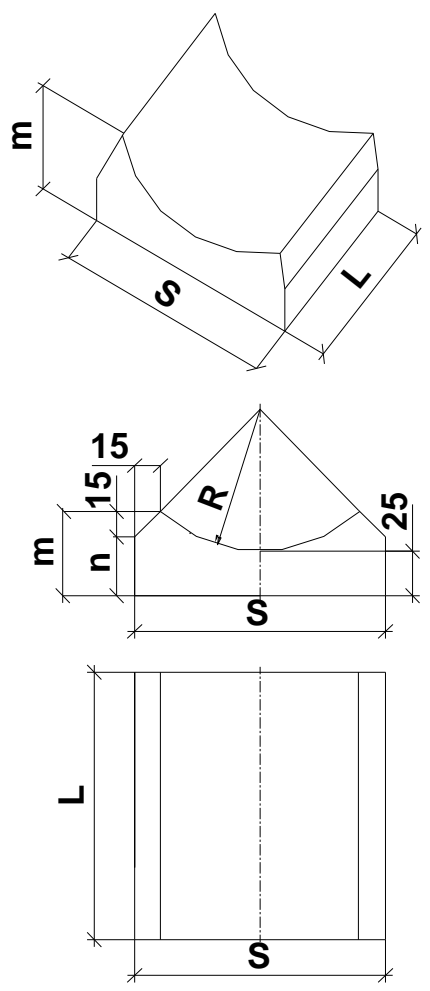
Номер блока	a, см	P ₁ , см	K, см
35	142	293	122
36	176	325	122
37	210	357	122
77	274	420	124

Откосные крылья



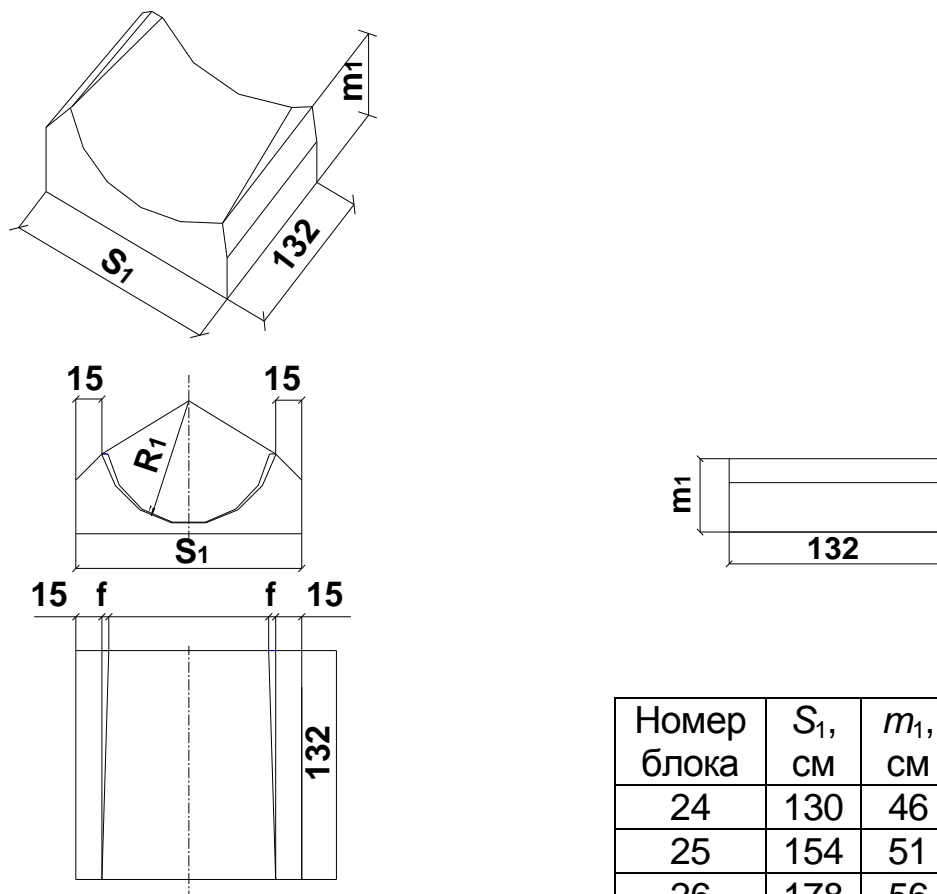
Номер блока	z, см	b, см	P, см	h, см
39 ПЛ	220	170	247	141
40 ПЛ	270	220	279	141
41 ПЛ	322	272	311	141
78 ПЛ	290	240	374	223
79 ПЛ	143	128	230	143

**Типовые конструкции лекальных блоков фундамента
для труб из малоразмерных колец**

Под цилиндрические звенья	Номер блока	d , см	L , см	S , см	m , см	n , см	R , см
	4	100	201	119	43	28	63
	4 ^a		99				
	5		150				
	6	125	201	139	48	33	77
	6 ^a		99				
	7		150				
	60		201	145	49	34	82
	60 ^a		99				
	61		150				
	8	150	201	160	52	37	92
	8 ^a		99				
	9		150				
	62		201	168	54	39	98
	62 ^a		99				
	63		150				
	64	200	201	195	59	44	117
	64 ^a		99				
	65		150				
	66		201	201	61	47	121
	66 ^a		99				
	67		150				
	68		201	207	62	47	125
	68 ^a		99				
	69		150				

Типовые конструкции лекальных блоков фундамента

Под конические
оголовочные звенья



Номер блока	S_1 , см	m_1 , см	R_1 , см	f , см
24	130	46	71	4
25	154	51	88	5
26	178	56	105	5
75	224	66	137	8

Сводная таблица применения типовых конструкций для различных диаметров
водопропускных труб из малоразмерных колец

Отверстие трубы, см	Высота насыпи, м	Номера					
		цилиндри- ческих звеньев	лекальных блоков фундамен- та под ци- линдриче- ские звенья	конических оголовков	лекальных блоков фундамен- та под ко- нические звенья	портальных стенок	откосных крыльев
100	До 4,0 4,1...7,0	12; 12 ^а 13; 13 ^а	4; 4 ^а ; 5	27	24	35	39 ПЛ
125	До 4,0 4,1...8,0 8,1...20,0	14; 14 ^а 15; 15 ^а 76; 76 ^а	6; 6 ^а ; 7 6; 6 ^а ; 7 60; 60 ^а ; 61	28	25	36	40 ПЛ
150	До 4,5 4,6...9,0 9,1...20,0	16; 16 ^а 17; 17 ^а 71; 71 ^а	8; 8 ^а ; 9 8; 8 ^а ; 9 62; 62 ^а ; 63	29	26	37	41 ПЛ
200	До 5,0 5,1...9,0 9,1...20,0	72; 72 ^а 73; 73 ^а 74; 74 ^а	64; 64 ^а ; 65 66; 66 ^а ; 67 68; 68 ^а ; 69	76	75	77	78 ПЛ + 79 ПЛ

Размеры укреплений русел и откосов насыпи
для водопропускных труб из малоразмерных колец

Отверстие трубы, см	Расстояние между осями, м	Размеры укреплений					
		на входе			на выходе		
		Укрепление русла		Ширина ук- репления откосов	Укрепление русла		Ширина ук- репления откосов
		Длина	Ширина		Длина	Ширина	
1,0x1	–	2,0	6,0	3,5	2,0	6,5	4,0
1,0x2	1,44	2,0	8,0	4,0	2,0	10,0	5,0
1,25x1	–	2,5	7,0	4,0	2,5	8,0	5,0
1,25x2	1,78	2,5	9,0	6,0	2,5	11,5	7,0
1,5x1	–	3,0	9,0	3,5	3,0	9,0	5,0
1,5x2	2,12	3,0	10,0	6,0	3,0	13,0	7,0
2,0x1	–	3,5	9,0	5,0	4,0	10,5	6,0
2,0x2	2,76	3,5	12,0	8,0	4,0	15,5	9,0

Приложение 6

Объём и масса стандартных блоков сборных водопропускных труб
с центральными звеньями из малоразмерных колец

Номер блока	Объём, м ³	Масса, т	Номер блока	Объём, м ³	Масса, т
4	0,76	1,9	39 ПЛ	1,24	3,1
4 ^а	0,38	1,0	40 ПЛ	1,67	4,2
5	0,57	1,4	41 ПЛ	2,16	5,4
6	0,96	2,4	60	1,0	2,5
6 ^а	0,48	1,2	60 ^а	0,5	1,3
7	0,72	1,8	61	0,75	1,9
8	1,15	2,9	62	1,24	3,1
8 ^а	0,57	1,4	62 ^а	0,62	1,6
9	0,86	2,2	63	0,93	2,3
12	0,35	0,9	64	1,48	3,7
12 ^а	0,52	1,3	64 ^а	0,74	1,9
14	0,52	1,3	65	1,11	2,8
14 ^а	0,78	2,0	66	1,58	3,9
15	0,61	1,5	66 ^а	0,79	2,0
15 ^а	0,91	2,3	67	1,19	3,0
16	0,72	1,8	68	1,62	4,0
16 ^а	1,08	2,7	68 ^а	0,81	2,0
17	0,84	2,1	69	1,22	3,05
17 ^а	1,26	3,2	71	1,19	3,0
24	0,58	1,5	71 ^а	1,79	4,5
25	0,80	2,0	72	1,09	2,7
26	0,87	2,2	72 ^а	1,64	4,1
27	0,50	1,3	73	1,38	3,5
28	0,74	1,9	73 ^а	2,07	5,3
29	1,04	2,6	74	1,59	4,2
35	1,20	3,0	74 ^а	2,54	6,3
36	1,57	4,0	75	1,18	3,0
37	1,97	4,9	76	1,55	3,9
			77	2,77	6,9
			78 ПЛ	2,48	6,2
			79 ПЛ	0,78	2,0

Приложение 7

Насыпная плотность ρ и коэффициент запаса
на уплотнение $K_{з.у}$ дорожно-строительных материалов

Материал	ρ , т/м ³ или г/см ³	$K_{з.у}$
Щебень изверженных пород	1,4...1,5	1,25...1,30
Щебень осадочных пород	1,2...1,3	
Гравийный материал	1,3...1,4	1,25...1,3
Шлак металлургический	1,4...1,6	1,3
Шлак котельный	0,7	1,5
Грунт, укрепленный органическим, неорганическим или комплексным вяжущим	1,4...1,6	1,25
Щебень, обработанный цементом или органическим вяжущим; укатываемая бетонная смесь	1,7...1,9	1,20...1,25
Цементобетонная смесь	1,9...2,05	1,15
Асфальтобетонная смесь	1,65...1,90	1,25...1,30

Приложение 8

Плотность скелета песка в насыпном состоянии $\rho_{ск}^H$

при стандартном уплотнении $\rho_{ск}^{ст}$ и оптимальная влажность песков W

Наименование песка	$\rho_{ск}^H$, т/м ³ или г/см ³	$\rho_{ск}^{ст}$, т/м ³ или г/см ³	W , %
Крупный и гравелистый	1,29...1,41	1,74...1,78	6
Средней крупности	1,34...1,37	1,74...1,78	8
Мелкий	1,17...1,20	1,65...1,69	10
Очень мелкий	1,18...1,25	1,68...1,72	11

Примечание. Плотность влажного песка ρ_w определяют по формуле

$$\rho_w = \rho_{ск} \cdot (1 + W), \text{ т/м}^3,$$

где $\rho_{ск}$ – плотность скелета песка, т/м³; W – влажность песка в долях единицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85. 2013. – 112 с.
2. Яковлев, Ю.М. Строительство водопропускных труб на автомобильных дорогах: учеб. пособие / Ю.М. Яковлев, М.Г. Горячев. – М.: МАДИ, 2011. – 160 с.
3. Справочник по климату СССР. – М.: Гидрометиздат, 1964.
4. Горячев, М.Г. Средства дорожной механизации для строительства и эксплуатации городских улиц и автомобильных дорог / М.Г. Горячев, С.В. Лугов. – М.: МАДИ, 2013. – 79 с.
5. ЕНИР. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций: вып. 3. Мосты и трубы. – М.: Госстрой СССР, 1988.
6. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. 2012. – 114 с.
7. СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. 2012. – 123 с.
8. СП 46.13330.2012. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91. 2012. – 128 с.
9. Шариков, Л.П. Охрана труда в малом бизнесе. Строительство и ремонт дорог: практич. пособие / Л.П. Шариков. – М.: Альфа-Пресс, 2009. – 319 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания	3
1. Краткая характеристика строящегося объекта	5
2. Разработка конструктивной схемы водопропускной трубы и определение объёмов работ по её строительству	5
3. Организация строительной площадки при устройстве водопропускной трубы	9
4. Разработка технологии строительства водопропускной трубы, выбор машин и оборудования для производства работ и определение их количества	14
5. Контроль качества строительства водопропускной трубы	40
6. Производственная безопасность при устройстве водопропускной трубы	48
Приложения	52
Приложение 1	52
Приложение 2	53
Приложение 3	54
Приложение 4	56
Приложение 5	57
Приложение 6	58
Приложение 7	59
Приложение 8	59
Список литературы	60