ОДМ 218.3.083-2016

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СПОСОБАМ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБ ДОРОЖНЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН: Обществом с ограниченной ответственностью «Центр Дорпроект», совместно с Московским государственным университетом путей сообщения (МИИТ). Авторы разработки д.т.н. Кузахметова Э.К., к.т.н. Шмелев В.А., к.т.н. Титов Е.Ю., к.т.н. Кириллова Н.Ю., к.т.н. Заикина Л.Л.

2 ВНЕСЕН: Управлением проектирования и строительства автомобильных дорог, Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения Федерального дорожного агентства Министерства Транспорта РФ

3 ПРИНЯТ распоряжением Федерального дорожного агентства от 15.02.2017 г. № 255-р

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Издательство ФГУП «Информавтодор», 2016 г.

Содержание

1 Область применения..... 1

2 Нормативные ссылки..... 1

3 Термины, определения, обозначения и сокращения..... 4

4 Общие положения..... 6

5 Требования к выполнению геодезических и геологических работ..... 8

5.1 Требования к выполнению геодезических работ..... 8

5.2 Требования к выполнению геологических работ..... 15

6 Требования к выполнению технологических расчетов..... 20

6.1 Требования к составу и оформлению проектной документации и ППР..... 20

6.2 Основные положения проектирования и выполнения технологических расчетов..... 22

7 Требования к применяемым материалам, изделиям и оборудованию. 26

7.1 Требования к применяемым материалам и изделиям..... 26

7.2 Требования к оборудованию..... 35

8 Порядок производства работ по бестраншейной прокладке водопропускных труб..... 40

8.1 Подготовительные работы..... 40

8.2 Прокладка труб методом шнекового бурения..... 46

8.3 Прокладка труб методом микротоннелирования..... 48

8.4 Прокладка труб методом щитовой проходки..... 50

8.5 Прокладка труб методом продавливания..... 55

8.6 Устройство водопропускных сооружений под защитой экрана из труб..... 59

8.7 Особенности выполнения работ с применением железобетонных, металлических труб, а также труб из полимерных и композитных материалов..... 64

8.8 Устройство оголовков, укрепительные и планировочные работы. 68

9 Требования к контролю и приемке работ..... 71
9.1 Входной контроль материалов и изделий..... 71
9.2 Операционный контроль работ..... 73
9.3 Оценка соответствия выполненных работ..... 75
10 Мероприятия по охране труда и безопасности работ..... 77
Приложение А. Рекомендуемое число и глубина скважин, необходимых для бестраншейной прокладки водопропускных труб..... 80
Приложение Б. Методика расчета усилия продавливания труб..... 81
Приложение В. Расчет давления грунта на подземные трубопроводы при бестраншейной прокладке..... 83
Приложение Г. Расчет конструкции упора..... 86
Приложение Д. Сортамент стеклопластиковых труб для бестраншейной прокладки..... 88
Библиография..... 93

Методические рекомендации по способам бестраншейной прокладки труб дорожных водопропускных

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ распространяется на проектирование, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт дорожных водопропускных труб и устанавливает рекомендации по способам бестраншейной прокладки труб.

1.2 Настоящий методический документ содержит требования к выполнению геодезических и геологических работ, выполнению технологических расчетов, к применяемым материалам, изделиям и оборудованию, к порядку производства работ, включая применение железобетонных, металлических труб, а также труб из полимерных и композитных материалов, к контролю и приемке работ, основанные на требованиях Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог», расчетах прочности и несущей способности конструкций под нагрузками. Документ направлен на безопасное выполнение работ методами шнекового бурения, микротоннелирования, щитовой проходки, продавливания, устройства водопропускных сооружений под защитой экрана из труб.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ТР ТС 014/2011 Технический регламент Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог». Утвержден Решением Комиссии

Таможенного союза от 18 октября 2011г. № 827

ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

ГОСТ 8696-74 Трубы стальные электросварные со спиральным швом общего назначения. Технические условия

ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент

ГОСТ 10705-80 Трубы стальные электросварные. Технические условия

ГОСТ 10706-76 Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования

ГОСТ 13015-2012 Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения.

ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия

ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

ГОСТ 21924.0-84 Плиты железобетонные для покрытий городских дорог. Технические условия

ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля

ГОСТ 24547-81 Звенья железобетонные водопропускных труб под насыпями автомобильных и железных дорог. Общие технические условия

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 32731-2014 Дороги автомобильные общего пользования.

Требования к проведению строительного контроля

ГОСТ 32755-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению приемки в эксплуатацию выполненных работ

ГОСТ 32756-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению промежуточной приемки выполненных работ

ГОСТ 32847-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению экологических изысканий

ГОСТ 32867-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Организация строительства. Общие требования

ГОСТ 32868-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-геологических изысканий

ГОСТ 32869-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий

ГОСТ 32871-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные. Технические требования

ГОСТ 33063-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов

ГОСТ 33100-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог

ГОСТ 33177-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению гидрологических изысканий

ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации

ГОСТ Р ИСО 10467-2013 Трубопроводы из армированных стекловолокном термореактопластов на основе ненасыщенных полиэфирных смол для напорной и безнапорной канализации и дренажа. Общие технические требования.

ГОСТ Р 50838-2009 Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия

ГОСТ 31448-2012 Трубы стальные с защитными наружными покрытиями

для магистральных газонефтепроводов. Технические условия

ГОСТ Р 54475-2011 Трубы полимерные со структурированной стенкой и фасонные части к ним для систем наружной канализации. Технические условия

Примечание – При пользовании настоящим методическим документом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов, составленных по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем методическом документе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **шнековое бурение:** Вращательное бурение, при котором разрушенная порода доставляется из скважины на поверхность шнеком (бурильной трубой с навитой на ней лентой).

3.1.2 **микротоннелирование:** Процесс создания подземных выработок и коммуникаций ограниченного диаметра (от 200 до 2000 мм) механизированными управляемыми установками без присутствия людей в забое.

3.1.3 **микротоннелепроходческий комплекс** (МТПК): Комплект оборудования, предназначенный для микротоннелирования.

Примечание – МТПК состоит из щитовой микромашины (ЩММ), прицепных элементов, системы удаления грунта, стандартных шлангов и кабелей, домкратной станции и системы управления.

Имеются три основных типа МТПК:

- МТПК-г с гидротранспортом грунта;
- МТПК-п с пневмотранспортом грунта;
- МТПК-ш со шнековым транспортом грунта.

3.1.4 **щитовая проходка:** Способ строительства горных выработок с помощью проходческого щита.

3.1.5 **проходческий щит:** временная передвижная металлическая призабойная крепь, под защитой которой проводятся основные процессы проходческого цикла.

3.1.5 **защитный экран из труб:** Конструкция, предназначенная для предупреждения и минимизации деформаций и просадок поверхности в период строительства водопропускных труб.

3.1.6 **бентонит:** Коллоидная глина, состоящая в основном из минералов группы монтмориллонита, имеющая выраженные сорбционные свойства и высокую пластичность.

3.1.7 **бентонитовая суспензия:** Смесь глинистых частиц с водой при крупности частиц твердого вещества более 0,2 мкм.

3.1.8 **бестраншейная прокладка** (труб): общее название для всех бестраншейных (закрытых) методов производства работ по подземной прокладке различных коммуникаций.

Примечание – Самыми распространенными методами закрытой прокладки являются:

- горизонтально направленное бурение;
- продавливание стальных футляров;
- бурошнековое бурение;
- метод управляемого прокола под дорогами;
- микротоннелирование.

3.1.9 **обслуживающие процессы:** Работы и процессы, сопровождающие сооружение подземных выработок и влияющие на их сметную стоимость (вертикальный и горизонтальный транспорт, маркшейдерские работы, освещение, вентиляция и водоотлив в подземных выработках и т.п.).

3.1.10 **промышленная безопасность:** Состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий, в том числе при работах в подземных условиях.

3.2 В настоящем методическом документе применяются следующие обозначения и сокращения:

СРНС: Спутниковые радионавигационные системы.

ПСО: Постоянное съемочное обоснование.

ЛГП: Лазерный геодезический прибор.

$\varphi_г$ – угол внутреннего трения слабого грунта, град.;

$c_г$ – сцепление слабого грунта, кПа;

$\varphi_с$ – угол внутреннего трения заполнителя текстильно-песчаной сваи, град.;

$\gamma_г$ – удельный вес слабого грунта, кПа;

ППР: Проект производства работ.

ПОС: Проект организации строительства.

SN: Кольцевая жесткость труб (композитных).

EPDM: Этилен-пропилендиеновый полимер.

SBR: Стиролбутадиеновая резина.

БШМ: Установка горизонтального шнекового бурения.

МТПК: Микротоннелепроходческий комплекс.

ЩММ: Микрощитовая машина.

ПНД: Полиэтилен низкого давления.

ОДМ: Отраслевой методический документ (Росавтодора).

4 Общие положения

4.1 Положения настоящего документа должны соблюдаться при проектировании и производстве работ по бестраншейной прокладке водопропускных труб с применением следующих способов подземных работ:

- прокладка труб методом шнекового бурения;
- прокладка труб методом микротоннелирования;
- прокладка труб методом щитовой проходки;
- прокладка труб методом продавливания;

- устройство водопропускных труб под защитой экрана из труб.

Настоящий документ предусматривает выполнение работ с применением труб из различных материалов, в том числе:

- металлических (стальных) труб;

- железобетонных труб;

- труб из композиционных и полимерных материалов.

Настоящим документом предусматривается прокладка водопропускных труб круглого сечения диаметром от 0,5 до 3,6 м, а также труб произвольного сечения и размеров отверстия, сооружаемых под защитой экрана из труб.

4.2 Бестраншейную прокладку следует применять для устройства вновь проектируемых и строящихся водопропускных труб под дорожными насыпями, а также реконструкции существующих труб в целях сокращения или исключения открытого способа работ, связанного с нарушением земляного полотна и дорожного покрытия, ограничением движения транспорта.

4.3 Способ прокладки следует выбирать исходя из области применения и технических характеристик технологического оборудования и в зависимости от инженерно-геологических условий участка работ, расчетного внутреннего диаметра и длины водопропускной трубы, её конструкции и требований эксплуатации.

При устройстве водопропускных труб должны реализовываться конструктивные, технологические и организационные решения, обеспечивающие наименьшее вмешательство в окружающую среду и возможное сокращение сроков строительства.

5 Требования к выполнению геодезических и геологических работ

5.1 Требования к выполнению геодезических работ

Геодезические работы при бестраншейной прокладке водопропускных труб состоят из топографо-геодезических изысканий и геодезического обеспечения работ.

Топрографо-геодезические изыскания в соответствии с ГОСТ 32869 должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов о рельефе местности, существующих подземных и надземных сооружениях, элементах планировки поверхности, необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства при проектировании. Результаты инженерно-геодезических изысканий для разработки проекта представляются в виде технического отчета в соответствии с требованиями ГОСТ 32869.

Геодезическое обеспечение бестраншейной прокладки водопропускных труб на автодороге можно разделить на три этапа [1]:

- создание геодезической основы;
- разбивочные работы и сопровождение строительства;
- исполнительная съемка.

5.1.1 Создание геодезической основы

В качестве опорной геодезической сети, служат пункты государственной геодезической сети. Плановое съемочное обоснование создается на основе геодезических сетей или в качестве самостоятельной основы и представляет собой систему линейно-угловых ходов или координатную сеть, построенную с применением СРНС, по точности удовлетворяющую требованиям съемок в масштабе 1:500. Линейно-угловые ходы должны опираться на пункты опорной сети с точностью не ниже

1:2000. На территории до 2,5 км^2 линейно-угловые ходы являются самостоятельной опорной сетью.

Линейно-угловые ходы прокладывают учетом удобства выполнения разбивочных работ с пунктов хода и обеспечения их максимальной сохранности. Если линейно-угловые ходы являются самостоятельной опорной сетью, пятая часть пунктов закрепляется центрами типа полигонометрии либо забетонированными трубами. На застроенной территории, где это оказывается возможным, следует закладывать стенные знаки. На заложенные знаки составляют альбом их привязок к местным предметам.

При выполнении геодезических работ на застроенной территории рекомендуется создавать постоянное съемочное обоснование (ПСО). Точками ПСО могут служить элементы капитальных зданий и сооружений, а также центры крышек колодцев, расположенных на тротуаре или непосредственно у бортового камня, но так, чтобы между ними была взаимная видимость.

Создание ПСО способствует улучшению технологии геодезических работ по выносу в натуру проектов линейных сооружений за счет исключения повторного прокладывания линейно-угловые ходов при исполнительной съемке водопропускных труб. Характеристики геодезических приборов, применяемых для создания съемочного обоснования и способы их использования должны обеспечивать точность, соответствующую съемки масштаба 1/500.

Высотной основой для перенесения в натуру проектов водопропускных труб являются грунтовые и стенные реперы II, III и IV классов. Высотное геодезическое обоснование на участках строительства создается путем проложения системы нивелирных ходов (отдельных ходов, системы ходов и замкнутых полигонов), опирающихся на марки и реперы II, III и IV классов. Высоты пунктов планового съемочного обоснования определяются техническим нивелированием.

Схема и точность создания высотного геодезического обоснования зависят от характера прокладываемых коммуникаций (коллекторы, тоннели, самотечные сети), наличия в районе работ пунктов государственной сети нивелирования, наличия капитальных сооружений и других факторов. При отсутствии в районе работ государственной сети прокладывают ходы нивелирования IV класса.

5.1.2 Разбивочные работы

Для построения в натуре оси водопропускной трубы составляется разбивочный чертеж, на котором показываются оси и размеры проектируемого сооружения, пункты опорной сети (включая точки теодолитного хода) и элементы привязки трассы к существующей застройке или пунктам опорной сети. Разбивочный чертеж для отдельного сооружения составляется на основе генерального плана и продольного профиля сооружения. На этот чертеж наносятся ближайшие пункты геодезического разбивочного обоснования, относительно которых указывается положение выносимого в натуру участка дороги с водопропускной трубой, коммуникации с углами поворота трассы, пикетами, колодцами. Около узловых точек на чертеже выписываются их координаты, а между точками - расстояния. Вынос в натуру проектов водопропускных труб выполняется относительно пунктов геодезического обоснования на участке строительства путем отложения на местности проектных значений углов, длин линий и превышений.

Для определения положения на местности выносимых точек используют следующие способы:

- полярный, с контролем от ближайшей вынесенной в натуру точки;
- линейных засечек;
- створных засечек;
- способ перпендикуляров;
- с применением геодезической СРНС-аппаратуры.

В зависимости от конкретных условий проходка может осуществляться следующими способами:

- продавливанием с выемкой грунта;
- продавливанием без выемки грунта;
- горизонтальным бурением;
- щитовой проходкой и др.

Во всех указанных случаях определяются точки входа и выхода трубы в насыпи. Между этими точками вычисляются расстояние и данные для задания направления и уклона механизма, осуществляющего проходку.

Задание направления проходки и уклона может осуществляться лазерными геодезическими приборами (ЛГП) к которым относятся лазерные теодолиты, лазерные нивелиры, лазерные визиры – задатчики направления.

Построение линии заданного уклона может быть выполнено следующими способами:

а) с использованием лазерного теодолита.

По проектному уклону находят соответствующий этому уклону угол. Устанавливают лазерный теодолит в начальной точке линии, приводят его в рабочее положение и при необходимости определяют место нуля вертикального круга. Зная заданный (проектный) угол наклона и место нуля, рассчитывают установочный отсчет по вертикальному кругу. Излучателю придают такой наклон, при котором отсчет по вертикальному кругу равен отсчету, рассчитанному при пузырьке уровня при вертикальном круге, приведенном в нуль-пункт. При этом пучок излучения создаст в пространстве опорную линию, параллельную проектной.

б) с использованием лазерного нивелира.

Отметки точек линии выносят в натуру методом геометрического нивелирования и закрепляют кольями, забиваемыми на такую глубину, чтобы верх кольев был на заданных отметках. Затем в створе линии устанавливают лазерный прибор и наклоняют излучатель в такое положение, при котором отсчеты в центре пятна по рейкам, установленным на забитых в

концах линии кольях, будут одинаковыми. При этом пучок излучения обозначит опорную линию, параллельную проектной. После этого линия может быть закреплена на местности кольями, забиваемыми на такую глубину, чтобы отсчет по рейке, поставленной на кол, был равен отсчету по рейке, установленной на крайних точках. Для создания опорной линии заданного уклона наиболее удобны лазерные приборы, снабженные уклономерами, позволяющими придать излучателю заданный уклон с достаточно высокой точностью.

5.1.3 Сопровождение строительства

5.1.3.1 При выполнении работ ведется непрерывный контроль точности направления продавливания без прекращения строительных операций (при использовании ЛГП) и геодезический мониторинг наличия осадок в земляном полотне и дорожном покрытии. В случае обнаружения отступлений от проекта осуществляется мгновенная коррекция направления движения трубы. Благодаря возможности постоянного контроля устраняются случаи возникновения значительных отклонений трубы от проектного направления и ведутся систематические наблюдения за неупругой деформацией грунта.

5.1.3.2 В зависимости от условий производства строительно-монтажных работ при устройстве водопропускной трубы и ее диаметра ЛГП может устанавливаться на разных высотах относительно дна траншеи или оси трубы. Это обусловливает применение соответствующих штативов и контрольных марок. Наиболее простой и удобной в работе является схема положения ЛГП, когда его пучок совпадает с проектным положением оси водопропускной трубы. Для этого применяются штатив, позволяющий изменить высоту пучка лазера в диапазоне 30–200 см в зависимости от диаметра трубы и контрольная марка.

При использовании ЛГП необходимо учитывать влияние внешних условий на положение луча лазера. Возможны искажения положения луча

лазера в пространстве, обусловленные влиянием рефракции. Отклонения пучка могут вызываться, в частности, парами обмазки труб и выхлопными газами насосов или трубоукладчика. Рефракция особенно заметна в трубах небольшого диаметра (500–600 мм), а поэтому чем больше длина укладываемых труб и чем меньше их диаметр, тем хуже условия для работы с ЛГП.

5.1.3.3 Геодезическо-маркшейдерские работы по привязке координат труб и защитного экрана в стартовом котловане рекомендуется выполнять в два этапа.

На первом этапе следует:

а) установить на стенке стартового котлована кронштейн для монтажа ЛГП;

б) подвести ЛГП к нижней передвижной каретке кронштейна и направить луч приблизительно по проектной оси, определенной, например, по створу отвесов;

в) установить теодолит и отцентрировать его над фиксированной точкой, находящейся в створе проектной оси; установить рейку и визировать штатив на точке цели;

г) установить на задней стенке котлована мишень;

д) навести теодолит на мишень и совместить мишень по горизонтали с проектной осью и зафиксировать ее;

е) с помощью теодолита перенести проектную ось в котлован и направить луч ЛГП по проектной оси.

На втором этапе следует:

ж) поменять местами мишень и теодолит и визировать на рейку (конечную цель) так, чтобы ось теодолита соответствовала направлению луча ЛГП;

и) перенести в котлован с помощью теодолита проектную ось;

к) направить луч по проектной оси с помощью передвижной каретки кронштейна;

л) вторично проверить соответствие оси теодолита направлению луча ЛГП и откорректировать погрешности с повторением операции к).

5.1.3.4 Геодезический мониторинг наличия осадок в земляном полотне и дорожном покрытии должен включать:

- периодические наблюдения за изменением контролируемых параметров земляного полотна и дорожного покрытия в пределах зоны влияния прокладываемой трубы по ГОСТ 32869 (раздел 7.3);

- анализ динамики развития и сравнение результатов наблюдений с прогнозными и предельными значениями контролируемых параметров;

- оценку достоверности прогноза, выполненного расчетными методами и, при необходимости, его корректировку;

- определение степени опасности выявленных отклонений контролируемых параметров от прогнозируемых значений и установление причин их возникновения;

- разработку мер по предупреждению, снижению или ликвидации недопустимых отклонений контролируемых параметров.

Контролируемые в процессе производства строительно-монтажных работ геометрические параметры, методы геодезического контроля, порядок и объем его проведения должны быть установлены проектом производства геодезических работ.

Мониторинг наличия осадок в земляном полотне и дорожном покрытии при бестраншейной прокладке водопропускных труб и устройстве экранов из труб следует проводить не реже одного раза в неделю, но не менее четырех циклов, далее – не реже одного раза в месяц.

5.1.4 Исполнительная съемка

При осуществлении технического надзора в процессе приемки работ организация-заказчик (застройщик) должна производить исполнительную съемку построенных сооружений для проверки их фактического планового и высотного положения с нанесением их на генеральный план строительной

площадки. Исполнительную съемку выполняют в масштабах рабочих чертежей (1:500, 1:1000). Выбор масштаба зависит от густоты размещения и сложности подземных коммуникаций. Съемка подземных коммуникаций производится на основе опорной геодезической сети существующего или вновь создаваемого планово-высотного обоснования. Точность обоснования должна соответствовать требованиям съемок при определении масштаба [2]. При создании съемочного обоснования должны соблюдаться требования инструкции [3]. Съемка элементов подземных коммуникаций производится методами и средствами, принятыми для плановой и высотной съемок.

Перечень ответственных конструкций и частей сооружения, подлежащих исполнительной геодезической съемке при выполнении приемочного контроля должен быть определен проектной организацией.

По результатам исполнительной геодезической съемки должны быть составлены исполнительные чертежи, которые следует использовать при приемочном контроле, составлении исполнительной документации и оценке качества строительно-монтажных работ.

Общие правила проведения геодезической исполнительной съёмки строящегося сооружения и оформления её результатов приведены в ГОСТ 32869.

Графическое оформление результатов исполнительной съемки следует осуществлять в соответствии с ГОСТ 32869 с использованием Правил [4].

5.2 Требования к выполнению геологических работ

Выполняемые геологические работы для бестраншейной прокладки водопропускных труб должны соответствовать требованиям ГОСТ 32868.

Геологические работы включают в себя инженерно-геологические изыскания, выполняемые при разработке проектной документации, а также на их основе оценку усилия продавливания трубы, давления грунта на трубу, пассивный отпор, который может оказать грунт стенки котлована при

опирании на него упора (например, плиты) под домкраты продавливания и инженерно-геологическое сопровождение строительства.

Кроме инженерно-геологических изысканий при подготовке проектной документации должны быть выполнены гидрологические изыскания по ГОСТ 33177.

5.2.1 Инженерно-геологические изыскания

Основным документом при проведении инженерно-геологических изысканий является Программа изысканий, составленная на основе технического задания заказчика, исходя из результатов этапа предпроектных работ или стадии проектирования, вида строительства, типа сооружения, площади исследуемой территории, степени её изученности и сложности инженерно-геологических условий.

При изысканиях для разработки проекта строительства водопропускных сооружений способом бестраншейной прокладки точки наблюдений (скважины) следует размещать вдоль проектного положения оси трубы (в характерных точках по поперечнику насыпи), а также в рабочем (стартовом) и приемном котлованах.

Изыскания должны быть выполнены таким образом, чтобы были изучены все разновидности грунтов, включая техногенные, встречающиеся на площадке строительства в пределах толщи, сопряженной и включающей строящееся бестраншейным способом водопропускное сооружение.

Общее количество данных для каждого инженерно-геологического элемента должно быть достаточным для их статистической обработки в соответствии с ГОСТ 20522. При статистической обработке результатов определений физических и механических (прочностных и деформационных) характеристик всех грунтов, а также при выделении основных грунтовых единиц – инженерно-геологических и расчетных грунтовых элементов применяют методы указанного ГОСТ (разделы 3 и 4). Опытные данные, для

которых проводится статистическая обработка, должны быть получены единым методом испытания.

На стадии подготовки рабочей документации водопропускного сооружения инженерно-геологические изыскания состоят в сборе и обработке имеющихся инженерно-геологических материалов по предполагаемым вариантам (технологиям), а также в дополнительных буровых работах и геофизических исследованиях в объеме не менее 20% изысканий на стадии проектной документации.

Оценку прочностных и деформационных свойств грунтов следует осуществлять в соответствии с региональными таблицами характеристик грунтов, специфических для исследуемого района (если они имеются и согласованы в установленном порядке), или по показателям физических характеристик в соответствии с правилами [5].

Полевые методы исследования грунтов следует использовать для оценки физико-механических свойств грунтов в массиве, установления характера пространственной изменчивости свойств грунтов, выявления, уточнения и прослеживания границ литологических тел (пластов, прослоев, линз) и других целей в соответствии с ГОСТ 32868 (приложение Г). На этом этапе изысканий рекомендуется применение зондирования, прессиометрии, а также выполнение геофизических исследований.

Лабораторные методы определения показателей свойств грунтов следует выполнять для классифицирования грунтов в соответствии с ГОСТ 33063, оценки их состава и физических характеристик согласно ГОСТ 32868 (приложение Д) и ГОСТ 5180. Количество отобранных в процессе изысканий образцов грунта должно быть не менее шести для каждого основного литологического пласта (слоя).

При камеральной обработке материалов изысканий должны быть составлены:

- карта фактического материала с контурами проектируемых сооружении;

- инженерно-геологическая карта;

- гидрогеологическая карта (при необходимости);

- карта распространения геологических процессов и явлений;

- графики, расчеты и таблицы гидрогеологических и геофизических исследований;

- ведомости полевых и лабораторных исследований грунтов и вод.

Основу инженерно-геологических выработок для целей строительства водопропускных труб бестраншейным способом составляют скважины, выполненные по длине вдоль оси водопропускного сооружения, включая рабочий (стартовый) и приемный котлованы.

Количество скважин следует определять с учетом ранее пройденных выработок. На территории, где ранее пройдено достаточное количество выработок, как правило, следует дополнительно проходить контрольные выработки с учетом ожидаемых изменений инженерно- геологических условий. Выработки и точки наблюдений должны сгущаться на участках со сложными инженерно-геологическими условиями, в местах изменения вида конструкции сооружения, в местах устройства технологических котлованов, в местах сочленений различных геоморфологических элементов и типов ландшафтов. Рекомендуемое число и глубина скважин, необходимых при бестраншейной прокладке водопропускных труб приведено в приложении А.

Глубина проходки выработок при инженерно-геологической съемке должна обеспечивать установление геологического разреза и гидрогеологических условий в пределах предполагаемой сферы взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой.

При проведении инженерно-геологических съемок следует учитывать требования, отражающие специфику строительства искусственных дорожных сооружений по ГОСТ 32868 (приложение Л).

5.2.2 Оформление результатов работ

Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для проектирования бестраншейного способа прокладки водопропускных труб составляется в соответствии с требованиями ГОСТ 32868 (приложение К) и должен содержать:

- схематический план трубы с указанием продольных граничных осей, расположения скважин, точек зондирования, глубины отбора грунтов для испытания;

- геолого-литологическое описание строительной площадки и инженерно-геологические разрезы, привязанные к оси трубы;

- описание техногенных грунтов насыпей;

- сведения о нормативных и расчетных характеристиках грунтов каждого инженерно-геологического элемента активной зоны (предполагаемой мощности слоя взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой);

- сведения о максимальной глубине промерзания грунтов в месте прокладки трубы;

- характеристику гидрогеологических условий, включая данные о количестве и положении горизонтов подземных вод, источниках их питания, связи с ближайшими водоемами, направлении потоков, мест разгрузки, степени агрессивности подземных вод, характере их агрессивности - природной или в результате инфильтрации в грунт производственных или сточных;

- материалы лабораторных, полевых исследований грунтов и опытных работ;

- рекомендации по антикоррозийной защите трубы.

Характеристики грунтов, полученные в результате инженерно-геологических изысканий, должны позволить рассчитать технологию бестраншейной прокладки водопропускной трубы, включая усилия продавливания трубы, давления грунта на трубу, оценить пассивный отпор,

который может оказать грунт стенки котлована при опирании на него упора (например, плиты) под домкраты продавливания. Примеры расчетов приведены в приложениях Б, В, Г.

6 Основные положения проектирования и выполнения технологических расчетов

6.1 Требования к составу и оформлению проектной документации и ППР

6.1.1 Проектная документация на водопропускные трубы, сооружаемые бестраншейными методами, должна содержать планировочные, конструктивные и технологические решения по ГОСТ Р 21.1101, выявленные в результате сравнения возможных вариантов устройства водопропускной трубы на данном участке. Проектная документация должна разрабатываться с учетом требований Положения [6].

6.1.2 При разработке проекта следует оценивать возможное воздействие на окружающую среду, земляное полотно, сооружения, существующие коммуникации, учитывать риски непредвиденных и аварийных ситуаций в процессе строительства в соответствии с ГОСТ 32847 и правилами [7]. Проектные решения должны обеспечивать снижение или ликвидацию неблагоприятных воздействий на окружающую среду и уменьшение вероятности возникновения аварий.

6.1.3 Проектная документация должна быть согласована и утверждена в порядке, установленном Положением [6].

6.1.4 До начала выполнения работ по устройству водопропускных труб способами бестраншейной прокладки, а также устройства стартовых и приемных котлованов (площадок) должны быть разработаны проекты производства работ (ППР). ППР следует разрабатывать в объеме, соответствующем требованиям правил [8] и СП 12-136 [9].

ППР должен разрабатываться на основании ПОС и другой проектной документации. Отступления от утвержденных проектных решений без согласования с заказчиком не допускаются. ППР разрабатывается силами подрядной организации или по её заказу проектной организацией.

ППР должен в себя включать:

- пояснительную записку, содержащую основные технические решения, природоохранные мероприятия;

- топографические планы стройплощадок со стороны стартового и приемного котлованов, расположение и размеры технологического оборудования.

- технологические схемы и порядок выполнения отдельных видов работ (по согласованию с заказчиком);

- план и продольный профиль подземной выработки;

- план и продольный профиль монтажной зоны сборки плети трубопровода, порядок сборки трубопровода;

- расположение и размеры емкостей для бентонитового раствора;

- план расположения складского участка;

- подъездные и внутриплощадочные дороги;

- мероприятия по охране труда и безопасности выполнения работ;

- календарный график работ;

- мероприятия по обеспечению работ в холодный период.

Технологические операции, предусмотренные ППР, должны быть увязаны с допустимыми режимами эксплуатации технологического оборудования, изложенными в инструкции по эксплуатации.

Для обеспечения требуемого качества выполнения работ в состав ППР должен входить Технологический регламент, разработанный с учетом технических характеристик намеченного к применению оборудования и специфики конкретного объекта, включающий в себя:

- последовательность и методы выполнения работ (операций);

- состав и характеристики бентонитового раствора;

- расчеты максимальных скоростей проходки выработки, необходимых объемов и давления подачи бурового раствора;

- порядок монтажа трубопровода;

- мероприятия по предотвращению деформаций земляного полотна в зоне проходки.

6.2 Основные положения проектирования и выполнения технологических расчетов

6.2.1 Бестраншейные способы прокладки водопропускных труб следует применять в сложных инженерно-геологических и эксплуатационных условиях при наличии соответствующего технико-экономического обоснования.

6.2.2 При проектировании водопропускных труб планово-высотные отметки труб следует назначать исходя из расчетов обеспечения максимального отвода воды от насыпей автомобильных дорог и в увязке с отметками водоотводной сети на данном участке дороги.

Профиль водопропускной трубы определяется в зависимости от уклона местности, расчетного расхода воды и допустимой скорости потока из расчета безнапорного режима ее работы. Профиль проходки зависит от диаметра трубы и применяемого технологического оборудования. Направление проходки может задаваться как на подъем, так и под уклон.

6.2.3 Расстояние от верха прокладываемой бестраншейным способом трубы до низа дорожной одежды должно составлять в устойчивых грунтах не менее двух диаметров, а в неустойчивых не менее трех диаметров трубы, и в любом случае быть не менее указанного в правилах [10] (Таблица 5.1).

Минимальная глубина заложения верха труб опережающего экрана должна быть от 1,5 до 2 диаметров трубы экрана, но не менее 1,0 м.

Расстояние между трубами экрана и подземными коммуникациями должно быть не менее 1,0. Уменьшение расстояния допускается по согласованию с владельцами коммуникаций.

6.2.4 Угол пересечения оси водопропускной трубы с продольной осью автодороги следует принимать равным 90°. Если ситуационно-топографические условия этого не позволяют, то допускается косое пересечение при условии согласования проектного решения с заказчиком.

6.2.5 Стартовые и приемные котлованы (площадки) рекомендуется размещать в соответствии с технологией работ в местах, свободных от застройки, зеленых насаждений и подземных коммуникаций. Стартовый котлован должен иметь удобный подъезд и площадь, достаточную для организации стройплощадки. Рекомендуется проектировать стартовые котлованы (площадки) прямоугольного очертания с целью максимально возможного увеличения длины монтажных секций прокладываемой водопропускной трубы.

Размеры котлованов (площадок) в плане следует определять в зависимости от габаритов технологического оборудования, которое должно быть размещено и смонтировано в стартовом котловане, демонтировано и извлечено в приемном котловане. Размеры стройплощадок должны быть достаточны для размещения необходимого оборудования, материалов, временных зданий и сооружений, безопасной погрузки и выгрузки материалов и оборудования, удаления выбуренного грунта.

Отметки поверхности дна котлована (площадки) следует назначать в зависимости от отметок заложения водопропускной трубы и технологических требований по организации проходки.

Стартовый котлован (площадка) должен быть оснащен грузоподъемными механизмами для подачи секций трубы к домкратной станции.

Габариты приемного котлована (площадки) следует назначать минимальных размеров, необходимых для вывода и извлечения технологического оборудования после проходки.

Котлованы должны иметь ограждение, лестницы и средства водоотлива в соответствии с правилами [11]. Расчет конструкций ограждения котлованов следует выполнять согласно правил [12], [13] (раздел 7), [5] (раздел 9).

Расстояние между стартовым и приемным котлованами (длину проходки) следует принимать с зависимости от технических возможностей проходческого оборудования и гидрогеологических условий проходки, как правило не более 150 м.

Стартовый котлован (площадка) должен иметь железобетонное покрытие для монтажа технологического (проходческого) оборудования и направляющих. Со стороны задней торцевой части должен располагаться упор, рассчитанный на максимальное усилие домкратов при продавливании труб (Приложение А). Передняя стена котлована (откос насыпи) должна иметь проем в креплении для ввода бурового оборудования в грунтовый массив.

Конструкция крепления котлованов должна рассчитываться на восприятие давления грунта, гидростатического давления и временной нагрузки.

Конструкция крепления и способы её сооружения определяются проектом по согласованию с подрядной строительной организацией.

6.2.6 Диаметр труб защитного экрана определяется расчетом в зависимости от внешней нагрузки и принятого расстояния между рамами временного крепления выработки. Для обеспечения сплошности защитного экрана трубы должны соединяться между собой фиксирующими устройствами (рисунок 1), не препятствующими продольному перемещению труб при монтаже экрана. Оснащение труб фиксирующими устройствами и обработка их торцов под сварку должна производиться на предприятиях, имеющих необходимое оборудование.

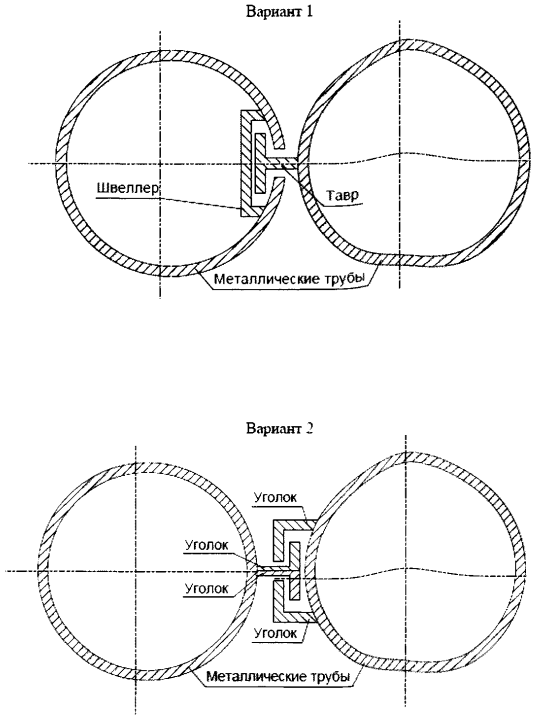


Рисунок 1 – Схемы фиксирующих устройств труб экрана

Для повышения несущей способности проектом следует предусматривать заполнение стальных труб защитного экрана бетоном или железобетоном. По мере разработки грунта под защитным экраном устанавливаются временные несущие рамы, а затем постоянная конструкция тела трубы в соответствии с правилами [11] и [13] (раздел 6).

7 Требования к применяемым материалам, изделиям и оборудованию

7.1 Требования к применяемым материалам и изделиям

7.1.1 Требования к стальным трубам и футлярам

При применении бестраншейных способов прокладки водопропускных труб в теле дорожного земляного полотна стальные трубы могут использоваться для следующих целей:

- в качестве футляра, с последующей прокладкой внутри него полимерных, стеклопластиковых, металлических гофрированных или железобетонных труб с заполнением межтрубного пространства цементным раствором;

- в качестве основного тела трубы.

Рекомендуется использовать стальные трубы по ГОСТ 8696, ГОСТ 10704, ГОСТ 10705, ГОСТ 10706, ГОСТ 20295, ГОСТ Р 52568.

При использовании стальной трубы в качестве основного тела водопропускной трубы, в проекте должны быть выполнены расчеты прочности трубы по двум предельным состояниям с учетом постоянных и временных нагрузок, как в период строительства, так и эксплуатации, а также расчеты по ее деформативности на весь период службы трубы.

Исходя из результатов расчетов и погодно-климатического района эксплуатации водопропускной трубы должна быть определена толщина металла стенки трубы и допускаемые марки сталей. При использовании стальной трубы в качестве основного тела водопропускной трубы особое внимание должно быть уделено защитному антикоррозийному покрытию. Рекомендуется использовать трубы с заводскими защитными наружными покрытиями по ГОСТ Р 52568, либо защитными покрытиями, выполненными в соответствии с инструкцией [14].

При использовании стальных труб в качестве футляра возможны следующие варианты ее эксплуатационной работы:

- футляр используется только для прокладки основной трубы и в эксплуатационной работе не учитывается;

- футляр является составной частью тела водопропускной трубы.

В случае использования труб футляра только для прокладки внутри него основной трубы, в проекте могут быть выполнены расчеты по прочности и деформируемости футляра только в строительный период. Также допускается отсутствие антикоррозийного защитного покрытия. В данном случае все расчеты по долговременной прочности и деформативности на период эксплуатации водопропускной трубы должны быть выполнены для основной трубы с учетом прочностных характеристик материала заполнения межтрубного пространства либо (в случае соответствующего обоснования) без его учета.

В случае, когда футляр является составной частью тела водопропускной трубы (наружной оболочкой) в расчеты включаются все слои тела трубы: наружного футляра, межтрубного заполнения, внутренней оболочки. В этом случае также предъявляются повышенные требования к защитному антикоррозийному покрытию внешней стороны футляра.

В качестве внутренней трубы (оболочки) допускается использовать трубы из армированных стекловолокном термореактопластов на основе ненасыщенных полиэфирных смол по ГОСТ Р ИСО 10467, полимерные трубы со структурированной стенкой по ГОСТ Р 54475, металлические гофрированные трубы по ОСТ [15], ОДМ [16] либо спиральновитые металлические гофрированные трубы, а также звенья железобетонных труб по ГОСТ 24547. В случае применения в качестве внутренней оболочки свето- и термоотверждаемых полимерных и полимернотканевых рукавов они также должны включаться в расчеты долговременной прочности и деформативности.

Для устройства защитных экранов из труб рекомендуется использовать стальные трубы по ГОСТ 10704.

Конструкция труб и межтрубных соединений (п. 6.2.6) должна учитывать силовые воздействия продавливания и стыковку труб.

Длина секций стальных труб зависит от размеров стартового котлована и типа применяемого оборудования. Рекомендуемая длина секций стальных труб – 6 м.

7.1.2 Требования к бетонным и железобетонным изделиям

Железобетонные звенья водопропускных труб, используемые для бестраншейной прокладки должны соответствовать требованиям ГОСТ 32871 и быть изготовлены из тяжелого мелкозернистого бетона по ГОСТ 26633 класса по прочности на сжатие не менее В40, водонепроницаемостью не менее W6, морозостойкостью не менее F 100 и соответствовать требованиям ГОСТ 24547.

Основные размеры звеньев труб могут быть в мм:

- внутренний диаметр – от 500 до 2000 мм;
- длина звеньев – 1000, 1500, 2000, 3000 мм.

Внешний вид и разрез звена трубы для бестраншейной прокладки внутренним диаметром 1000 мм и длиной 3000 мм представлен на рисунке 2.

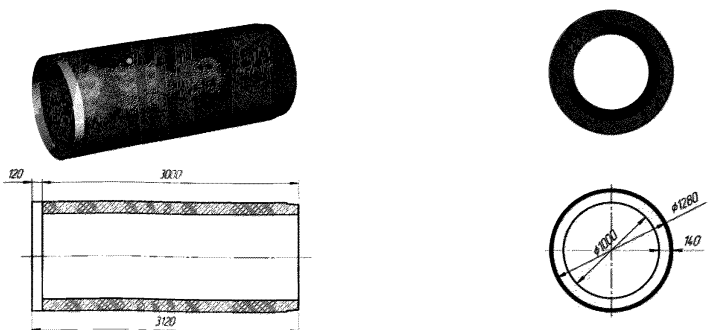


Рисунок 2 – Звено трубы для бестраншейной прокладки

Прочность бетона звеньев трубы должна соответствовать проектному классу бетона по прочности на сжатие, при этом величина нормируемой отпускной прочности бетона в процентах от проектной должна быть не менее:

- 70 для звеньев, предназначенных для эксплуатации в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 40°С и выше;

- 100 для звеньев, предназначенных для эксплуатации в районах с расчетной температурой наружного воздуха ниже минус 40°С.

Звенья труб должны быть без монтажных петель. Отклонения фактических размеров труб от номинальных, приведенных в чертежах типовых конструкций не должны превышать в мм:

- по длине плюс 5, минус 5;

- по толщине стенки плюс 5, минус 5;

- по внутреннему диаметру ±10.

Искривление поверхности допускается не более 3 мм на 1 м длины звена. Перекос торцевой плоскости – не более 5 мм. Околы бетона на внутренних ребрах торцов звеньев не допускаются. Трещины в бетоне звеньев не допускаются. Могут иметь место поверхностные усадочные трещины шириной не более 0,05 мм.

Звенья труб должны иметь соответствующую маркировку и быть испытаны и приняты в соответствии с требованиями ГОСТ 24547.

Звенья труб должны быть рассчитаны на глубину заложения не менее 25 м до верха трубы и максимальное усилие продавливания 5000 кН.

Трубы для бестраншейной прокладки, как правило, имеют цилиндрическую форму, раструбный конец (в виде металлической обечайки) и втулочный конец со ступенчатой стыковой поверхностью, уплотняемый резиновыми профильными кольцами.

Стыковое соединение звеньев труб – раструбное на уплотнительных манжетах. Функцию раструба выполняет металлический кольцевой элемент

(обечайка), установленный в торце звена трубы (рисунок 3). Звенья должны поставляться в комплекте с уплотнительными кольцами.



Рисунок 3 – Монтажная схема звена

Для равномерной передачи усилия продавливания в торцах звеньев труб должны устанавливаться компрессионные прокладки из древесных материалов.

В звеньях труб могут быть установлены специальные закладные изделия технологического назначения:

- форсунки: устройства, замоноличенные в стенке трубы, предназначенны для подачи в затрубное пространство бентонитового раствора для снижения сил трения при проходке;

- анкеры: стальные элементы со сферической головкой, замоноличенные в стенке трубы и предназначенные для монтажа и перемещения специальными грузозахватными приспособлениями.

Оголовки и другие бетонные и железобетонные элементы водопропускных труб должны быть изготовлены, испытаны и приняты в соответствии с требованиями ГОСТ 13015, а также должны иметь соответствующую маркировку.

7.1.3 Требования к композитным трубам

Для бестраншейной прокладки должны применяться композитные трубы специальной конструкции с «утопленными» соединительными

муфтами, не выступающими на наружный диаметр самой трубы и повышенной стойкостью к осевым нагрузкам. Трубы должны иметь увеличенную кольцевую жесткость от SN 32 000 до SN 1 000 000 Н/м^2 при допустимом расчетном усилии продавливания 90 Н/мм^2. Номинальная жесткость труб должна определяться расчетами в соответствии с глубиной заложения и гидрогеологическими условиями. Примерный сортамент труб, принятых для микротоннелирования приведен в приложении Д.

Трубы должны быть изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 10467 и иметь физико-механические характеристики материала не ниже указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики материала труб для бестраншейной прокладки

Характеристика материала	Кратковременная (2ч)	Долговременная (50 лет)
Удельный вес	20 кН/м^2	20 кН/м^2
Модуль упругости в направлении окружности (кольцевой)	12000 МПа	4800 МПа
Предельное удлинение на разрыв в направлении окружности	1,0%	0,8%
Разрушающее напряжение в направлении окружности	120 МПа	38,4 МПа
Модуль упругости в осевом направлении	18000 МПа	10000 МПа
Предельная деформация в осевом направлении при сжатии	0,5%	0,3%
Предельное напряжение в осевом направлении при сжатии	90 МПа	21,6 МПа
Модуль упругости при растяжении в осевом направлении	7000 МПа	1400 МПа
Предельная деформация в осевом направлении при растяжении	0,12%	0,08%
Предельное напряжение в осевом направлении при растяжении	8,4 МПа	1,1 МПа
Термостойкость	от минус 45^{o}С до плюс 50^{o}С	
Химическая сопротивляемость	1–9 pH	
Коэффициент теплового линейного расширения	26-35x10^{-6}1/^{o}К	

Соединение труб может быть выполнено муфтами типа FS из нержавеющей стали (трубы типа 1) с уплотнительным резиновым профилем

или стеклопластиковыми муфтами (трубы типа 2) с уплотнительным резиновым профилем марок M, L или XL, которые устанавливаются на концах труб (рисунок 4).

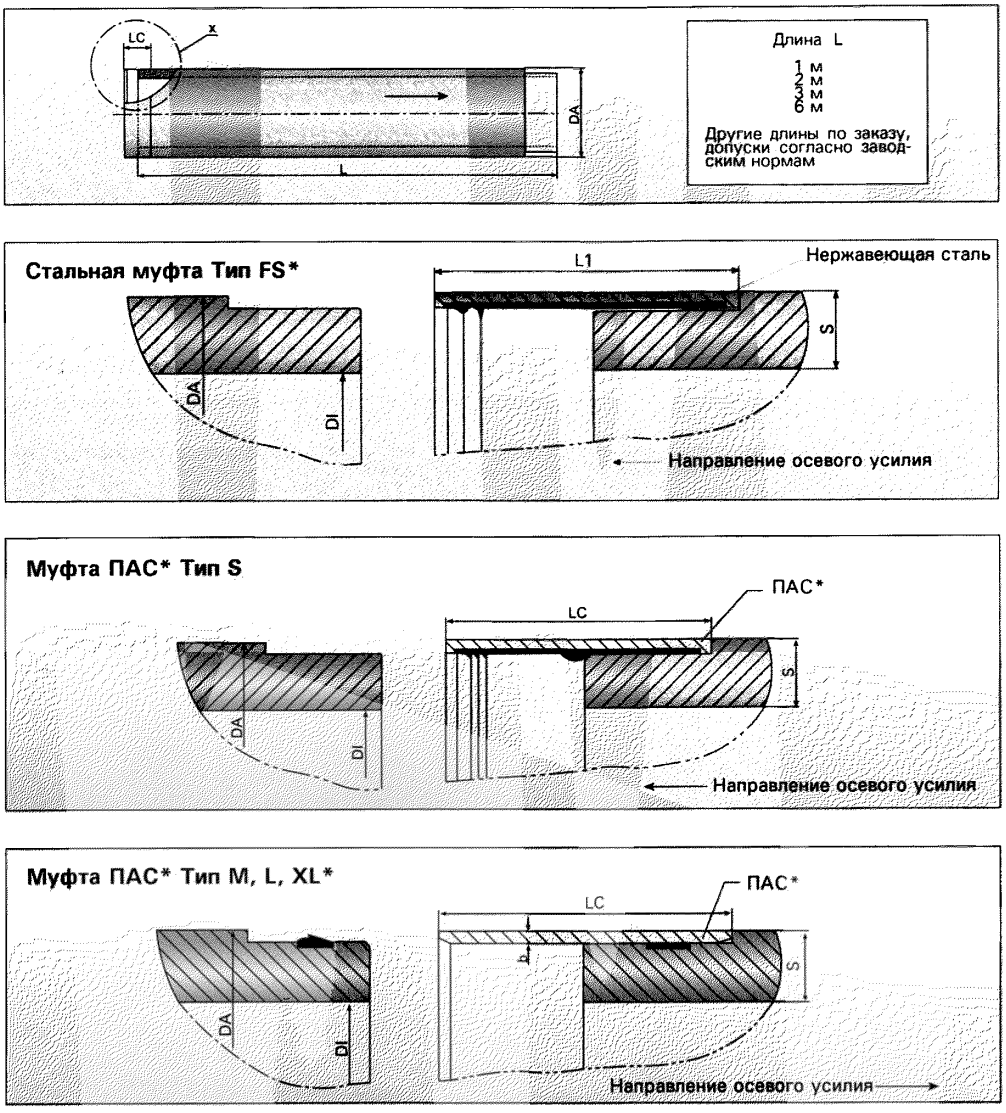


Рисунок 4 - Соединительные муфты

При одинаковой жесткости трубы типа 1 выдерживают большие осевые усилия. Кроме того, муфты из нержавеющей стали имеют более тонкий корпус, следовательно, требуют меньшего снижения рабочего сечения трубы при передаче осевого усилия. Уплотнительные профили должны быть изготовлены из этилен-пропилендиенового полимера EPDM с жесткостью по

ШОР 55±5 или стиролбутадиеновой резины SBR или других аналогичных материалов с идентичными свойствами. Муфты должны обеспечивать герметичное соединение, которое по своим свойствам (долговечность, термическая и химическая стойкость) эквивалентно звеньям трубы.

Стандартные длины труб составляют 1, 2, 3 и 6 м. Трубы другой длины могут поставляться по заказу заводу–изготовителю с допусками в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10467. Стеклопластиковые трубы с отверстием более 1200 мм могут поставляться как без отверстий для нагнетания бентонитового раствора, так и с отверстиями (клапанами) с целью уменьшения сил трения грунта. Отверстия для нагнетания бентонита должны определяться в проекте и предусматриваться не реже, чем через 6–8 м.

Минимальную толщину стенки трубы следует назначать в зависимости от высоты насыпи в соответствии с таблицей 2 для следующих грунтов: пески гравелистые крупные и средней крупности, пески мелкие и пылеватые, супеси и суглинки полутвердые, супеси и суглинки тугопластичные, глины и суглинки мягкопластичные.

Таблица 2 – Толщина стенки трубы в зависимости от высоты насыпи

Диаметр, мм	Характеристики трубы	Минимальная толщина стенки трубы, мм									
		Высота насыпи, м									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1026	Толщина стенки, мм	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	Кольцевая жесткость х1000 Н/м^2	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
1499	Толщина стенки, мм	48	48	48	48	48	48	48	52	52	52
	Кольцевая жесткость 1000 Н/м^2	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40
2047	Толщина стенки, мм	65	65	65	65	65	65	65	75	81	81
	Кольцевая жесткость 1000 Н/м^2	32	32	32	32	32	32	32	50	64	64
2400	Толщина стенки, мм	76	76	76	76	76	76	81	81	-	-
	Кольцевая жесткость 1000 Н/м^2	32	32	32	32	32	32	40	40	-	-
2999	Толщина стенки, мм	94	94	94	94	94	100	108	117	127	-
	Кольцевая жесткость 1000 Н/м^2	32	32	32	32	32	40	50	64	80	-

7.1.4 Требования к трубам из полимерных материалов

Трубы из полимерных материалов при бестраншейных способах прокладки и устройства водопропускных труб должны использоваться только в качестве внутренней оболочки стального футляра (п. 7.1.1). Рекомендуется использовать полимерные трубы со структурированной стенкой по ГОСТ Р 54475 или полиэтиленовые трубы по ГОСТ Р 50838, жесткостью не ниже SN4. Применяемые трубы должны иметь износоустойчивый внутренний слой, иметь химическую сопротивляемость pH от 1 до 9, термостойкость - от минус 45 до плюс 35°С и быть устойчивыми к воздействию нефтепродуктов и ультрафиолета. Коэффициент теплового линейного расширения труб не должен превышать $2x10^{-4}$ 1/°С. Гарантированный срок службы труб должен быть не менее 50 лет.

Трубы должны иметь заводскую маркировку, нанесенную методом цветной печати или другим способом, включающую наименование предприятия-изготовителя и/или товарный знак, условное обозначение трубы, номинальный диаметр, класс жесткости, дату изготовления, номер партии и т.д.

Трубы должны поставляться в комплекте с муфтами или другими соединительными элементами и приспособлениями (для сварки, завинчивания трубы и т.д.).

При хранении и перевозке трубы из полимерных материалов можно укладывать в штабели высотой до 5 м. При наличии труб разных диаметров, допускается вкладывать трубы меньшего диаметра внутрь труб большего диаметра. При такелажных работах и перевозке необходимо соблюдать осторожность для предотвращения повреждений труб, разрешается использовать только мягкие стропы.

Трубы разрешается складировать на ровную твердую поверхность под навес с учетом требований противопожарной безопасности. Высота штабеля должна исключать деформацию труб и обеспечивать легкий доступ к верхним рядам. Штабелированные трубы должны быть зафиксированы для

предотвращения случайной перекатки. Все соединительные детали, уплотнительные резиновые кольца должны храниться в закрытом помещении вдали от прямых солнечных лучей и источников тепла. Необходимо исключить их контакт с маслами и жирами, а также не подвергать нагрузке.

7.2 Требования к оборудованию

7.2.1 Выбор оборудования для бестраншейной прокладки водопропускных труб следует обосновывать технико-экономическим сравнением возможных вариантов в соответствии с требованиями технического задания с выявлением конкретных условий производства работ. Конкретный тип оборудования выбирается в зависимости от инженерно-геологических условий данного участка и расчетного внутреннего диаметра проектируемой трубы, футляра или трубы защитного экрана.

7.2.2 Оборудование для бестраншейной прокладки водопропускных труб представляет собой комплект подземного и наземного оборудования и устройств, который должен обеспечивать механизированное и дистанционно-управляемое выполнение следующих основных операций:

- образование в различных грунтах подземной выработки (скважины) определенного диаметра и заданного направления, проходящей из стартового в приемный котлован с одновременным удержанием забоя и креплением стен выработки;

- продавливание трубной конструкции (водопропускной трубы, футляра или экрана из труб);

- транспортирование разработанного грунта из забоя на поверхность с одновременным контролем его объема.

7.2.3 В качестве основных возможных вариантов могут рассматриваться:

- установки горизонтального шнекового бурения (БШМ);

- микротоннелепроходческие комплексы (МПТК).

Ориентировочные варианты способов бестраншейной прокладки водопропускных труб в зависимости от геологических условий и длины проходки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Способы прокладки водопропускных труб

Способ прокладки	Наружный диаметр трубы, мм	Длина трубы, м	Геологические условия проходки	Ограничения к применению
Горизонтальное шнековое бурение	500–1860	До 150	Песчаные, глинистые грунты, скальные породы креп. до 150 Мпа	При наличии грунтовых вод не применяется
Микротоннелирование	500–3500	100–300	Песчаные, глинистые грунты, скальные породы креп. до 150 Мпа	Гидростатический напор не более 30 м вод. ст.
Щитовая проходка	1200–4000	100–400	Песчаные, глинистые грунты, скальные породы креп. до 150 Мпа	Без ограничений
Продавливание	500–2000	До 200	Грунты I–III групп	В плывунных, твердых и скальных грунтах не применяется

7.2.4 Установки горизонтального шнекового бурения

Установки БШМ предназначены для бестраншейной прокладки коммуникаций с заданным углом наклона прокладываемой трубы. Диаметр прокладываемых труб – от 500 мм до 1,86 м, допустимая длина проходки – до 150 м. Применение микротоннельной приставки, которой может быть укомплектована при необходимости установка, позволяет увеличить максимальный диаметр трубы до 3,5 м, а длину проходки до 300 м.

Установка хорошо подходит для прокладки безнапорных водопропускных труб и коллекторов под железными и автомобильными дорогами, так как исключает осадку грунта при выполнении работ и обеспечивает одной установкой прокладку труб различного диаметра и из различных материалов.

Также установка позволяет с помощью того же комплекта оборудования выполнять работы устройству защитного экрана при сооружении водопропускных труб отверстием до 7 метров с произвольной формой сечения (прямоугольные, арочные, овоидальные).

В состав установки БШМ входят следующие модули:

- базовый модуль;
- силовой модуль;
- стартовая направляющая;
- дополнительная направляющая;

Базовый модуль, как правило, включает в себя:

- дизельный двигатель с турбонадувом, электростартером и воздушным охлаждением;
- многоскоростную трансмиссию;
- гидравлический насос, приводящий в действие гидроцилиндры.

Силовой модуль включает в себя комплект гидроцилиндров, несущую раму, адаптер футляра, главную опору, роликовые или крюковые захваты.

Стартовая направляющая с рельсами для работы с 3-х метровыми трубами, дополнительная секция направляющих рельс для работы с 6-ти метровыми трубами.

Кроме этого, в зависимости от условий выполнения работ установка дополнительно укомплектовывается:

- приспособлением для подъема машины;
- шнеками необходимых диаметров;
- соответствующими режущими головками;
- переходниками;
- водяным уровнем или локационной системой;
- комплектом управляемой головки;
- установкой для приготовления и нагнетания бентонитового раствора;
- электрическим генератором.

Общий вид БШМ приведен на рисунке 5, а схема установки БШМ на рисунке 6.

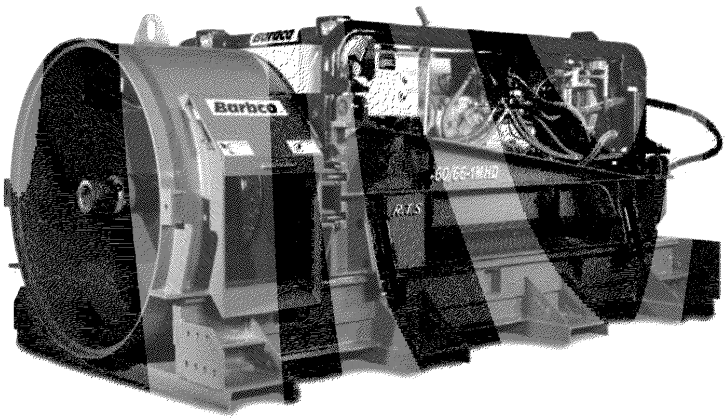
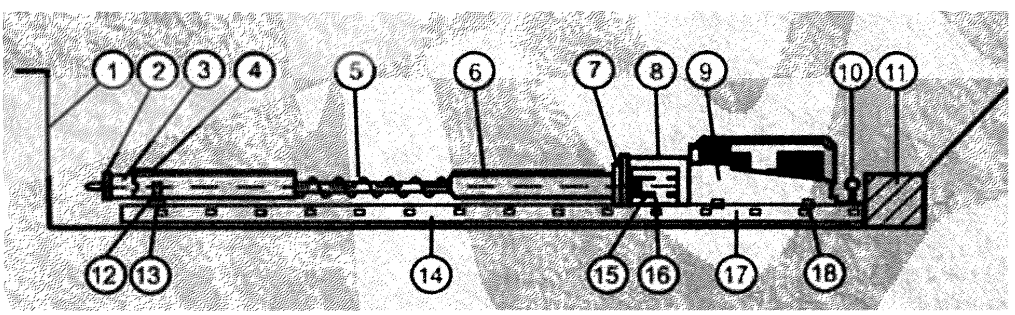


Рисунок 5 – Установка горизонтального шнекового бурения



1 – стена карьера, 2 – буровая головка, 3 – отклоняющая головка, 4 – отклоняющий шарнир, 5 – шнек, 6 – обсадная труба, 7 – переходник толкателя обсадной трубы, 8 – толкатель обсадной трубы, 9 – буровая установка, 10 – силовой блок (гидравлические замки и гидроцилиндры), 11 – ограничитель обратного хода, 12 – главная опора, 13 – переходник опоры, 14 – удлинитель направляющей, 15 – зажимной патрон шпинделя, 16 лопастной шнек для отвода породы, 17 – главная направляющая, 18 – ролики с крюками

Рисунок 6 – Схема установки для горизонтального бурения в котловане

7.2.5 Микротоннелепроходческие комплексы

В комплект поставки МПТК входит микрощитовая машина (ЩММ) с рабочим органом и комплектом оборудования для активного пригруза забоя, система транспорта и приемки разработанного грунта, силовая

продавливающая установка, система управления и контроля положения МПТК в пространстве, стартовое и конечное уплотнения, монтируемые на стенках стартового и приемного котлованов, установка для приготовления и нагнетания бентонитового или пенораствора, коммуникационные шланги, кабели. На стройплощадках МПТК комплектуются компрессорными установками и рабочим инструментом. Общий вид МПТК приведен на рисунке 7.

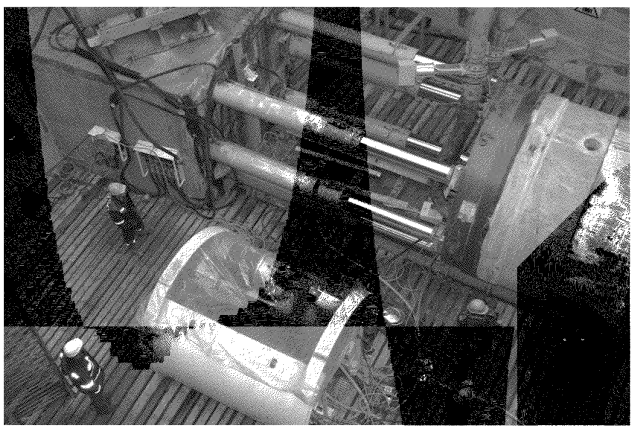
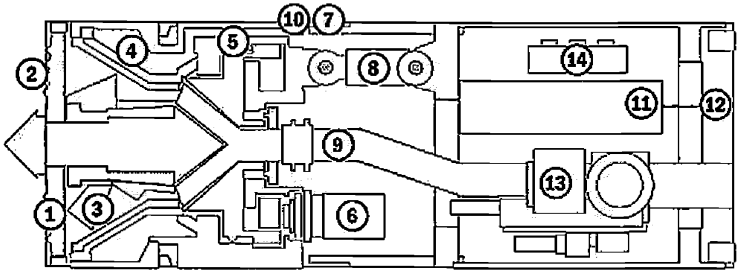


Рисунок 7 – Микротоннельный комплекс

В зависимости от способа транспортировки грунта из забоя рекомендуется применять следующие МПТК:

- в неустойчивых водонасыщенных средне- и крупнозернистых песках, песчано-гравелистых грунтах, вплоть до скальных по ГОСТ 25100, следует применять МПТК с гидропригрузом щита;

- в связных нескальных, водонасыщенных илистых грунтах по ГОСТ 25100 МПТК с грунтовым пригрузом. При повышении содержания песчано-гравелистых фракций в грунтовом массиве рекомендуется использовать грунтопригруз с добавкой пенореагента или бентонита. Общая схема ЩММ приведена на рисунке 8.



1 – рабочий орган, 2 – режущий инструмент, 3 – дробильное пространство, 4 – отверстие для подачи воды, 5 – главный подшипник, 6 – силовой привод, 7 – прокладка, 8 – домкрат управления, 9 – транспортирующий трубопровод, 10 – питающий трубопровод, 11 – лазерная мишень, 12 – лазерный луч, 13 – байпас, 14 – вентили

Рисунок 8 – Конструкция щитовой микромашины

7.2.6 При выполнении работ по устройству водопропускных труб методом продавливания в качестве продавливающего оборудования могут использоваться силовые модули БШМ или МПТК, а также специализированные установки, включающие в себя домкратные станции и направляющие.

8 Порядок производства работ по бестраншейной прокладке водопропускных труб

8.1 Подготовительные работы

В период подготовительных работ следует выполнить:

- подготовку строительной площадки к работам, в том числе ограждение рабочих участков, устройство проездов для транспорта и проходов для персонала, устройство временных бытовок, складов, навесов;

- подводку инженерных коммуникаций (водопровод, электроэнергия и т.д.);

- перекладку существующих инженерных коммуникаций, препятствующих сооружению стартового и приемного котлованов;

- геодезическую разбивку и выноску в натуру оси трубы, габаритов стартового и приемного котлованов, маркшейдерскую разметку оси трубы или защитного экрана на стене стартового котлована по 5.1;

- устройство стартового и приемного котлованов (площадок) по 8.1.2;

- устройство в стартовом котловане основания из железобетонных плит и установку упора по 8.1.3;

- доставку, размещение, подключение и проверку технологического оборудования, локационных и контрольных систем по 8.1.4;

- доставку и складирование необходимых материалов и изделий;

- подготовить общий и специальные журналы работ по РД-11-05 [17], в которых следует указывать время начала и окончания вида работ, основные технические характеристики используемого оборудования и материалов, фиксировать данные о режимах и расходе бентонитового раствора, отклонения от требований ППР и технологического регламента и вызвавшие их причины.

8.1.1 Подготовка рабочих котлованов и площадок

8.1.1.1 Наличие и организация необходимых строительных площадок, их количество, местоположение, размеры и планировка, а также геодезическая привязка рабочих котлованов, их размеры и высотные отметки должны быть приведены в разделе ПОС проектной документации. Все работы по подготовке строительных площадок и котлованов, организации производства строительно-монтажных работ должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 32867.

8.1.1.2 Для монтажа технологического оборудования бестраншейной прокладки водопропускной трубы, демонтажа оборудования после проходки насыпи, и обустройства оголовков трубы и русла водотока, следует сооружать стартовые и приемные котлованы (площадки).

До начала работ по устройству рабочих котлованов (площадок) должна быть выполнена корчевка кустарника, выравнивание и планировка площадок бульдозерами. Зона монтажа должна быть не менее 10 м в каждую сторону от оси трубы. При планировке площадок следует обеспечить уклон поверхности для стока воды.

Русло водотока со стороны входного оголовка на расстоянии не менее 1,5 м от контура котлована (площадки) следует перекрыть грунтом и отвести воду во временное русло или выполнить обваловывание котлована (площадки) в соответствии с правилами [18]. Запрещается выполнять работы по устройству и реконструкции водопропускных труб при наличии в русле наледи, а также во время паводка, ледохода, карчехода.

В зависимости от вида грунтов и местных условий при устройстве котлованов (площадок) могут применяться следующие машины: одноковшовые экскаваторы, оборудованные обратной лопатой с емкостью ковша от 0,15 до 0,65 м^3, бульдозеры и погрузчики. Зачистка дна котлована может выполняться вручную.

8.1.1.3 В плотных необводненных грунтах при глубине до 1,5 м котлованы устраиваются с отвесными стенками без крепления. При более слабых грунтах по ГОСТ 33063 и ГОСТ 25100 и большей глубине котлована откосы стенок уполаживаются. Наибольшую крутизну откосов котлованов, устраиваемых без крепления в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод, следует принимать в соответствии с таблицей 4.

При напластовании различных видов грунтов, крутизну откосов для всех пластов следует назначать по наиболее слабому виду грунта.

8.1.1.4 Котлованы следует предохранять от затопления водой. Для их устройства при отметках ниже уровня грунтовых вод проектом должно быть предусмотрено устройство водоотлива, а при слабых водонасыщенных грунтах – шпунтовое ограждение.

Таблица 4

Вид грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению) при глубине котлована, м, не более		
	1,5	3,0	5,0
Насыпные неслежавшиеся	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные	1:0,50	1:1	1:1
Супесчаные	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинистые	1:0	1:0,50	1:0,75
Глинистые	1:0	1:0,25	1:0,50
Лессовые	1:0	1:0,50	1:0,50
Примечание – К неслежавшимся насыпным относятся грунты с давностью отсыпки до двух лет для песчаных и до пяти лет для пылевато-глинистых грунтов.			

8.1.1.5 При разработке котлована в зимних условиях необходимо принимать меры против промерзания грунта по одному из следующих способов:

- утепление грунта вспашкой на глубину не менее 35 см с последующим боронованием на глубину от 10 до 15 см;

Примечание – Применяется осенью для предохранения грунта от промерзания в случае, когда разработка котлована планируется на зимний период времени.

- укрытие поверхности грунта утепляющими материалами толщиной слоя не менее 10 см;

Примечание – В качестве утепляющих материалов допускается применять опилки, маты, солому и др.

- утепление снегозадержанием.

Примечание – Утепление снегозадержанием включает установку снегозадерживающих щитов, устройство валов из снега толщиной не менее 80 см. Применяется для приостановки дальнейшего промерзания грунта.

8.1.1.6 Грунт из котлована должен удаляться в отвал на расстояние, исключающее обрушение стенок котлована.

8.1.1.7 Дно котлована должно быть выровнено согласно проектному уклону. При наличии текучих и текуче-пластичных глинистых грунтов по ГОСТ 25100 в дно котлована следует втрамбовывать слои щебня не менее 10 см с предварительным удалением верхнего разжиженного слоя грунта.

В водонасыщенных мелких и пылеватых песчаных грунтах дно котлована должно уплотняться с обязательным втрамбовыванием слоя щебня толщиной не менее 10 см.

Котлованы в нескальных связных грунтах по ГОСТ 25100 должны разрабатываться с недобором до проектной отметки на величину от 0,1 до 0,2 м. Окончательная планировка и зачистка дна должна производиться непосредственно перед установкой в котлован технологического оборудования. Допуски по подготовленному основанию в профиле должны быть не более 10 мм, а в плане – не более 30 мм.

При проходке длинных участков рекомендуется устраивать бетонное основание котлована.

8.1.1.8 Для въезда в котлован строительной техники должно быть выполнено устройство пандуса с уклоном до 0,1. Пандус должен иметь покрытие из втрамбованного в грунт щебня или дорожных плит по ГОСТ 21924.0. Конструкция пандуса должна быть указана в ППР.

Готовый котлован должен быть освидетельствован и принят комиссией с представителем заказчика с составлением акта на скрытые работы.

8.1.2 Устройство ограждающих и вспомогательных конструкций

8.1.2.1 Обустройство строительных площадок у стартового и приемного котлованов должно соответствовать выбранному типу технологического оборудования для бестраншейной прокладки и обеспечивать выполнение технологических процессов, предусмотренных проектом.

Обустройство стартового котлована следует выполнять в соответствии с ППР, утвержденным главным инженером строительной организации.

8.1.2.2 Вертикальные стенки котлована (как правило, рабочая поверхность откоса насыпи и задняя стенка котлована) должны быть укреплены шпунтовым ограждением. Основание под направляющие для

бурения должно быть выполнено из монолитного бетона или сборных железобетонных плит.

8.1.2.3 Для восприятия осевого усилия от оборудования во время задавливания трубы необходимо произвести устройство упора. При производстве работ в котловане глубиной более 1,5 м, стенки которого сложены прочными грунтами, упором может служить задняя стенка котлована, усиленная железобетонной плитой. При производстве работ на открытой площадке или в котловане глубиной до 1,5 м или стенки которого сложены слабыми грунтами, должен быть сооружен прямоугольный железобетонный упор. Упор должен быть рассчитан на давление буровой машины и иметь двукратный расчетный запас прочности. Между упорной пластиной направляющих буровой машины и упором (упорной стеной) должна использоваться стальная распределительная пластина. Размеры пластины и ее толщина должны быть определены расчетом и указаны в ППР.

8.1.2.4 Рабочая стенка (откос насыпи) приемного котлована должна быть укреплена от возможного обрушения в процессе бурения. Укрепление может быть выполнено инъектированием грунта или шпунтовым ограждением.

8.1.3 Монтаж бурового оборудования

8.1.3.1 После доставки контейнеров с оборудованием на строительную площадку, производится монтаж и установка всех элементов комплекса, подводятся технологические шланги, коммуникации и кабели, монтируется лазерная установка с мишенью для ведения бурения и доставляются секции прокладываемых труб с размещенными в них секциями транспортных трубопроводов при гидротранспорте и пневмотранспорте грунта или секциями шнекового конвейера.

8.1.3.2 Монтируются направляющие для установки домкратной станции или бурошнекового оборудования с тщательной выверкой их

положения и уклона. Допускается использование досок для выравнивания направляющих согласно проектному уклону.

8.1.3.3 Домкратная станция устанавливается и корректируется по лучу лазера с фиксацией путем заливки быстросхватывающего раствора между опорной плитой домкратной станции и задним упором котлована. При необходимости на передней стенке котлована устанавливается и закрепляется стартовое уплотнение, конструкция которого выбирается в зависимости от величины гидростатического давления грунтовых вод.

8.1.3.4 В зависимости от типа системы удаления грунта устанавливается соответствующее оборудование:

- при гидротранспорте – грязевой насос и циркуляционная система;
- при пневмотранспорте – циркуляционная система;
- при шнековом транспорте – бадья или другое оборудование для удаления грунта.

8.1.3.5 Осуществляется монтаж системы приготовления и подачи бентонитового раствора к насадкам нагнетания для уменьшения сопротивления продавливанию и предотвращения осадок поверхности. Состав бентонитового раствора следует подбирать в лабораторных условиях в зависимости от конкретных инженерно-геологических условий проходки.

8.1.3.6 Монтируется буровое или микротоннельное оборудование с подключением к соответствующим шлангам и кабелям. Производится проверка функционирования рабочего органа, гидроцилиндров домкратной станции, системы подачи бентонитового раствора и системы измерений. По результатам проверки составляется акт освидетельствования комплекса, комиссией, назначенной приказом руководителя организации.

8.2 Прокладка труб методом шнекового бурения

8.2.1 На стройплощадке производится подготовка пилотной секции прокладываемой трубы или футляра в соответствии с техническим

руководством БШМ, на нее монтируется разбрызгиватель бентонитового раствора. Шнек с режущей и управляемой головками помещаются внутрь секции тубы или футляра так, чтобы хвостовик шнека с внутренним шестигранным соединением (мама) находился снаружи трубы или футляра для облегчения присоединения его к патрону машины. Последующие секции трубы готовятся аналогичным образом, чтобы хвостовик шнека с внутренним шестигранным соединением находился снаружи трубы или футляра для облегчения соединения секций шнека в котловане.

8.2.2 Рекомендуется использовать полноразмерные шнеки. При соответствующем обосновании допускается использование шнеков меньшего диаметра вслед за пилотным полноразмерным шнеком. Диаметр шнеков не должен быть меньше чем ¾ диаметра полноразмерного пилотного шнека.

8.2.3 Производится установка и соединение пилотной секции и БШМ в соответствии с техническим руководством БШМ.

8.2.4 Выполняется первоначальное забуривание при низкой скорости вращения вращения режущей головки и низком давлении БШМ. После заглубления пилотной секции на 3 метра машина останавливается и производится проверка положения трубы в плане и профиле.

Отклонение в профиле от проектного не должно превышать:

а) ± 20 мм при диаметре сооружаемой водопропускной трубы до 1000 мм;

б) ± 30 мм при диаметре сооружаемой водопропускной трубы от 1000 до 1400 мм;

в) ± 50 мм при диаметре сооружаемой водопропускной трубы свыше 1400 мм.

Отклонение положения в плане допускается не более 100 мм.

В случае отклонения от заданного направления свыше указанных величин, производится извлечение пилотной секции и забуривание вновь.

8.2.5 После заглубления первой секции производится остановка подачи и удаление грунта вращением шнека. При работе в песках и других

неустойчивых породах грунт не удаляется во избежание появления пустот и просадок на поверхности. Отсоединяется шнек, и машина переводится по направляющей назад. Устанавливается следующая секция трубы со шнеком, который стыкуется с предыдущим, далее монтируется стык труб и выполняется соединение с машиной. На установленную секцию монтируется бентонитопровод и водяной уровень (при использовании).

8.2.6 После завершения процесса бурения и выхода режущей головки в приемный котлован производится демонтаж и удаление режущей головки. Далее шнеки втягиваются машиной внутрь проложенной трубы при медленном нормальном вращении на величину секции и извлекаются в стартовом котловане. После чего операция повторяется до полного извлечения шнеков.

В случае невозможности демонтажа и извлечения режущей головки в приемном котловане, допускается извлечение шнеков с присоединенной режущей головкой без вращения в соответствии с техническим руководством конкретной БШМ и конструкцией режущей головки.

8.3 Прокладка труб методом микротоннелирования

8.3.1 После проверки герметичности стартового уплотнения и работоспособности лазерной установки приводится в действие система транспортировки грунта, выбирается направление движения рабочего органа ЩММ и включается его привод на максимум оборотов с последующей регулировкой. Регулировка числа оборотов выполняется в зависимости от грунтовых условий при наблюдении за величиной крутящего момента.

8.3.2 Продвижение ЩММ с прицепными элементами и секциями прокладываемой трубы должно выполняться путем включения и выключения домкратных гидроцилиндров с последующим переводом их в автоматический режим.

Перед началом каждого продвижения ЩММ, прицепных элементов и очередных секций прокладываемой трубы необходимо выполнить следующие операции:

- подготовить к работе транспортный трубопровод по схеме, конкретной для каждого вида МТПК;

- через центральное отверстие нажимной плиты пропустить и состыковать стандартные отрезки рукавов и кабелей;

- включить систему транспортировки грунта и привод рабочего органа ЩММ;

- выполнить проверку функций приема луча лазерной мишенью.

По мере продвижения ЩММ следует выполнять пристыковку очередных секций трубы к ранее смонтированным.

8.3.3 Продвижение ЩММ и продавливание секций труб должно выполняться при одновременной работе аппаратуры системы маркшейдерского контроля и постоянном наблюдении на мониторе за положением луча лазера на мишени и регистрируемых на мониторе данных о длине прокладки секции, позиции по высоте центра машины относительно проектного положения, задаваемого лучом лазера, времени проведения технологических операций.

Отклонение в положении ЩММ в профиле от проектного не должно превышать:

а) ± 30 мм при диаметре сооружаемой водопропускной трубы от 1000 до 1400 мм;

б) ± 50 мм при диаметре сооружаемой водопропускной трубы свыше 1400 мм.

Отклонение положения ЩММ в плане допускается не более 100 мм.

8.3.4 Пустоты между наружной поверхностью секций трубы и грунтом не допускаются. Должен вестись непрерывный контроль соответствия фактического объема разрабатываемого грунта в забое его геометрическому объему.

8.3.5 При появлении просачивания грунтовой воды и явных течей должны быть приняты меры по ликвидации течей в соответствии с разрабатываемым для этой цели технологическим регламентом.

8.3.6 При работе МТПК давление пригруза на забой щита, необходимое для минимизации осадок поверхности, должно определяться по инженерным рекомендациям фирм, приводимым в инструкции по применению МТПК, и по методике определения давления пригруза в соответствии с [19].

8.3.7 Грунтовый отсек МТПК с с гидравлическим транспортом грунта и грунтоприемный контейнер с пневматическим транспортом должны периодически освобождаться от грунта. Бадья МТПК с механическим (шнековым) транспортом грунта должна разгружаться после прокладки каждой секции трубы.

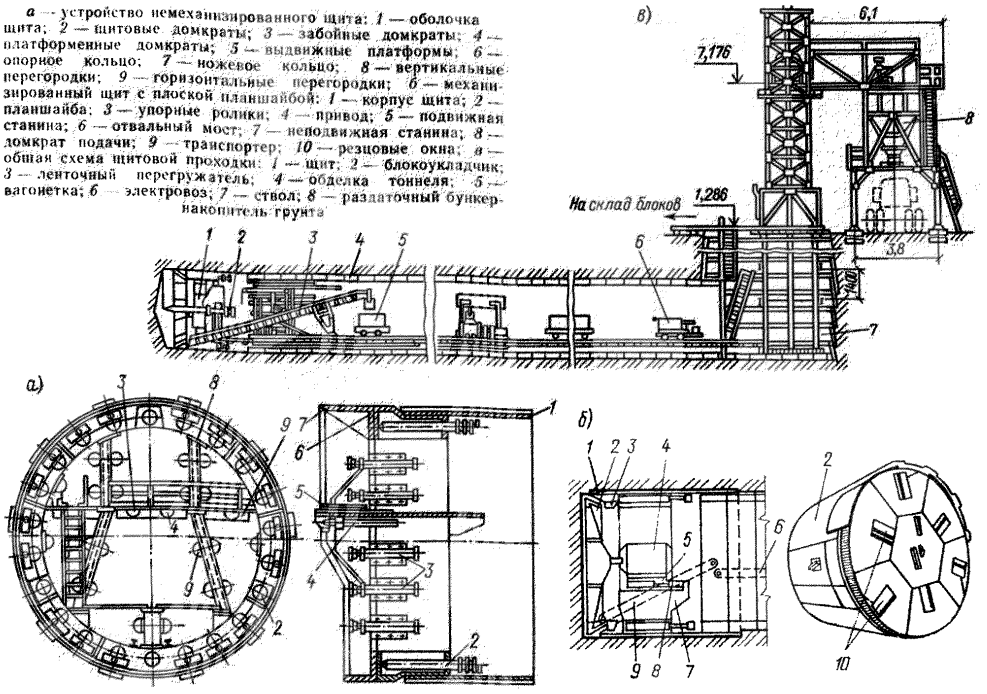
8.4 Прокладка труб методом щитовой проходки

8.4.1 При прокладке водопропускных труб методом щитовой проходки разработка грунта производится под прикрытием стального щита. Параллельно происходит закрепление стенок сооружения сборными чугунными, железобетонными или керамическими тюбингами. Разработка грунта осуществляется с помощью специального проходческого щита, изготовленного в виде металлической оболочки. Размер щита соответствует размеру сооружения.

Щит состоит из нескольких частей:

- передняя в виде режущей клиновидной формы;
- средняя, является опорной и на ней размещаются домкраты;
- задняя – хвостовая.

Конструкция проходческих щитов и схема щитовой проходки приведена на рисунке 9.



а) немеханизированный щит; б) механизированный щит; в) общая схема щитовой проходки

Рисунок 9 – Щитовая проходка

Щит вдавливается в грунт гидравлическими домкратами. В это время грунт перед щитом разрабатывают ручным или механическим способом. Сооружение обделки (стенок) водопропускного сооружения осуществляется в хвостовой части щита. Щитовая проходка производится в три стадии.

8.4.2 Вначале подготавливается стартовая площадка или котлован. Далее на ней устанавливается щит. Затем подводится электроэнергия и другие необходимые коммуникации (определяются ППР в зависимости от типа щита и способов разработки грунта). Подготавливаются пути для удаления грунта. В стартовом котловане (площадке) организуют свайный упор. После этого монтируют на проектной отметке проходческий щит.

8.4.3 Второй этап начинается непосредственно с передвижения щита с последующим монтажом блочной обделки. Проходка включает в себя ряд процессов, в том числе: разработку породы в забое, передвижку щита,

транспортировку материалов, устройство блочной или монолитной обделки, инъектирование стыков, вспомогательные работы по устройству откаточных путей и прокладке коммуникаций.

Ведущим процессом является разработка породы в забое, так как от нее зависит темп проходки. Трудоемкость проходческих работ в значительной степени зависит от типа применяемого щита. Ручная разработка породы в забое при немеханизированных щитах отличается повышенной трудоемкостью. Поэтому всегда, когда позволяют грунтовые условия, предпочтительно применение механизированных щитовых комплексов. Разработка мягких пород грунта ведется под защитой козырька и режущей части щита. Грунт в забое не добирается до конца щита на 10-15 см. Глубина разработки породы зависит от характера грунтов, диаметра и конструкции щита. Обычно разработка ведется на ширину одного кольца обделки.

В связи с подвижностью грунта и необходимостью сохранности дорожного полотна производится крепление лба забоя. Разработка грунта ведется сверху вниз и поэтому сначала крепление с верхней части забоя снимается, но после разработки грунта на необходимую глубину лоб забоя снова укрепляют. Затем снимается крепление в нижней части забоя и разрабатывается грунт с последующим закреплением. При передвижке шита лоб забоя крепят на всю высоту.

Таким же способом ведется разработка забоя в сыпучих песках. В грунтах с умеренным притоком грунтовых вод проходка ведется с перекрытием лба забоя. При этом лоб забоя частично или полностью перекрывают шандорами (стальными щитами), установленными на болтах с внутренней стороны ножевого кольца.

Возможно искусственное осушение забоя легкими эжекторными иглофильтрами или погружными насосами в скважинах.

В тех случаях, когда из-за чрезмерно малой величины коэффициента фильтрации грунтов применить водопонизительные установки не

представляется возможным, применяют способы разработки грунта в забое под защитой сжатого воздуха (кессонным способом) или путем замораживания забоя. При кессонном способе проходки грунтовая вода отжимается избыточным давлением воздуха, для чего коллектор разделяется на зону повышенного и нормального давления с помощью воздухонепроницаемых перегородок и шлюзов, необходимых для прохода людей и транспортировки материалов и породы.

8.4.4 Обделку водопропускного сооружения устраивают из сборных элементов (блоков или тюбингов), а также монолитного бетона и железобетона. Обделка из тюбингов, устанавливаемых без связей, наиболее экономична.

Работы по устройству обделки начинают с укладки лотковых блоков, а затем по обе стороны монтируют боковые блоки и в заключение устанавливают замковый блок. Блоки можно укладывать с постепенным убиранием штоков домкратов и освобождением места для блока нового кольца или с одновременной уборкой штоков всех домкратов. Каждый блок после укладки обжимают домкратами. При укладке кольца из трапециевидных блоков некоторых из них не доводят на всю длину, что облегчает сборку, а после установки замкового блока их дожимают домкратами вместе с замковым блоком, и далее они служат опорами домкратов при передвижении щита.

В щитах диаметром 3,6 м блокоукладчик прикреплен непосредственно к шиту. Укладку тюбингов ведут снизу в обе стороны вверх до замка. В каждом кольце тюбинги укладывают со сдвижкой на два отверстия во избежание сквозных продольных швов. Чтобы кольцо имело правильную форму, между тюбингами и оболочкой щита укладывают дубовые клинья, убираемые после установки замкового тюбинга. При передвижении щита происходит обжатие тюбинговой обделки, после чего швы между тюбингами зачеканивают раствором на расширяющемся цементе.

Возможно устройство обделки из монолитного бетона или из пресс-бетона. Для получения монолитно-прессованной обделки из пресс-бетона в хвостовой части щита устанавливают опалубку, за которую нагнетают бетон. Принцип работы щитового механизированного комплекса при этом основан на сочетании вдавливания в забой головной части щита и одновременного прессования бетонной смеси в его хвостовой части.

Данный проходческий комплекс состоит из щита (применяются щиты для проходки монолитной обделки диаметрами 2,1; 2,6; 3,6 и 4,1 м), металлической опалубки, механизма для перестановки опалубки, транспортерного моста, передвижной платформы с транспортером, бетоноводом и пневмоподатчиками. Бетон подают в запалубное пространство через устройство в прессующем кольце по бетоноводу от пневмоподатчиков. Вначале между стенками опалубки и щита происходит предварительное уплотнение бетона, а затем при передвижке щита с отсоединением бетоновода от прессующего кольца — окончательная перепрессовка бетонной смеси с передачей усилия на породу. Этот способ позволяет сразу же получить готовую обделку с гладкой водонепроницаемой поверхностью, не требующей отделки, в то время как для сборной обделки необходимо проведение дополнительных отделочных работ.

8.4.5 Темпы щитовой проходки составляют в среднем 80–100 м/мес. Скорость проходки тоннелей немеханизированными щитами в зависимости от диаметра выработки, категории грунта, числа и типа домкратов, мощности насосной установки колеблется от 0,8 до 1,2 м/смен.

8.4.6 Механизированные щиты имеют механизмы для разработки грунта, укладки блоков и выдачи разработанного грунта на погрузочные средства. Рабочие органы щитов могут быть, роторными, штанговыми, экскаваторными, гидромеханическими. Чаще применяют щиты с роторными и экскаваторными рабочими органами.

8.4.7 В щите с роторным рабочим органом в результате его вращения грунт, разрушенный резцами, непрерывно подхватывается спиральными

лопатками и через приемное окно поступает на ленточный конвейер, а затем в тележки со съемными кузовами. Рабочий орган с помощью гидравлических домкратов выдвигается вперед на расстояние до 1 м независимо от движения щита и одновременно с перемещением конвейера-перегружателя. После разработки забоя на длину одного кольца обделки рабочий орган отводят назад, щит продвигают вперед и в хвостовой части с помощью бетоно- или блокоукладчика укладывают очередное кольцо обделки. Выдача грунта на поверхность и подача материалов (элементов сборной обделки, цемента и др.) к щиту производятся средствами горизонтального внутреннего транспорта (двухосные тележки со съемными кузовами, вагонетки, тележки-блоковозки, электрокары).

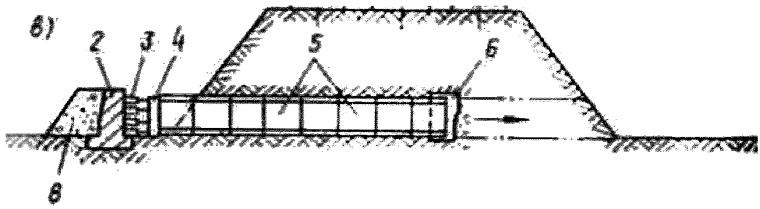
8.4.8 Механизированный щит с экскаваторным рабочим органом разрабатывает грунт по принципу обратной лопаты. Грунт из ковша выгружается на ленточный конвейер и затем в тележки горизонтального транспорта. Такой шит диаметром 2 м передвигается 16 гидравлическими домкратами грузоподъемностью по 125 т каждый.

8.4.9 Для проходки выработок при укладке водопропускных труб и коллекторов в устойчивых грунтах применяются механизированные щитовые комплексы типа КЩ с наружным диаметром щитов 1,2; 2,6; 3,2 и 4 м.

8.4.10 В твердых грунтах, когда невозможно использовать комплексы КЩ, проходка ведется немеханизированными щитами с ручной разработкой грунта. Для разработки крепких пород применяются отбойные молотки либо взрывной метод.

8.5 Прокладка труб методом продавливания

8.5.1 При продавливании отдельные элементы водопрорпускных труб в виде колец или прямоугольных секций продавливаются в грунте домкратной установкой, расположенной на поверхности или в котловане. Головное звено должно быть оснащено ножевым устройством, под защитой которого разрабатывают грунт (рисунок 10).



1 – насыпь; 2 – железобетонный упор; 3 – домкратная установка; 4 – распределительное кольцо; 5 – продавливаемые секции; 6 – ножевая часть щита.

Рисунок 10 – Схема продавливания водопропускной трубы под насыпью

Способ продавливания позволяет прокладывать трубы при длине до 150 – 200 метров.

В случае прокладки труб в слабых водонасыщенных грунтах, их предварительно осушают водопонижением или закреплением химическим способом. В отдельных случаях возможно вести продавливание под сжатым воздухом или с использованием проходческих щитов с активным пригрузом забоя. Выбор технологической схемы производства работ зависит от длины сооружения, размеров и формы его поперечного сечения, глубины заложения и свойств пересекаемых грунтов.

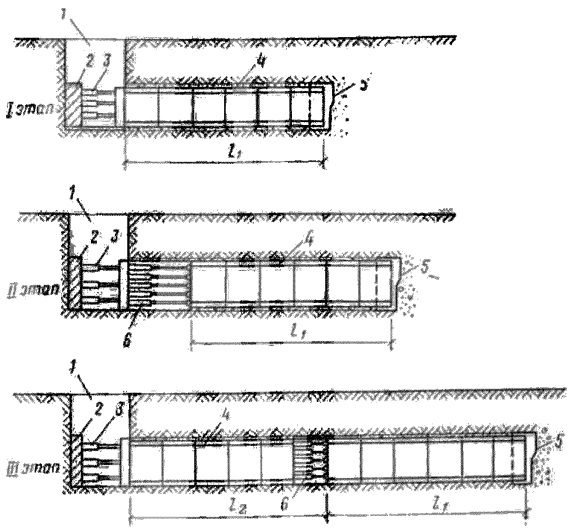
При глубине заложения до 3 – 5 метров для продавливания устраивают стартовый котлован, имеющий прямоугольное очертание в плане и размеры, обеспечивающие размещение необходимого для продавливания оборудования и секций трубы. При преодолении насыпей, как правило, продавливание выполняют в уровне поверхности земли перед пересекаемым препятствием. Устраивается упор по 8.1.2.3.

8.5.2 Головное звено скреплено с ножевым устройством (по типу ножевого кольца проходческого щита), предотвращающим обрушение грунта в забое и подрезающим контур выработки. Соединение ножевой части с головным звеном обделки может быть жёстким или гибким, что даёт возможность некоторого перемещения ножевой секции как в

горизонтальной, так и в вертикальной плоскости для корректировки направления продавливания. Разработанный грунт удаляется транспортёром, или другими средствами транспорта в стартовый котлован.

При большой длине продавливания, особенно в песках, для снижения сил трения между поверхностью секции и грунтом, за обделку нагнетается тиксотропная бентонитовая суспензия. Обычно нагнетание производят за ножевую секцию или изнутри через отверстия в секциях труб. В некоторых случаях для этой цели по трассе с поверхности земли пробуривают скважины.

8.5.3 При недостаточности усилия продавливания необходимо использовать промежуточные домкратные установки (рисунок 11).



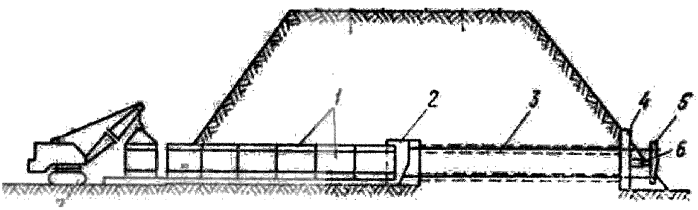
1 – стартовый котлован; 2 – упор; 3 – домкратная установка в стартовом котловане; 5 – ножевая секция; 6 – промежуточная домкратная установка.

Рисунок 11 – Продавливание с использованием промежуточной домкратной установки

Сначала усилием домкратов промежуточной установки продавливается участок, расположенный перед ней, затем штоки домкратов промежуточной

установки убираются в исходное положение и усилиями домкратов стартовой установки продвигаются секции обделки, расположенные за промежуточной установкой. Вместе с этим участком перемещается и сама промежуточная домкратная установка. После завершения продавливания всей трубы, домкраты промежуточной установки демонтируются, а задние за ней секции продавливаются вперёд, заполняя образовавшийся зазор. В некоторых случаях устройство промежуточных домкратных установок выполняют в специальных камерах, опущенных с поверхности земли.

8.5.4 В некоторых случаях, когда сильно затруднено или невозможно устройство мощного упора для домкратной установки, целесообразно применение способа «протаскивание» (рисунок 12).



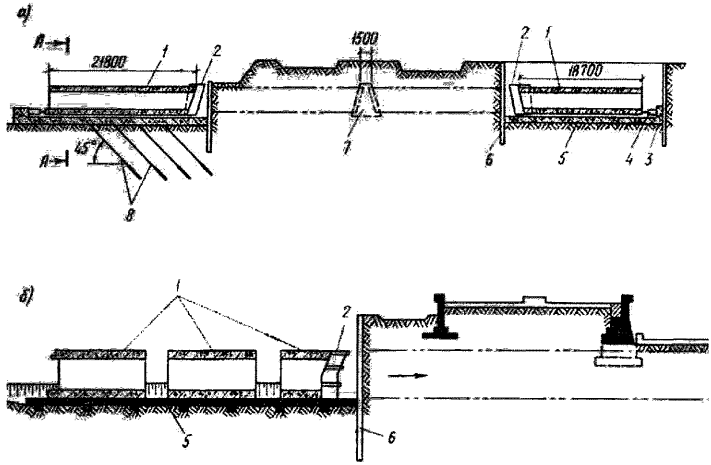
1 – секции обделки тоннеля; 2 – ножевая секция; 3 – тросы; 4 – упорная стенка; 5 – траверса; 6 – домкрат.

Рисунок 12 – Схема «протаскивания» под насыпью

В теле насыпи пробуриваются скважины, в которых прокладываются тросы, соединяемые с секцией трубы. С одной стороны насыпи устраивается упор для домкратной установки протаскивания. На противоположной стороне насыпи организовывается площадка для подачи секций протаскиваемой обделки. По мере разработки грунта насыпи в ножевой секции домкратная установка втягивает секции обделки вплоть до выхода их из насыпи со стороны упора.

8.5.5 В определённых условиях, при устройстве водопропускных труб большого сечения, целесообразно продавливать через насыпь крупные секции длиной 10 –15 метров и весом 200 – 400 тонн, изготовление которых осуществляется непосредственно на месте строительства. Такое

продавливание можно производить как с одной стороны насыпи, так и навстречу друг другу (рисунок 13).



а – под железной дорогой; б – под автомобильной дорогой;
1 – секция тоннеля; 2 – ножевая часть секции; 3 – упор; 4 – домкратная станция; 5 – железобетонная плита; 6 – крепь вертикальной стены; 7 – стыковочная камера; 8 – анкеры.

Рисунок 13 – Схемы продавливания крупногабаритных секций:

8.6 Устройство водопропускных сооружений под защитой экрана из труб

8.6.1 При использовании технологии сооружения водопропускных труб под защитой экрана из труб до начала проходки по наружному контуру сооружения создаётся защитный экран из металлических, заполненных железобетоном труб, под прикрытием которого ведётся разработка грунта и возведение обделки.

Для создания опережающего защитного экрана используются стальные трубы, продавливаемые в один или два ряда в продольном, относительно оси сооружения направлении. Чаще всего для создания выработки для продавливаемой трубы применяются комплексы МТПК или установки БШМ. Трубы в продольном направлении соединяются между собой специальным

шпунтовым устройством (замком), показанным на рисунке 1, и заполняются бетонной смесью с металлической арматурой.

Продавливание труб опережающего защитного экрана может осуществляться непосредственно с поверхности земли или из стартового котлована с использованием специальной конструкции для размещения машин ЩММ или БШМ и домкратной установки.

8.6.2 Работы по сооружению опережающего экрана из труб с устройством стартового котлована.

Работы по сооружению опережающего экрана из труб начинаются с устройства стартового котлована, а если по топографическим условиям это необходимо, то и приёмного котлована с противоположной стороны дорожной насыпи

Грунт в котлованах разрабатывается послойно, по мере продавливания труб. В стартовом котловане устраивают бетонный оголовок и упорную плиту для домкратной установки и устанавливают опорную раму. В приёмном котловане бетонируется оголовок. Размеры котлованов регламентируются применяемым оборудованием и длиной секции продавливаемой трубы. Затем в стартовом котловане на опорной раме монтируется МТПК или БШМ со всеми обустройствами и домкратная станция.

После оборудования котлованов начинается проходка скважин и продавливание труб защитного экрана (рисунок 14).

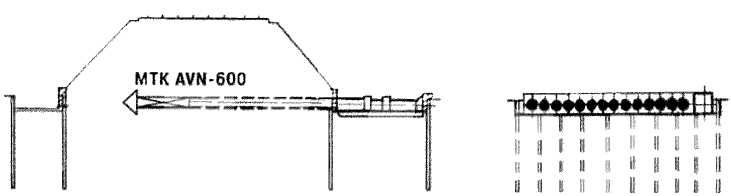


Рисунок 14 – Устройство горизонтального ряда труб

Грунт в скважине разрабатывается заходками по 3 метра под защитой бентонитовой суспензии. Одновременно с разработкой грунта производится продавливание трубы. Труба длиной 6 метров продавливается в два этапа. Каждая последующая секция трубы соединяется с ранее продавленной при помощи сварки. Описанный цикл повторяется до продавливания трубы на полную длину.

После завершения устройства верхнего горизонтального ряда труб приступают к поэтапному устройству боковых вертикальных защитных стен. Для этого порядно разрабатывают стартовый и приёмный котлованы на глубину, достаточную для этой цели. Таким способом продавливаются трубы бокового ограждения будущего водопропускного сооружения (рисунок 15).

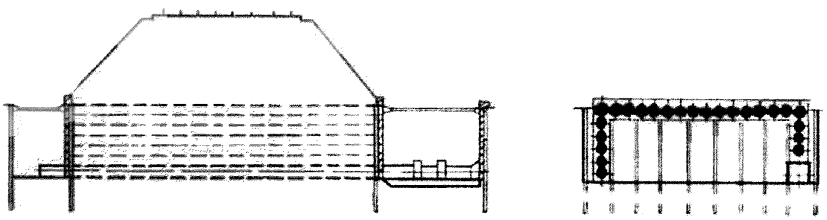


Рисунок 15 – Устройство вертикальных рядов экрана из труб

Далее в трубы помещается арматурный каркас, и они заполняются бетоном.

8.6.3 После полного завершения работ по созданию экрана из труб приступают к проходке сооружения. На рисунке 16 показана одна из возможных технологических схем проходки сооружения.

Грунт в забое разрабатывается при помощи малогабаритного экскаватора и погрузчика заходками по 3 метра. Лоб забоя допускается не укреплять, располагая его под углом 60 градусов. В основание выработки, производится втрамбовывание щебня, укладка геотекстиля и слоя сухой цементно-песчаной смеси, монтаж железобетонных плит лотка. Выпуски

арматуры из элементов лотка свариваются и стыки омоноличиваются. Для монтажа блоков лотка используется тельферная балка, которая крепится к трубам вертикальной стены экрана.

Затем монтируется ригель постоянной конструкции, который до подведения под него постоянных колонн опирается на временные монтажные тумбы. Завершается цикл бетонированием стен водопропускного сооружения.

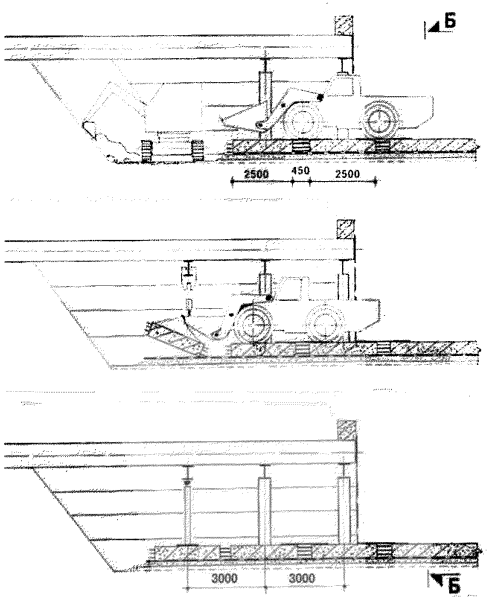
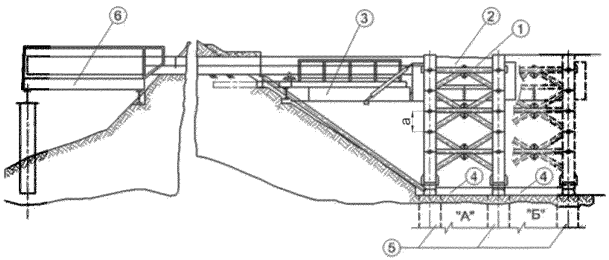


Рисунок 16 – Технологическая схема сооружения тоннеля под защитой экрана из труб

8.6.4 Если уровень лотка строящегося сооружения совпадает с поверхностью земли, то для создания опережающего экрана из труб необходимо использовать специальное вспомогательное оборудования, обеспечивающее быструю перестановку комплекса к месту ввода очередного элемента экрана.

Для этой цели может использоваться вспомогательное оборудование, приведенное на рисунке 17.



1 – опорная передвижная металлоконструкция; 2 – домкратная установка; 3 – стартовая площадка переменной длины; 4 – опорные балки для перемещения металлоконструкций; 5 – буронабивные сваи; 6 – приемная площадка

Рисунок 17 – Схема размещения вспомогательного и бурового оборудования при устройстве защитного экрана в теле насыпи

Со стартовой стороны с поверхности земли, примыкающей к насыпи, выполняется устройство буронабивных свай (конструкция определяется проектом), к которым крепятся опорные балки. По балкам передвигается опорная металлоконструкция, на определенной высоте которой закрепляется домкратная установка и стартовая площадка переменной длины.

Вертикальное перемещение домкратной установки и стартовой площадки при бурении очередной трубы производится на величину «А». Для закрепления домкратной установки и стартовой площадки в металлоконструкции с шагом «А» размещены закладные детали.

Для продавливания нижних труб вертикальной стены экрана металлоконструкция из позиции «А» может быть переставлена на позицию «Б». На противоположной стороне насыпи устраивается приемная площадка (котлован).

Далее выполняется разработка и крепление забоя в порядке, приведенном в 8.6.2.

8.6.5 Возможны и другие схемы сооружения под защитой экрана из труб. Выбор способа работ по монтажу сооружения под защитой готового экрана из труб должен определяться размерами поперечного сечения водопропускного сооружения, его длиной, характеристиками разрабатываемого грунта и имеющимся оборудованием.

8.7 Особенности выполнения работ с применением железобетонных, металлических труб, а также труб из полимерных и композитных материалов

8.7.1 Бестраншейная прокладка стальных труб

8.7.1.1 Применение гладких стальных труб при бестраншейном устройстве водопропускных сооружений является наиболее простым и технологичным способом. Применяемые при этом трубы должны соответствовать требованиям 7.1.1.

8.7.1.2 При подготовке труб к прокладке большое внимание должно быть уделено точности нарезки секций. Для этих целей должны применяться промышленные способы подготовки и резки труб. Рекомендуемая длина секции (для бурошнековой и микротоннельной прокладки – 6,1 м), позволяет контролировать направление трассы и процесс разработки грунта. Стенки трубы должны быть гладкие для снижения усилия продавливания и предотвращения тенденции закручивания футляра (при бурошнековой и микротоннельной прокладки). Для этой же цели к хвостовой части каждой погружаемой секции трубы привариваются две противовращательные пластины, которые крепятся болтами к толкателю силовой установки комплекса.

8.7.1.3 При стыковке секций трубы между собой, к хвосту ранее уложенной секции с внутренней стороны привариваются направляющие, а после окончания стыковки сверху и с боков трубы привариваются фиксирующие продольные полосы длиной не менее 1,2 м. Секции трубы

должны быть сварены между собой полностью, без пропусков. Параметры сварных швов и методы контроля сварных стыков должны быть указаны в проектной документации.

8.7.2 Бестраншейная прокладка железобетонных труб

8.7.2.1 Используемые при прокладке бестраншейным методом железобетонные трубы должны соответствовать требованиям 7.1.2. Рекомендуемая длина прокладываемых секций труб составляет 3,0 м. Для стыковых соединений железобетонных труб рекомендуется использовать стальные или стеклопластиковые муфты по концам трубы, а также по одному или по два кольцевых эластомерных уплотнителя.

8.7.2.2 При продавливании трубные секции следует располагать втулочным концом вперед, Усилие продавливания должно передаваться на бетонный торец по всей его плоскости через жесткую металлическую обечайку и демпирующее компрессионное кольцо.

8.7.3 Бестраншейная прокладка композитных труб

8.7.3.1 Для бестраншейной прокладки водопропускных труб допускается использовать композитные специальные стекло- или базальтопластиковые трубы для микротоннелирования, соответствующие требованиям 7.1.3. Стандартная длина поставляемых труб 6,0 м. По специальному заказу могут быть поставлены трубы длиной 3; 2 и 1м.

Композитные трубы могут быть использованы при любых методах бестраншейной прокладки, однако при прокладке с помощью БШМ требуется защита внутренней поверхности трубы от повреждения. При использовании методов бурошнекового бурения или продавливания необходимо использование стального режущего оголовка.

При бестраншейном способе прокладки должны применяться специальные соединительные муфты, не выступающие за наружный диаметр самой трубы.

8.7.3.2 Глубина заложения композитных труб не должна превышать 12 м над верхом трубы для грунтов с характеристиками, согласно таблице 5.

Таблица 5 – Физико-механические характеристики грунтов

Характеристика грунта	Вид грунта	
	Песчаные	Глинистые
Объемный вес, кН/м^3	19	18
Угол внутреннего трения, град.	30	18
Модуль деформации, Н/см^2	1300	800
Расчетное сопротивление грунтов в основании труб, Н/см^2	≥ 12	
Уровень грунтовых вод	≤ 10,0 м	

При прокладке труб в грунтах с другими характеристиками, увеличивающими давление грунта и на глубинах заложения более 12 м над верхом труб, необходимо в проекте выполнять проверочный расчет труб на прочность, деформативность и устойчивость.

Минимальная глубина заложения до верха трубы диаметром до 1,0 м должна быть не менее 2,0 м, а для труб большего диаметра – 3,0 м.

8.7.3.3 Трубы тип 1(п. 7.1.3) с муфтами из нержавеющей стали должны продавливаться вместе с муфтой, обращенной по ходу продавливания, трубы тип 2 со стеклопластиковой муфтой должны продавливаться с муфтой, обращенной против хода продавливания.

8.7.3.4 Максимально допустимое угловое отклонение труб при продавливании приведено в таблице 6.

Таблица 6

Наружный диаметр трубы, мм	Максимально допустимое угловое отклонение, градусы
401–550	2,0
650–750	1,5
800–860	1,2
920–1099	1,0
1220–1350	0,8
1430–1720	0,6
1840–2050	0,5
2250–2740	0,4

8.7.4 Прокладка труб в защитном футляре

8.7.4.1 Полимерные, стальные гофрированные (в т.ч. спиральновитые) трубы, равно как и трубы из других материалов могут применяться в качестве внутренней оболочки при их прокладке в стальных футлярах.

8.7.4.2 Рекомендуемая величина технологического зазора между внутренней поверхностью футляра и протаскиваемой в него рабочей трубой составляет 50–100 мм и не должна быть менее 30 мм.

8.7.4.3 Трубы из ПНД могут иметь резьбовое соединение, замковое или на сварке. Сборка труб с резьбовым и замковым соединением должна осуществляться в соответствии с технологическими регламентами заводов-изготовителей. Сварочные работы по соединению труб должны выполняться в соответствии с положениями правил [20].

Для труб диаметром до 1200 мм монтаж стыков должен осуществляться в котловане или на рабочей площадке, для труб внутренним диаметром 1200 мм и более допускается соединение звеньев труб внутри футляра.

8.7.4.4 Протаскивание собранной плети или отдельных звеньев труб ведется раструбами вперед в направлении вверх по уклону с использованием неметаллических тросов.

Перед затаскиванием труб внутри футляра производится бетонирование направляющего лотка или создание других условий, позволяющих обеспечить проектный уклон и сохранность труб, снизить воздействие на них нагрузок от протаскивания.

8.7.4.5 Заполнение технологического зазора между наружней поверхностью затаскиваемых труб и внутренней поверхностью футляра производиться тиксотропным цементным раствором в пределах всей длины трубы. Для труб диаметром 1200 мм и более при большой длине трубы допускается заполнение зазора посекционно с обязательным контролем полноты заполнения.

8.7.4.6 При устройстве внутренних рабочих труб в защитном футляре рекомендуется руководствоваться правилами выполнения работ, изложенными в [21].

8.8 Устройство оголовков, укрепительные и планировочные работы

8.8.1 Устройство оголовков

8.8.1.1 При бестраншейной прокладке водопропускные трубы могут устраиваться как с оголовками, так и без них.

Оголовки, при их применении должны быть, как правило, из типовых сборных железобетонных элементов. Тип и конструкция оголовков, а также сопряжение оголовков с телом трубы должны быть указаны в проекте, а порядок монтажа в ППР.

При устройстве водопропускных труб из композиционных материалов рекомендуется конструкция оголовка, указанная на рисунке 18.

Данное решение обеспечивает сцепление бетонной поверхности с поверхностью композитной трубы. С этой целью фрагмент трубы длиной 70 – 100 см обрабатывается смолой и посыпается абразивным материалом (песком и др.). После полимеризации смолы отрезки трубы с улучшенной адгезией к бетону сопрягаются с основной трубой с помощью специальных муфт, которые также обрабатываются смолой и абразивным материалом. Для повышения сцепления трубы с бетонным оголовком и восприятия сдвигающих сил по поверхности контакта трубы с бетоном могут применяться отрезки трубы с упорными кольцами.

8.8.1.2 При монтаже оголовков особое внимание должно быть уделено обеспечению надежного сопряжения трубы и оголовка в целях исключения возможности возникновения неравномерных осадок.

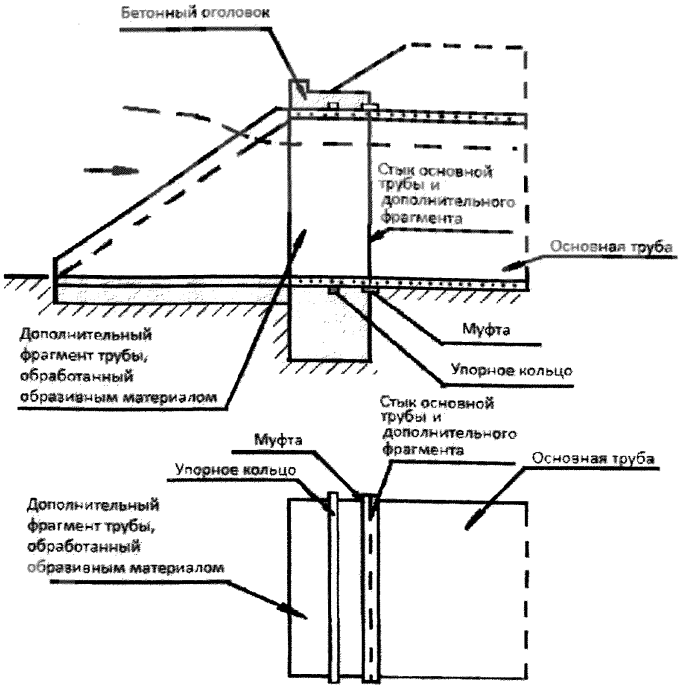


Рисунок 18 – Конструкция оголовка композитной водопропускной трубы

Также по индивидуальным проектам допускается устройство оголовков из габионных конструкций.

Металлические и композитные трубы могут устраиваться без оголовков, при этом торцы труб должны быть обрезаны вертикально или наклонно, параллельно откосу насыпи. Откосы насыпи в этом случае должны быть укреплены (рисунок 19).

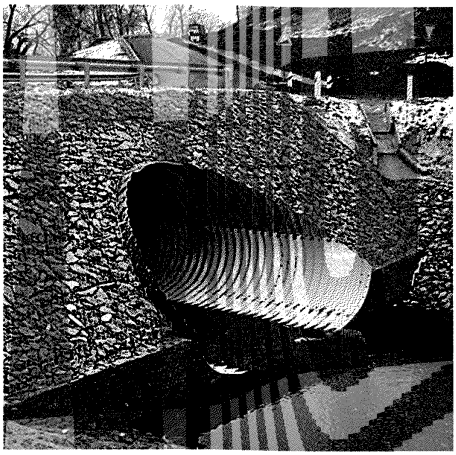


Рисунок 19 – Укрепление откоса у водопропускной трубы

8.8.2 Укрепление откосов и русел

8.8.2.1 Для предотвращения размыва насыпи и подмыва основания водопропускной трубы должно выполняться укрепление откосов насыпи и устройство противофильтрационных экранов. Укрепление откосов и русел рекомендуется выполнять из сетчатых габионных изделий (рисунок 6) или бетонными и железобетонными сборными или монолитными покрытиями, а также каменной наброской по типовым проектам [22].

8.8.2.2 На легкоразмываемых грунтах логов для уменьшенияскорости потока проектом должны быть предусмотрены гасители скорости потока.

8.8.3 Ликвидация котлованов и площадок, планировка территории

После выполнения основных работ и до сдачи водопропускной трубы в эксплуатацию должны быть выполнены работы:

- в стартовом котловане демонтировано и вывезено технологическое оборудование, материалы, бетонное покрытие;

- удален из русла и вывезен грунт, отсыпанный на время производства работ;

- очищены русло и пойма от посторонних предметов;

- разобраны и вывезены временные сооружения на строительной площадке;

- выполнена планировка и рекультивация земель;

- в случае указания в проекте или по предписанию контролирующих органов выполнена посадка кустарников и деревьев на всей территории строительства, включая подъездные дороги.

Выполнение перечисленных работ должно быть указано в акте сдачи водопропускной трубы в эксплуатацию.

9 Требования к контролю и приемке работ

Контроль работ по бестраншейной прокладке водопропускных труб в соответствии с ГОСТ 32731 должен включать:

- входной контроль;

- операционный контроль работ;

- оценку соответствия выполненных работ;

- приемку выполненных работ.

9.1 Входной контроль

При входном контроле подрядчиком (генподрядчиком) осуществляется проверка:

- проектной документации;

- применяемых материалов и изделий.

Проектную документацию, включая ПОС и рабочую документацию, следует проверять на комплектность, наличие согласований и утверждений, ссылок на нормативные документы для материалов и изделий, наличие указаний о методах контроля и измерений.

При поступлении материалов и изделий, используемых при бестраншейной прокладке водопропускных труб, должна осуществляться их

проверка на соответствие требованиям проектной и рабочей документации, раздела 7 настоящего ОДМ, а также другим документам, определяющим требования к материалам и изделиям. Соответствие установленным требованиям должно подтверждаться сертификатами, паспортами, актами и другими документами, направленными предприятиями-изготовителями и другими поставщиками на объект строительства вместе с отгружаемой продукцией.

Входной контроль должен производиться лицом, осуществляющим строительство (подрядчиком, генподрядчиком), с привлечением, в случае несоответствия материалов и изделий установленным требованиям, представителей заказчика и предприятий изготовителей (поставщиков).

При входном контроле материалов и изделий должна осуществляться проверка:

- наличия маркировки и её соответствие данным, приведенным в сертификатах и паспортах, а также в проектной документации;

- комплектность материалов и изделий;

- отсутствие внешних повреждений и дефектов.

Входной контроль должен осуществляться визуальным осмотром и измерением геометрических размеров в соответствии с ГОСТ 13015 (разделы 5–8). По результатам входного контроля оформляются документы в соответствии с ГОСТ 24297.

Ответственность за соответствие материалов и изделий установленным требованиям, правильность их погрузки на транспортные средства, а также за правильность маркировки несет предприятие-изготовитель (поставщик). При выявлении несоответствия материалов и изделий требованиям нормативных документов и проекта или сопроводительным документам, партия материалов или изделий бракуется с оформлением акта и возвращается поставщику.

При повреждении материалов и изделий в пути подрядчиком совместно с заказчиком составляется акт рекламации, который направляется

предприятию-изготовителю и транспортной компании, осуществлявшей перевозку.

9.2 Операционный контроль работ

Операционный контроль выполнения работ по бестраншейной прокладке водопропускных труб предназначен для предупреждения возникновения скрытых дефектов, которые могут оказать негативное влияние на состояние и работу, как водопропускных труб, так и земляного полотна, и дорожного покрытия на данном участке.

Операционный контроль должен проводиться непосредственно на строительной площадке в процессе выполнения подготовительных, основных и заключительных работ.

Операционный контроль выполняется представителями лица, осуществляющего строительство (подрядчика, генподрядчика). при участии представителей заказчика.

При выполнении операционного контроля производится проверка:

- соответствия последовательности и состава выполняемых технологических операций проектной нормативной и технологической документации

- соблюдения технологических режимов, установленных ППР, инструкциями и технологическими регламентами;

- соответствия показателей качества выполнения операций и их результатов требованиям проектной, нормативной и технологической документации.

Основные контролируемые параметры при бестраншейной прокладке водопропускных труб и способы их проверки приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные контролируемые параметры и способы их проверки

Раздел ОДМ	Операция	Контролируемые параметры	Допускаемые отклонения	Способы контроля
8.1.1	Подготовка рабочих котлованов и площадок	- крутизна откосов - утепление грунта в зимних условиях - планировка и укрепление дна	В соотв. с табл. 2 В соотв. 8.1.1.5 В соотв.8.1.1.7	Инстр. Визуал. Инстр.
8.1.2	Устройство ограждающих и вспомогательных конструкций	- укрепление вертикальных стенок - устройство упора - укрепление рабочей стенки	В соотв. 8.1.2.2 В соотв. 8.1.2.3 В соотв. 8.1.2.4	Визуал. Рассчет. Визуал.
8.1.3	Монтаж бурового оборудования	- монтаж направляющих - установка домкратной станции - монтаж системы подачи бентонитового раствора - монтаж рабочего оборудования	В соотв. 8.1.3.2 В соотв. 8.1.3.3 В соотв. 8.1.3.5 В соотв. 8.1.3.6	Визуал. Визуал. Визуал. Визуал.
8.2	Прокладка труб методом шнекового бурения	- монтаж пилотной секции - первоначальное забуривание	В соотв. 8.2.1 В соотв. 8.2.4	Визуал. Инстр.
8.3	Прокладка труб методом микротоннелирования	- подготовка ЩММ к работе - отклонение ЩММ в процессе работы - объем разработанного грунта	В соотв. 8.3.2 В соотв. 8.3.3 В соотв. 8.3.4	Визуал. Инстр. Инстр.
8.4	Прокладка труб методом щитовой прходки	- подготовка щита к работе - разработка грунта - устройство обделки	В соотв. 8.4.2 В соотв. 8.4.3 В соотв. 8.4.4	Визуал. Инстр. Визуал.
8.5	Прокладка труб методом продавливания	- подготовка котлована - устройство упора - проходка скважины	В соотв. 8.5.1 В соотв. 8.5.1 В соотв.8.5.2-8.5.3	Визуал. Рассчет. Инстр.
8.6	Устройство водопропускных сооружений под защитой экрана из труб	- замковое соединение труб - устройство защитного экрана - разработка грунта	В соотв. 8.6.1 В соотв. 8.6.2 В соотв. 8.6.3	Визуал. Инстр. Визуал.
8.7.1	Прокладка стальных труб	- подготовка секций труб - стыковка секций труб	В соотв. 8.7.1.2 В соотв. 8.7.1.3	Инстр. В изуал.
8.7.2	Прокладка железобетонных труб	- процесс продавливания	В соотв. 8.7.2.2	Визуал.
8.7.3	Прокладка композитных труб	- глубина заложения - процесс продавливания - угловое отклонение	В соотв. 8.7.3.2 В соотв. 8.7.3.3 В соотв. 8.7.3.4	Инстр. Визуал. Инстр.
8.7.4	Прокладка труб в	- технологический зазор	В соотв. 8.7.4.2	Инстр.

	защитном футляре	- монтаж стыков - протаскивание плети - заполнение технологического зазора	В соотв. 8.7.4.3 В соотв. 8.7.4.4 В соотв. 8.7.4.5	Визуал. Визуал. Визуал.
8.8.1	Устройство оголовков	- сопряжение трубы и оголовка	В соотв. 8.8.1.2	Визуал.
8.8.2	Укрепление откосов и русел	- строительно-монтажные работы	В соотв. 8.8.2.1-8.8.2.2	Визуал.
8.8.3	Ликвидация котлованов и площадок, планировка территории	- строительно-монтажные работы	В соотв. 8.8.3	Визуал.

Проектная организация в соответствии с правилами [23] должна осуществлять авторский надзор за реализацией технических решений и требований, содержащихся в проектной и рабочей документации, вносить изменения в рабочую документацию и согласовывать изменения к проекту в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.1101.

9.3 Оценка соответствия выполненных работ

Оценка соответствия результатов выполненных работ по бестраншейной прокладке водопропускных труб должна производиться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.1101, ГОСТ 32731, ГОСТ 32867, ГОСТ 32756, проектной и рабочей документацией, а также положениями настоящего ОДМ.

Оценка соответствия выполненных работ должна производиться:

- при промежуточной приемке этапов выполненных работ (освидетельствование геодезической разбивочной основы, оценка соответствия котлованов, шпунтового ограждения, смонтированного оборудования, защитного экрана и т.д.)

- на заключительном этапе, при приемке законченных строительством объектов в соответствии с проектной и рабочей документацией.

Оценка соответствия выполненных работ должна устанавливать:

- контроль отметок и правильность установки конструкций и оборудования, необходимых для выполнения работ;

- контроль отметок и правильность установки элементов конструкции водопропускной трубы и плотность примыкания элементов к опорным поверхностям и друг к другу в пределах допускаемых отклонений;

- качество сварки, соединения и заделки стыков и швов;

- выполнение других специальных требований проекта.

Промежуточная оценка этапов выполненных работ должна оформляться актами на скрытые работы за подписью представителя заказчика, проектной и строительной организации.

Заключительная оценка соответствия законченных строительством объектов должна осуществляться в соответствии с ГОСТ 32755 приемочной комиссией, назначаемой заказчиком. Приемочная комиссия проверяет соответствие законченного строительством объекта проектной и рабочей документации, а также оценивает объем и качество выполненных работ.

При заключительной оценке соответствия проверяется:

- соответствие выполненных работ и смонтированных конструкций требованиям проектной документации;

- соответствие применяемых материалов и изделий требованиям проектной и рабочей документации, требованиям стандартов и других нормативных документов;

- соответствие объемов выполненных работ по отдельным видам требованиям проектной, рабочей и исполнительной документации;

- полнота и качество промежуточной приемки этапов выполненных работ и ведения исполнительной и другой установленной производственно-технической документации (общие и специальные журналы производства работ, исполнительные чертежи, журналы авторского надзора, акты освидетельствования работ, паспорта и сертификаты на материалы и изделия).

По требованию заказчика может быть проведено вскрытие конструкций. В случае выявления несоответствия выполненных работ

проектной документации и требованиям нормативных документов, работы подлежат переделке.

Результаты оценки соответствия оформляются в соответствии с ГОСТ 32756 и ГОСТ 32755.

10 Мероприятия по охране труда и безопасности работ

10.1 Работы по бестраншейной прокладке подземных сооружений должны выполняться с соблюдением правил безопасности [24], [9], [25], требований инструкций по эксплуатации применяемых машин и механизмов.

10.2 При подготовке к сооружению стартового и приемного котлованов, прокладке секций труб и устройстве экранов из труб надлежит оградить зону работ, выставить соответствующие знаки и освещение, выполнить мероприятия по обеспечению сохранности существующих коммуникаций и сооружений.

10.3 Строительная площадка должна содержаться в чистоте, все отходы должны ежедневно удаляться в специально отведенные места. Запрещается загромождать проходы и подходы к оборудованию, ширина которых должна быть не менее 1 м, в зимнее время их надлежит очищать от снега и наледи и посыпать песком.

10.4 Стартовый и приемный котлованы должны иметь предохранительное ограждение высотой не менее 1,1 м и быть оборудованы сходами или лестницами шириной не менее 0,6 м. Площадки у котлованов должны быть горизонтальными, иметь твердое покрытие. При сооружении котлованов необходимо выполнить мероприятия, исключающие затопление котлованов талыми и атмосферными водами.

Крепление котлованов должно обеспечивать восприятие нагрузок от оборудования, установленного на бровке котлованов. Лицами технического надзора должно проводиться визуальное, а маркшейдерской службой – не реже одного раза в неделю инструментальное наблюдение за состоянием крепи котлованов с занесением результатов измерений в журнал.

Все оборудование на бровке котлована должно быть закреплено от скатывания в котлован.

10.5 К обслуживанию оборудования допускается только обученный персонал, прошедший инструктаж по охране труда и технике безопасности в соответствии с ГОСТ 12.0.004 и обеспеченный средствами индивидуальной защиты, спецодеждой и спецобувью.

Оборудование должно иметь предупредительные надписи, на рабочих местах должны быть инструкции по технике безопасности. Запрещается использование оборудования, для целей, не предусмотренных паспортом и инструкцией по эксплуатации. Все системы инженерного обеспечения оборудования должны оснащаться приборами контроля и предохранительными клапанами, исправное состояние которых должно контролироваться согласно инструкции по эксплуатации.

10.6 При производстве работ запрещается нахождение людей в зоне выхода буровой головки в приемном котловане, под опускаемым в котлован грузом.

Ввод и вывод МТПК через крепь стартовых и приемных котлованов, а также удаление элементов крепи котлованов, попадающих в зону бурения, должны выполняться в присутствии технического персонала. Рабочие во время подачи секций труб в котлован не должны находится в опасной зоне.

10.7 Напряжение в сети питания центрального щита управления МТПК не должно превышать 230 В, питание должно быть стабильным и бесперебойным. Оборудование, металлоконструкции, вагончики должны быть заземлены. Прокладка кабелей и шлангов должна исключать их сдавливание, растягивание или повреждение при работе.

10.8 При выполнении электросварочных работ надлежит выполнять требования [26]. Электросварочные устройства должны быть рассчитаны на подключение к сетям с напряжением не выше 660 В. Металлические части электросварочного оборудования, не находящегося под напряжением, а также свариваемые конструкции на все время сварки должны быть

заземлены. Подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться при помощи опрессованных и припаянных кабельных наконечников. При выполнении электросварочных работ в котловане с источником переменного тока все электросварочные установки должны быть оборудованы устройствами автоматического снятия напряжения холостого хода или ограничения его до 12 В с выдержкой времени не более 0,5 с.

Производство электросварочных работ во время дождя или снегопада при отсутствии навесов над рабочим местом электросварщика и электросварочным оборудованием не допускается.

10.9 Перед началом профилактического обслуживания оборудования должны быть выключены все источники питания, приняты меры по предотвращению случайного пуска, а все опрессованные емкости разгерметизированы.

Профилактическое обслуживание оборудования должно проводиться по графику регламентных работ и проверок с соблюдением всех требуемых условий эксплуатации оборудования и инструкций по профилактическому обслуживанию и ремонту.

10.10 Уровни шума и вибрации, а также освещенность строительной площадки и рабочих мест должны соответствовать требованиям нормативных документов. Между проходчиками в стартовом и приемном котлованах должна быть обеспечена двусторонняя связь.

10.11 При необходимости нахождения работающего персонала в прокладываемых трубах внутренним диаметром 1,2 м и более до начала работ осуществляется комплекс мероприятий, обеспечивающий им безопасные условия (вентиляция, освещение, шум, вибрация и т.д.) в соответствии с требованиями [19]. В трубах диаметром менее 1,2 м работа людей запрещается.

Приложение А

(рекомендуемое)

Рекомендуемое число и глубина скважин, необходимых при бестраншейной прокладке водопропускных труб

Количество разведочных скважин по оси водопропускной трубы определяется категорией автомобильной или железной дороги, строением насыпи, ее высотой и крутизной ее откосов.

Ширина земляного полотна в уровне проезжей части автомобильной дороги категорий I – V находится в пределах от 8 до 43,5 м.

Ширина земляного полотна в уровне основной площадки железной дороги категорий I – IV находится в пределах от 6,2 до 11,7 м.

Крутизна откосов насыпи автомобильной или железной дороги изменяется от 1:1,3 до 1:2 в зависимости от типа грунта, слагающего тело насыпи.

Таким образом, в качестве ориентира число разведочных скважин при вышеупомянутых параметрах автомобильных и железных дорог следует принимать:

- при высоте насыпи до 6 м – не менее пяти вдоль оси водопропускной трубы и по одной в рабочем и приемном котлованах;

- при высоте насыпи до 12 м – не менее семи вдоль оси водопропускной трубы и по одной в рабочем и приемном котлованах;

- при высоте насыпи более 12 м – не менее семи вдоль оси водопропускной трубы и по одной в рабочем и приемном котлованах.

Глубина скважин определяется необходимостью освещения геологического разреза, гидрогеологических условий, свойств грунтов в пределах прогнозируемой зоны взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой.

Глубину скважин $H_{скв}$, м, для водопропускной трубы, сооружаемой бестраншейным способом, следует определять по формуле:

$$H_{скв} \geq H_{н} + 2D \qquad (А.1)$$

где $H_{н}$ – высота насыпи автомобильной или железной дороги в месте заложения скважины, м;

D – диаметр водопропускной трубы, м.

При диаметре трубы D <2,0 м глубина скважин должна быть не менее чем на 4,0 м ниже подошвы насыпи.

Приложение Б

(рекомендуемое)

Методика расчета усилия продавливания труб

Усилие продавливания трубы складывается из усилий, необходимых для преодоления сопротивления продавливанию: начального сопротивления, трения о грунт, потерь от трения в элементах механизмов, сопротивления трению от статического давления трубы на грунт, адгезии между трубами и грунтом. Эти сопротивления могут изменяться в зависимости от инженерно-геологических условий, глубины заложения и методов продавливания.

Для гидравлического и грунтового пригруза забоя общее усилие продавливания Р, кН, следует рассчитывать по формуле:

$$P = P_o + P_1 \qquad (Б.1)$$

где P_o – начальное сопротивление продавливанию, кН;

P_1 – усилие сопротивления трения и сцепления по боковой поверхности труб, кН.

Начальное сопротивление продавливанию $P_{o\ при}$ использовании гидропригруза определяется по формуле:

$$P_{o\ гидр.} = (P_w + P_c)\ \pi\ (D_a/2)^2 \qquad (Б.2)$$

где P_w – давление гидропригруза, кН/м^2;

P_c – усилие продавливания на площадь забоя (для грунтового массива – 150 кН/м^2, для гравия – 300 кН/м^2);

D_a – наружный диаметр трубы, м.

Давление гидропригруза P_w определяется по формуле:

$$P_w = P_з + 20 \qquad (Б.3)$$

где $P_з$ – горизонтальное давление грунтового массива в забое кН/м^2;

Примечание – $P_з$ следует рассматривать как горизонтальную составляющую горного давления с учетом возможного образования свода давления при коэффициенте бокового распора λ = 0,5, с учетов временной нагрузки и взвешивающего действия грунтовых вод.

Начальное сопротивление продавливанию P_o при использовании грунтового пригруза определяется по формуле:

$$P_{o\,гр.} = \alpha P_в \pi (D_a/2)^2 \quad (Б.4)$$

где α – коэффициент усилия резания, зависит от типа пород (равен 0,5 для вязких пород, 2,0 – для песчаных, 3,0 – для твердых);

$P_в$ – давление вынутой породы, кН/м^2;

$$P_в = P_з + P_{гс} + 20 \quad (Б.5)$$

где $P_{гс}$ – гидростатическое давление кН/м^2;

Усилие сопротивления трения и сцепления по боковой поверхности трубы P_1 рассчитывается по формуле:

$$P_1 = f_o L \quad (Б.6)$$

где f_o – сила сопротивления грунта вокруг трубы кН/м;

L – длина продавливания, м.

Сила сопротивления грунта вокруг трубы рассчитывается по формуле:

$$f_o = \beta [(\pi D_a q + G) \mu_{тр} + \pi D_a C'] \quad (Б.7)$$

где β – понижающий коэффициент усилия продавливания, который принимается для ила и вязких грунтов равным 0,35, для песчаных грунтов – 0,45, для гравия – 0,60, для твердых грунтов – 0,35;

q – равномерная нагрузка, воспринимаемая трубой, кН;

G – удельный вес трубы, кН/м;

$\mu_{тр}$ – коэффициент трения трубы с грунтом (таблица Б.1);

C' – адгезия труб с грунтом, кН/м^2 (таблица Б.1).

Таблица Б.1 – Коэффициенты трения и адгезионного сцепления

Материал труб	$\mu_{тр}$	Среднее значение $\mu_{тр.\,ср.}$	Сцепление C', кН/м^2
Бетон по песку, гравию	0,53 – 0,60	0,55	0,00
Бетон по супеси	0,40 – 0,50	0,45	0,19 – 0,16
Бетон по суглинку	0,36 – 0,45	0,40	0,15
Бетон по глине	0,30 – 0,50	0,40	0,22 – 0,19
Бетон по раствору бентонита	0,10	0,10	0,10 – 0,05
Стеклопластик по песку	0,20 – 0,25	0,22	0,00
Стеклопластик по глине	0,15	0,15	0,10
Стеклопластик по раствору бентонита	0,10	0,10	0,10 – 0,05

Приложение В

(рекомендуемое)

Расчет давления грунта на подземные трубопроводы при бестраншейной прокладке

Для расчета вертикального давления грунта на трубу от внешних нагрузок принимается расчетная схема, приведенная на рисунке В.1.

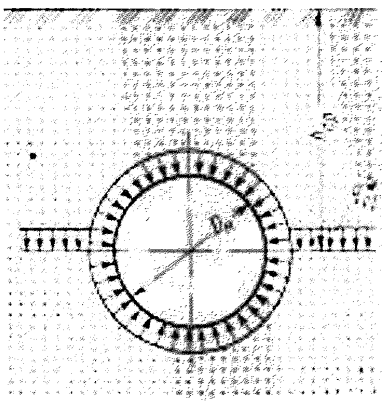


Рисунок В.1 – Среднее давление грунта на подземный трубопровод

Для расчета принимаются среднее давление грунта по горизонтальной плоскости, проходящей через центр трубопровода.

Среднее давление грунта определяется по формуле:

$$\sigma_{ср} = q_{гр} = \gamma_{ест} \cdot h_{ср} \quad (В.1)$$

где $\gamma_{ест}$ – объемный вес грунта в естественном состоянии;

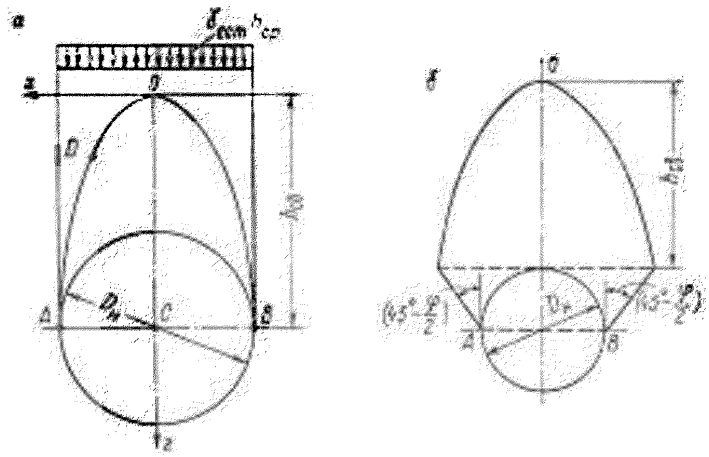
$q_{гр}$ – давление грунта на трубу.

При прокладке трубы на глубине, большей некоторой величины, над трубой образуется свод естественного равновесия высотой $h_{св}$ (рисунок В.2).

При прокладке труб бестраншейным методом высота свода по методике проф. М.М. Протодьяконова (рисунок В.2а) определяется по формуле:

$$h_{св} = \frac{D}{2 \cdot tg\varphi} \quad (В.2)$$

где φ – условный угол внутреннего трения, град.



а) – опирание свода на уровне центра трубы; б) – опирание свода на уровне верхней образующей трубы

Рисунок В.2 Давление грунта на подземную трубу при образовании свода естественного равновесия

В варианте, когда начало свода (по предложению Метрогипротранса) помещается на уровне верха трубы (рисунок В.2б), высота $h_{св}$ будет равна:

$$h_{св} = \frac{B}{D \cdot tg\varphi} \tag{В.3}$$

Величина пролета разгруженного свода В будет равна:

$$B = D_H\left[1 + tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)\right] \tag{В.4}$$

Давление грунта, расположенного выше точки О, полностью воспринимается грунтовым сводом, а на трубы давит грунт, находящийся внутри свода естественного равновесия. Давление принимается равномерно распределенным и равным:

$$q_{св} = \gamma_{вст} \cdot h_{св} \tag{В.5}$$

Начальная глубина, при которой начинает образовываться свод естественного равновесия, может быть рассчитана по зависимости:

$$h_{св} = \frac{D_H}{tg^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot tg\varphi} \tag{В.6}$$

$tg\varphi = f_{кр}$ - коэффициент крепости, учитывающий суммарное действие сил трения и сцепления грунта.

Для связных грунтов коэффициент крепости определяется формулой:

$$f = tg\varphi + \frac{c}{\sigma} \qquad (В.7)$$

где φ – угол внутреннего трения;

c – удельное сцепление;

σ – сжимающее напряжение, при котором определяется сопротивление связного грунта сдвигу.

Численные значения коэффициентов крепости для некоторых грунтов, соответствующие условные углы внутреннего трения приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Коэффициенты крепости f (по М.М. Протодьяконову) и условные углы внутреннего трения φ различных грунтов

Название	Коэффициент крепости f	Условный угол внутреннего трения φ в *град.*
Плывун, болотистый грунт, разжиженный грунт	0,3	9
Песок, мелкий гравий, насыпной грунт	0,5	27
Растительный грунт, торф, сырой песок, слабый глинистый грунт	0,6	30
Глинистый грунт, лёсс, гравий	0,8	40
Плотный глинистый грунт	1	60
Щебенистый грунт, галька, разрушенный сланец, твердая глина	1,5	60
Мягкий сланец, мягкий известняк, мел, мерзлый грунт, мергель, сцементированная галька и хрящ, каменистый грунт	2	65
Некрепкие сланцы, плотный мергель, разрушенный: песчаник	3	70
Крепкий глинистый сланец, некрепкие песчаники и известняки, мягкий конгломерат	4	70

Приложение Г

(рекомендуемое)

Расчет конструкции упора

При продавливании особое внимание должно уделяться прочности и устойчивости задней (упорной) стенки, воспринимающей упорные реакции усилий подачи, развиваемых гидродомкратной установкой. Опорные реактивные усилия, передаваемые упорной стенкой на грунт, достигают иногда более 500 тс.

При подборе типа упорной стенки (рисунок Г.1) необходимо учитывать пассивное давление грунта. Пассивное давление возникает при стремлении упорной стенки перемещаться в сторону грунта засыпки.

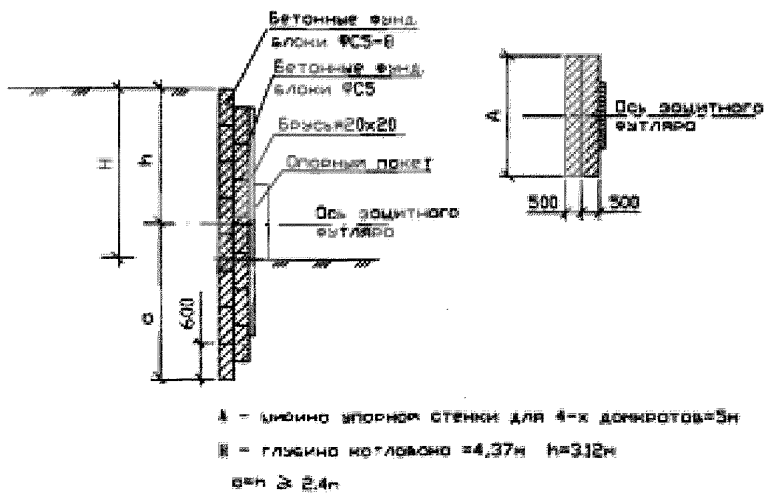


Рисунок Г.1 – Схема типовой упорной стенки Тип IV

Согласно рисунку Г.2, равнодействующая пассивного давления определяется:

для несвязного грунта (c = 0)

$$E_p = \frac{\gamma h^2}{2} \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad (Г.1)$$

для связного грунта ($c \neq 0$)

$$E_p = \frac{\gamma h^2}{2} \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) + 2ch \operatorname{tg}\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (Г.2)$$

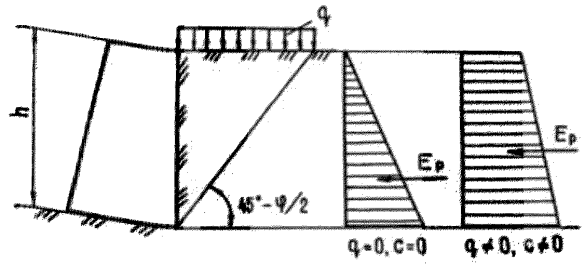


Рисунок Г.2 – Схема к расчету пассивного давления грунта на вертикальную гладкую стенку

Задача сводится к выбору конструкции и размеров упорной плиты, равнодействующая пассивного давление которой превышает усилие продавливания с принятым коэффициентом запаса.

Приложение Д

(рекомендуемое)

Сортамент стеклопластиковых безнапорных труб для микротоннелирования

Наружный диаметр DA, мм Тип муфты	Внутренний диаметр муфты Ds, мм		Кольцевая жесткость Н/м2										
			32000	40000	50000	64000	80000	100000	128000	160000	200000	320000	640000	1000000
550		Толщина стенки, мм		20	21	22	24	26	28	30	33	38	47	53
FS3(нерж)	533,5	Макс. осев. усилие,		484	505	566	684	728	808	888	1006	1199	1537	1755
M (ПАС)	537	Кн									893	1086	1423	1640
		Макс. осев. усилие,		73	75	80	87	94	101	108	118	134	163	182
		Кн		510	508	506	502	498	494	490	484	474	456	444
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
616		Толщина стенки, мм		21	23	25	27	29	32	34	37	43	50	58
FS3(нерж)	599,5	Макс. осев. усилие,		582	675	766	858	948	1083	1173	1304	1564	1860	2188
M (ПАС)	603	Кн								1040	1172	1432	1727	2055
		Макс. осев. усилие,		86	94	102	110	118	129	137	148	170	196	224
		Кн		574	570	566	562	558	552	548	542	530	516	500
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
650		Толщина стенки, мм	21	24	25	26	28	30	33	35	38	44	54	62
FS3(нерж)	633	Макс. осев. усилие,	613	760	809	857	953	1049	1191	1285	1425	1700	2145	2490
M (ПАС)	637	Кн							1054	1148	1288	1563	2008	2352
		Макс. осев. усилие,	91	104	108	112	120	128	141	149	161	184	222	252
		Кн	608	602	600	598	549	590	584	580	574	562	542	526
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
718		Толщина стенки, мм	23	25	27	28	30	32	35	40	43	48	59	68
FS4(нерж)	698,2	Макс. осев. усилие,	733	842	949	1002	1109	1215	1373	1632	1786	2040	2582	3012
M (ПАС)	705	Кн						1121	1278	1538	1691	1944	2486	2915

		Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	110 672	120 668	129 664	134 662	143 658	152 654	165 648	187 638	201 632	222 622	269 600	305 582
752 FS4(нерж) M (ПАС)	732 739	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	24 800 121 704	26 913 130 700	28 1026 140 696	30 1138 150 692	33 1305 1231 164 686	36 1470 1396 178 680	39 1635 1560 192 674	42 1797 1722 206 668	45 1958 1882 220 662	51 2275 2199 247 650	62 2843 2765 296 628	72 3342 3263 338 608
820 FS4(нерж) L (ПАС)	801 806	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	25 964 137 770	27 1088 148 766	29 1211 158 762	33 1456 1229 179 754	35 1577 1350 190 750	38 1758 1531 205 744	42 1998 1770 226 736	45 2175 1947 241 730	49 2410 2181 261 722	54 2700 2470 286 712	67 3433 3203 349 686	78 4032 3802 400 664
860 FS4(нерж) L (ПАС)	840,8 845	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	27 1140 155 806	29 1270 166 802	31 1399 170 798	35 1655 1407 199 790	37 1783 1534 210 786	40 1972 1723 227 780	43 2160 1911 243 774	47 2409 2160 264 766	51 2655 2405 285 758	58 3080 2830 321 744	72 3905 3654 392 716	
924 FS5(нерж) L (ПАС)	902,3 910	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	29 1302 179 866	32 1511 197 860	34 1649 1448 209 856	37 1856 1654 227 850	40 2060 1859 244 844	42 2197 1995 256 840	46 2466 2265 279 832	50 2734 2531 302 824	54 2998 2796 324 816	62 3519 3316 369 800	77 4470 4265 450 770	
960 FS5(нерж)	938,5	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие,	31 1497	34 17141	36 1858	39 2072	42 2285	44 2426	48 2706	52 2983	56 3258	64 3800	80 4854	

L (ПАС)	945	Кн		478	1622	1836	2048	2189	2469	2746	3012	3563	4615	
		Макс. осев. усилие,	199	217	230	248	266	278	302	326	350	396	486	
		Кн	898	892	888	882	876	872	864	856	848	832	800	
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
1026		Толщина стенки, мм	34	36	38	41	44	48	52	56	61	68		
FS5(нерж)	1004,	Макс. осев. усилие,	1830	1984	2138	2367	2595	2897	3195	3492	3859	4366		
L (ПАС)	6	Кн	1585	1739	1893	2122	2349	2651	2949	3246	361ё2	4118		
	1011	Макс. осев. усилие,	233	246	259	279	298	324	350	375	407	450		
		Кн	958	954	950	944	938	930	922	914	904	890		
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
1099		Толщина стенки, мм	35	38	41	44	48	51	56	59	64	73		
FS5(нерж)	1077	Макс. осев. усилие,	2040	2288	2535	2781	3106	3348	3748	3987	4380	5079		
L (ПАС)	1082	Кн	1717	1965	2211	2456	2781	3023	3423	3661	4054	4752		
		Макс. осев. усилие,	257	278	300	321	348	369	403	424	457	517		
		Кн	1029	1023	1017	1011	1003	997	987	981	971	953		
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
1229		Толщина стенки, мм	40	43	46	49	53	56	61	66	71	81		
FS5(нерж)	1207,	Макс. осев. усилие,	2748	3026	3302	3576	3940	4212	4660	5105	5546	6416		
L (ПАС)	1	Кн	2289	2566	2842	3116	3479	3750	4199	4643	5083	5951		
	1210	Макс. осев. усилие,	328	352	376	399	430	454	492	530	568	642		
		Кн	1149	1143	1137	1131	1123	1117	1107	1097	1087	1067		
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
1280		Толщина стенки, мм	41	45	47	52	55	59	64	68				
FS5(нерж)	1257,	Макс. осев. усилие,	2968	3354	3545	4022	4306	4682	5149	5520				
L (ПАС)	8	Кн	2434	2819	3011	3487	3770	4146	4613	4983				
	1260	Макс. осев. усилие,	351	384	400	441	465	497	537	569				
		Кн	1198	1190	1186	1176	1170	1162	1152	1144				
		Вес трубы, кг/м												
		Внутр. диаметр, мм												
1348		Толщина стенки, мм	44	47	50	54	58	62	67	72				

FS5(нерж) L (ПАС)	1327 1327	Макс. осев. усилие, Кн Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	3467 2824 396 1260	3771 3120 422 1254	4074 3432 448 1248	4476 3833 483 1240	4875 4278 517 1232	5272 4628 551 1224	5764 5120 593 1214	6252 5608 635 1204				
1434 FS5(нерж) L (ПАС)	1412, 1 1412	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	46 3890 3150 441 1342	49 4215 3474 469 1336	52 4537 3796 496 1330	57 5072 4330 542 1320	61 5497 4755 578 1312	65 5919 5177 615 1304	71 6548 5804 668 1292	76 7067 6323 713 1282				
1499 FS5(нерж) L (ПАС)	1476, 2 1476	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	48 4236 3476 481 1403	52 4688 3927 520 1395	56 5137 4376 558 1387	60 5582 4822 596 1379	64 6027 5265 634 1371	68 6469 5705 672 1363	74 7126 6362 728 1351	79 7670 6904 775 1341				
1638 L (ПАС)	1613	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	52 4218 569 1534	56 4711 611 1526	60 5202 653 1518	65 5811 706 1508	70 6417 757 1498	75 7018 809 1488	81 7734 870 1476					
1720 XL (ПАС)	1692	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	55 4381 632 1610	59 4899 676 1602	64 5542 731 1592	68 6054 775 1584	73 6690 830 1574	78 7322 884 1564						
1842 XL (ПАС)	1814	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м	59 5224 726 1724	63 5779 774 1716	68 6469 833 1706	73 7154 892 1696	78 7836 950 1686	83 8514 1008 1676						

		Внутр. диаметр, мм												
2047 XL (ПАС)	2016	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	65 6549 889 1917	70 7320 955 1907	75 8086 1021 1897	81 9000 1099 1885								
2160 XL (ПАС)	2128	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	68 7320 980 2024	73 8136 1048 2014	79 9100 1124 2002									
2250 XL (ПАС)	2218	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	71 7987 1068 2108	76 8835 1141 2098	82 9846 1227 2086									
2400 XL (ПАС)	2364	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	76 9251 1218 2248	81 10154 1295 2238										
2550 XL (ПАС)	2511	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	80 10346 1352 2390											
2740 XL (ПАС)	2699	Толщина стенки, мм Макс. осев. усилие, Кн Вес трубы, кг/м Внутр. диаметр, мм	86 12278 1579 2378											

Библиография

[1] Руководство по геодезическим работам при устройстве подземных коммуникаций. Москва, Стройиздат, 1983, 70 с.

[2] СТО НОСТРОЙ 2.1.94-2013 Система измерений в строительстве. Измерения геометрических параметров зданий и сооружений и контроль их точности. Утв. Решением Совета НОСТРОЙ 10.06.2013 № 42

[3] ГКИНП-02-033-82 Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Утв. ГУГК 05.10.1979. Москва, «НЕДРА» 1982, 98 с.

[4] Правила начертания условных знаков на топографических планах подземных коммуникаций масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Утв. Нач. Глав. Упр. геодезии и картографии при СМ СССР 28 апреля 1979 г

[5] СП 22.13330.2011 СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений

[6] Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. Утв. Пост. Правительства РФ 16.02.2008 № 87

[7] СП 116.13330.2012 СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения

[8] СП 48.13330.2011 СНиП 12-01-2004 Организация строительства

[9] СП 12-136-2002 Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ. Утв. Госстрой России 17.09.2002 № 122

[10] СП 35.13330.2011 СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы

[11] СП 69.13330.2012 СНиП 3.02.03-84 Подземные горные выработки

[12] СП 20.13330.2011 СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия

[13] СП 91.13330.2012 СНиП II-94-80 Подземные горные выработки

[14] ВСН 32-81 Инструкция по устройству гидроизоляции конструкций мостов и труб на железных автомобильных и городских дорогах. Утв. Минтрансстрой 29.08.1980 № НК-4407-1

[15] ОСТ 35-22-83 Трубы водопропускные из гофрированного металла под насыпи железных и автомобильных дорог. Технические условия. Утв. Минтрансстрой 15.12.1983 № 295

[16] ОДМ 218.2.001-2009 Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон)

[17] РД-11-05-2007 Порядок ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции капитальном ремонте объектов капитального строительства. Утв. Госгортехнадзор России 12.01.2007 № 7

[18] СП 46.13330.2012 СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы

[19] СТО НОСТРОЙ 2.27.19-2011 Освоение подземного пространства. Сооружение тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами с использованием высокоточной обделки. Утв. Решением Совета НОСТРОЙ 05.12.2011 № 22

[20] СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. Утв. Госстрой России 10.08.2000 № 80

[21] СТО НОСТРОЙ 2.25.102-2-2013 Автомобильные дороги. Устройство, реконструкция и капитальный ремонт водопропускных труб. Часть 4. Капитальный ремонт водопропускных труб. Утв. Решением Совета НОСТРОЙ 24.06.2013 № 43

[22] Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Серия 3.501.1-156. Укрепление русел, конусов и откосов насыпи у малых и средних мостов и водопропускных труб. Альбом. Выпуск 0. Конструкции укреплений. Материалы для проектирования. ЦИТП, 1990. 50 л.

[23] СП 11-110-99 Авторский надзор за строительством зданий и сооружений. Утв. Госстрой России 10.06.1999 № 44

[24] СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство

[25] ПБ 03-428-02 Правила безопасности при строительстве подземных сооружений. Утв. Госгортехнадзор России 01.11.2001 № 49

gost.e-ecolog.ru