

Глава 5. УСТРОЙСТВО ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ.

5.1. Трубопроводы и коллекторы.

Материалы, которые используются для изготовления труб, должны удовлетворять строительным, технологическим и экономическим требованиям. Строительные требования заключаются в обеспечении прочности и долговечности конструкций и возможности индустриализации строительства; технологические - в обеспечении водонепроницаемости и максимальной пропускной способности труб, а также исключении их истирания и коррозии; экономические - в обеспечении минимальной стоимости материалов и расходовании минимального количества дефицитных материалов. В конкретных условиях проектирования могут предъявляться и другие требования.

Изложенным требованиям удовлетворяют керамические, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, чугунные и пластмассовые трубы.

Трубы керамические канализационные для устройства безнапорных сетей выпускаются по ГОСТ 286-82 диаметром 150-300 мм (рис. 5.1). Они изготавливаются из пластичных спекающихся тугоплавких огнеупорных глин с добавлением шамота (обожженной глины в порошкообразном состоянии) путем обжигания при температуре 1250-1350°C. Покрытие их глазурью обеспечивает водонепроницаемость и гладкость (уменьшение шероховатости труб).

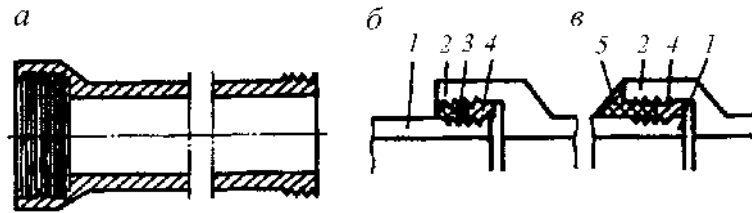


Рис. 5.1. Керамическая труба:

а - общий вид; б - стык с асфальтовым замком; в - стык с асбестоцементным замком; 1 - гладкий конец; 2 - раструб; 3 - асфальтовая мастика; 4 - смоляная прядь; 5 - асбестоцемент

Соединение керамических труб выполняется введением гладкого конца одной трубы в раструб другой с последующей заделкой стыка, состоящей из герметизирующей части (смоляной пряди) и замка (асфальтовая мастика, асбестоцементный или цементный раствор).

Железобетонные безнапорные трубы изготавливаются по ГОСТ 6482-88 диаметром 400-3500 мм. Они подразделяются на раструбные и фальцевые (рис. 5.2) и могут быть круглые и круглые с плоской подошвой. В зависимости от прочности трубы бывают двух групп: 1) нормальной прочности и 2) повышенной прочности. Герметизация стыков осуществляется смоляной прядью, специальными полисульфидными герметиками 51-УТ-37А и КБ-1 (ГС-1) или резиновыми кольцами. Замок стыка выполняется из асбестоцементного или цементного раствора или асфальтовой мастики.

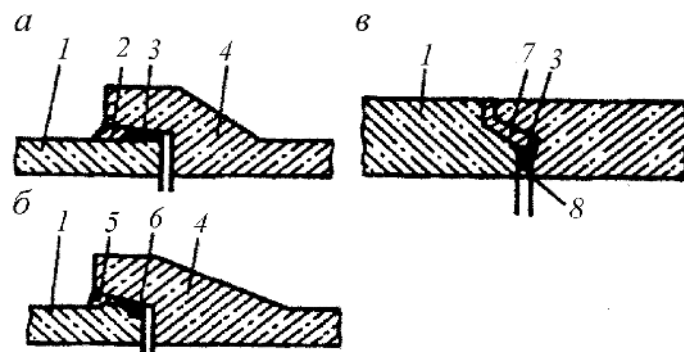


Рис. 5.2. Стыки железобетонных труб:

а и б - раструбные; в - фальцевые; 1 - гладкий конец трубы; 2 - асбестоцемент; 3 - смоляная прядь; 4 - раструб; 5 -

цементный раствор; 6 - резиновые кольца;
раствором

7 - цементный раствор или асфальтовая мастика; 8 - затирка цементным

Асбестоцементные трубы (безнапорные) изготавливаются по ГОСТ 1839-80 диаметром 100-400 мм. Соединение их осуществляется с помощью муфт.

Чугунные напорные (ГОСТ 9583-75*) и **безнапорные** (ГОСТ 6942.3-80) трубы с раструбным соединением диаметром 50-400 мм достаточно широко используют для прокладки канализационных сетей. Также находят применение трубы стальные электросварные с внутренним цементно-песчаным покрытием по ТУ 14-154-23-90 и внешним противокоррозийным покрытием из полиэтилена «Антикорекс» по ТУ 400-24-559-88.

Пластмассовые трубы. Для производства пластмассовых труб наиболее широко используют следующие термопластики: поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен (ПЭ) и полипропилен (ПП). Трубы из поливинилхлорида относительно более дешевые по сравнению с трубами из полиэтилена и полипропилена. Все указанные трубы используют для транспортировки сточных вод с температурой до +45°C. Пластмассовые трубы выпускаются напорные и безнапорные, гладкие и гофрированные. Соединения пластмассовых труб осуществляются посредством муфт или раструбов с уплотнительными резиновыми кольцами (рис.5.3). Для напорных и самотечных трубопроводов большого диаметра применяют стекловолоконный полистирол на основе термореактивных пластиков, лучше воспринимающих механические нагрузки.

Стальные трубы напорные бесшовные (ГОСТ 8732-78) наружным диаметром 152-465 мм, электросварные (ГОСТ 10706-76) наружным диаметром 530-1220 мм.



Рис. 5.3. Соединения пластмассовых труб

Трубопроводы больших диаметров (круглые, некруглые), которые часто называют коллекторами, выполняются из сборного железобетона. Конструкция их в основном зависит от способа производства работ, глубины заложения трубопровода, геологических и гидрогеологических условий строительства. На рис. 5.4 представлены варианты коллекторов, сооружаемых при закрытом (щитовом) способе.

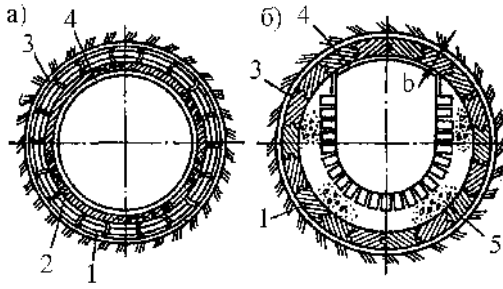


Рис. 5.4. Коллекторы, выполняемые при закрытом способе строительства:

а - круглой формы; б - полукруглой формы с облицовкой кирпичом;

1 - керамические или бетонные блоки;

2 - железобетонная рубашка; 3 - цементный раствор, нагнетаемый за блоки; 4 - штукатурка с железнением поверхности;

5 - бетон

Трубопроводы в песчаных и глинистых грунтах с нормальным сопротивлением, равным или большим 0,15 МПа, могут укладываться на естественное основание. Однако под трубопроводы диаметром 350-600 мм основание следует профилировать по форме трубы с углом охвата 90° (рис. 5.5, а). При глубине засыпки (до верха трубы) 3,5 м и более - для трубопроводов диаметром 350 мм и 1,5 м и более - для трубопроводов диаметром 600 мм, засыпку на глубину 0,2 м над верхом трубы рекомендуется выполнять песчаным грунтом с уплотнением. В глинистых грунтах укладка труб должна производиться на песчаную подушку.

Если грунт основания имеет нормальное сопротивление 0,1-0,15 МПа, то керамические и асбесто-цементные трубопроводы следует укладывать на монолитное бетонное основание, спрофилированное по форме трубы с углом охвата 90° (рис. 5.5,б). Под железобетонные трубопроводы также требуется устройство оснований с учетом несущей способности грунтов и других факторов.

Основания специальных конструкций выполняются на слабых (торф, свалочные и илистые), водонасыщенных и скальных грунтах.

Защита бетонных и железобетонных труб, коллекторов и сооружений может осуществляться одним из следующих способов: применением специальных цементов, не подвергающихся коррозии, увеличением плотности и водонепроницаемости стенок труб и конструкций, покрытием бетонных поверхностей гидроизоляцией.

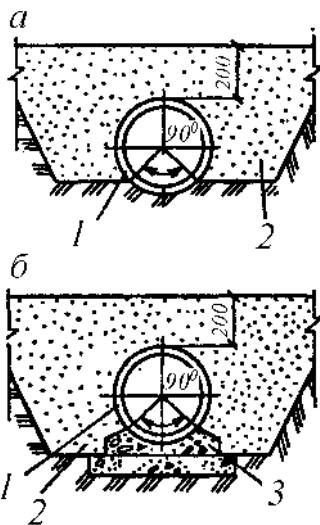


Рис. 5.5. Основания под трубы:

а - естественное профилирование;

б - монолитное бетонное; 1 - труба;

2 - песчаный грунт; 3 - бетонный

стул

Для изготовления бетонов рекомендуется применять пуццолановый, сульфатостойкий и другие цементы с гидравлическими добавками. Плотность бетонных стенок труб достигается за счет применения жестких бетонных смесей (с малым водоцементным отношением) и тщательного их уплотнения (трамбования, вибрирования, вакуумирования и центрифугирования).

Гидроизоляция труб и сооружений выполняется со стороны действия воды или газа. Гидроизоляция бетонных поверхностей подразделяется на жесткую (цементная штукатурка с железнением, торкрет-штукатурка, облицовка керамическими или пластмассовыми плитами и др.) и битумную. Битумная изоляция подразделяется на обмазочную,

пластичную и оклеечную. Пластичная гидроизоляция выполняется из мастик, в состав которых входит 40% битума и 60% заполнителей (молотый мел, мелкий песок и др.). Оклеечная гидроизоляция выполняется из рулонных материалов (рубероид, пергамин и др.), наклеиваемых с помощью битумов и мастик на изолируемые поверхности.

5.2. Сооружения на водоотводящей сети.

Колодцы и камеры на трубопроводах располагают в местах изменения диаметров и уклонов трубопроводов, изменения направления их в плане и устройства присоединений к ним боковых веток, а также на прямолинейных участках труб через 35-300 м (с увеличением диаметра труб расстояние между колодцами увеличивается).

Смотровые колодцы подразделяются на поворотные, узловые и линейные. Они служат для обеспечения доступа к трубопроводам, осмотра и наблюдения за ними и выполнения эксплуатационных операций на водоотводящих сетях.

Смотровые колодцы состоят из следующих основных элементов: рабочей камеры, горловины и переходной части между ними, основания и люка с крышкой над горловиной (рис. 5.6). В плане колодцы могут быть круглые, прямоугольные и полигональные.

Важнейший элемент колодца — основание. Оно должно обеспечивать устойчивость сооружения. В его конструкцию входит бетонный набивной лоток, обеспечивающий транспорт воды через колодец (от трубы к трубе).

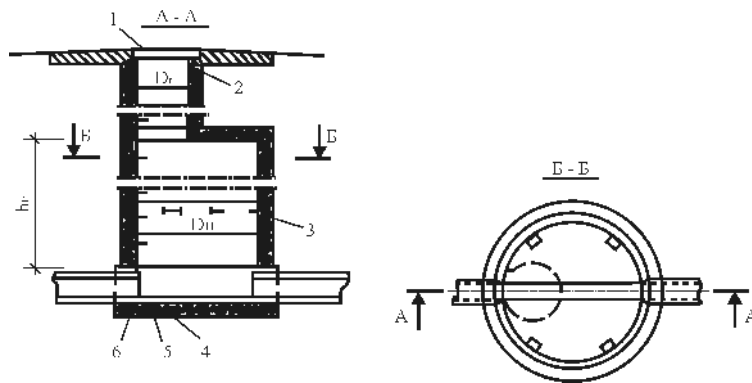


Рис. 5.6. Смотровой колодец:

1 - люк с крышкой; 2 - железобетонные кольца горловины; 3 - то же, камеры; 4 - бетон М 200 с затиркой; 5 - плита основания; 6 - песчаная подготовка

4 - бетон М 200 с затиркой; 5 - плита

Лоток в нижней части имеет форму полукруга, а в верхней — вертикальные стенки (рис. 5.7). Общая высота лотка должна равняться диаметру труб. С двух сторон лотка создаются полки, имеющие ширину не менее 200 мм и уклон к лотку не менее 0,02. Лотки поворотных колодцев и боковых присоединений следует выполнять по дугам окружностей с радиусом не менее одного диаметра.

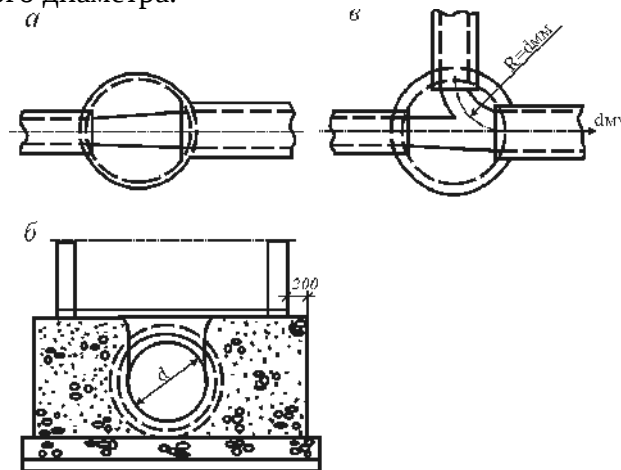


Рис. 5.7 Лотки смотровых колодцев:

а - план лотка колодца при увеличении диаметра трубопровода; б - план узлового колодца; в - сечение линейного лотка

Рабочая камера должна иметь следующие минимальные размеры: высоту — 1,8 м, диаметр — 1,0 м. Камеры узловых колодцев на трубопроводах больших диаметров целесообразно выполнять в плане полигональными с расположением стенок параллельно лоткам.

Минимальный диаметр горловины — 0,7 м. Рабочие камеры и горловины оборудуют скобами или лестницами для спуска в колодец и подъема из него. На уровне поверхности земли на горловины устанавливают люки с крышками, которые, как правило, выполняются чугунными.

На трубопроводах диаметром 1200 мм и более кривую поворота трубы следует принимать радиусом, равным не менее пяти диаметров трубы, и предусматривать колодцы в начале и конце кривой поворота.

На коллекторах, строительство которых осуществляют закрытым способом (щитовой метод), необходимо устраивать смотровые шахты или скважины диаметром не менее 0,9 м. Расстояние между ними не должно превышать 500 м.

Стенки рабочих камер и горловин смотровых колодцев могут выполняться из бетона или железобетона монолитными или сборными, а также из кирпича на цементном растворе. Бетонные лотки оснований обычно устраиваются монолитными из бетона марки 200 по специальным шаблонам — опалубкам с последующей затиркой цементным раствором и железнением.

Особое значение следует придавать заделке труб в лотковой части. На рис. 5.8 показаны примеры их конструктивного решения. При наличии грунтовых вод необходимо предусматривать гидроизоляцию дна и стенок колодцев на высоту, превышающую на 0,5 м уровень грунтовых вод. При этом можно применять обмазочную и оклеечную битумную гидроизоляцию.

Проектными институтами разработаны типовые проекты смотровых колодцев для различных геологических, гидрогеологических и климатических условий.

Особое значение имеет обеспечение долговечности верхней части колодцев (горловины и люков) в условиях чрезвычайно высокой интенсивности автомобильного движения в современных городах.

В зарубежной практике в последнее время широко применяют колодцы из гофрированных пластмассовых труб, способных деформироваться без разрушения под воздействием автотранспорта (рис. 5.9).

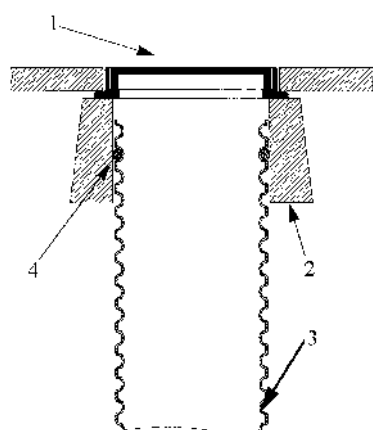


Рис. 5.9 Колодец из гофрированных пластмассовых труб:
1 - люк; 2 - коническая бетонная горловина; 3 -

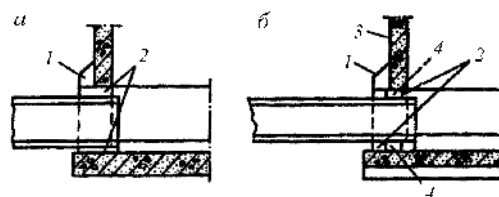


Рис. 5.8. Монтаж труб в колодцах:
а и б - в непросадочных грунтах соответственно сухих и мокрых; 1 - цементный раствор; 2 - асбестоцементный раствор; 3 - гидроизоляция; 4 -

В отечественной практике используют железобетонные унифицированные опорные плиты для канализационных, водопроводных и газопроводных колодцев.

Данная опорная плита изготовлена с использованием пластифицированных добавок, повышающих ударную прочность и морозостойкость бетона. Ее применение позволяет существенно повысить срок службы колодцев в условиях интенсивного движения автотранспорта и частых солевых противогололедных обработок дорожного покрытия в зимний период.

Сопряжение труб, уложенных на различной глубине, осуществляется с помощью перепадных колодцев. Необходимость применения их возникает в следующих случаях:

- при присоединении боковых веток к коллекторам или внутриквартальных сетей к уличным трубопроводам;
- при пересечении трубопроводов с инженерными сооружениями и естественными препятствиями;
- при устройстве затопленных выпусков воды в

водоемы;

- при больших уклонах поверхности земли для исключения превышения максимально допустимой скорости движения сточных вод.

По высоте перепадов перепадные колодцы подразделяют на перепадные колодцы малой (до 6 м) и большой высоты.

Перепадные колодцы всех конструкций могут быть подразделены на три типа:

- шахтного типа (с перепадами и без них);
- выполняемые по типу известных сопрягающих сооружений, применяемых в гидротехнической практике (быстротоки, водослив практического профиля и др.);
- колодцы, гашение энергии в которых основано на соударении струй воды со стенкой сооружения или специальной решеткой, а также на соударении струй воды, образующихся в результате разделения потока, в основании колодца.

Перепадной колодец шахтного типа малой высоты представляет собой камеру, форма которой аналогична форме смотрового колодца, к которой пристроена или встроена гладкая (без ступеней) шахта (стояк) круглого или прямоугольного сечения (рис. 5.10).

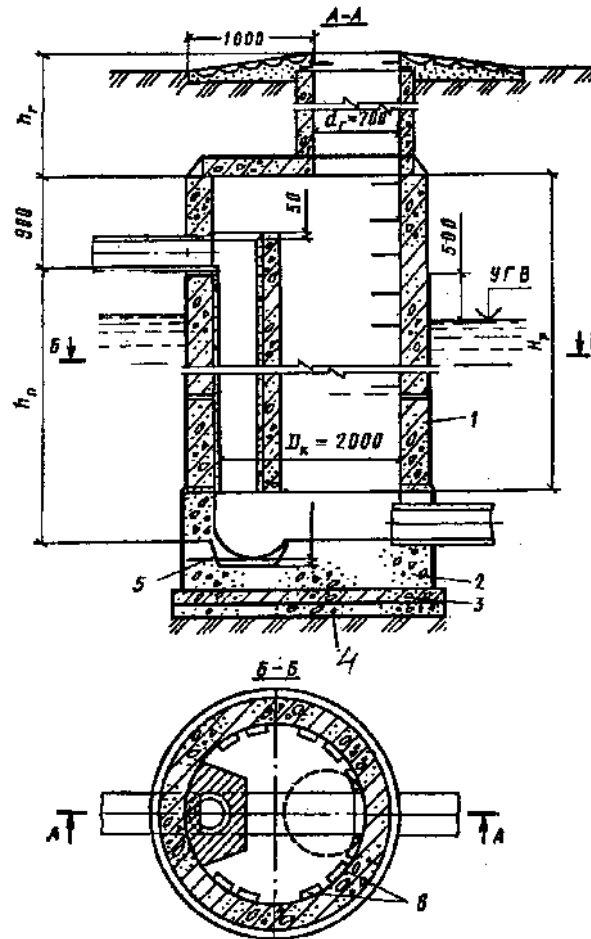


Рис. 5.10. Перепадной колодец шахтного типа:

1 - изоляция битумом; 2 - бетон марки М150 с затиркой поверхности; 3 - плита основания; 4 - бетон марки М100 по утрамбованному щебню грунта; 5 - стальная плита; 6 - упорные скобы, заложенные в швы между железобетонными кольцами

Он применяется на трубопроводах диаметром до 500 мм. Высота не должна превышать 6 м. Сечение стояка не должно быть менее сечения подводящего трубопровода. Над стояком желательно выполнять приемную воронку в виде колена или иной формы, а в основании — водобойный приямок. Наличие воды в приямке обеспечивает смягчение удара потока в основание. В целях повышения устойчивости сооружения основание усиливается стальной или чугунной плитой под стояком.

При устройстве стояка до 300 мм допускается установка направляющего колена в его

нижней части.

Перепадной колодцы рекомендуется выполнять из монолитного или сборного железобетона. Скорость движения воды в стояках достигает больших значений, поэтому требуется высокая прочность исполнения основания, стенок и стояка колодцев.

Перепадной колодец шахтного типа с многоступенчатыми перепадами также имеет в своем составе шахту, но она перегорожена ступенями, чередующимися по всей высоте в шахматном порядке (рис. 5.11). Для повышения надежности сооружения целесообразно делать две шахты. Устройство водобойного колодца в основании не требуется. Соотношение геометрических размеров рекомендуется следующее: $z = (0,5 - 2)B$ или $z = (0,5 - 2)d$ (при круглом сечении шахты); $a = B/2$.

Расчет перепадного колодца следует выполнять исходя из возможности пропуска всего расхода по одной шахте, но при условии предельной нагрузки ее (максимальном напоре, равном z). Размер отверстия между ступенями и стенками, площадь сечения которого равна $\omega = aB$, может быть определен по формуле истечения жидкости из отверстия

$$q = \mu\omega\sqrt{2gz}, \quad (6.1)$$

где μ - коэффициент расхода, равный $\mu = \varphi\varepsilon$, здесь φ - коэффициент скорости, равный 0,89; ε - коэффициент сжатия струи, определяемый по формуле А.Д.Альтшуля:

$$\varepsilon = 0,57 + 0,043/(1,1 - \Pi), \quad (6.2)$$

где $\Pi = a/B$ - степень сжатия струи.

Разделительные камеры устраиваются при полной раздельной и полураздельной системах водоотведения. Места расположения и назначения их различны. При полной раздельной системе разделительные камеры устраиваются:

- на дождевой сети в отдельных местах отводного коллектора или перед очистными сооружениями для сброса части дождевых вод при интенсивных дождях в водоем;
- на сооружениях для самостоятельной очистки дождевых сточных вод при необходимости разной степени их очистки.

При полураздельной системе водоотведения разделительные камеры устраиваются:

- на дождевой сети перед присоединениями ее к общесплавным коллекторам для сброса части дождевых вод при интенсивных дождях в водоем;
- перед очистными сооружениями для временного сброса части бытовых, производственных и дождевых сточных вод (при больших расходах последних) в регулирующие резервуары для последующей подачи на очистные сооружения.

Принципы работы и конструкции ливнеспусков и разделительных камер аналогичны (в последующем под термином ливнепуск будут подразумеваться ливнепуск и разделительная камера).

Основные требования, предъявляемые к ливнеспускам, заключаются в следующем:

1) отвод без сброса наиболее загрязненной части поступающих к ливнепуску сточных вод;

2) малая засоряемость сбросных и водоотводящих устройств.

Наиболее распространены разделительные камеры с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом, они состоят из лотка, одна сторона которого является водосливом.

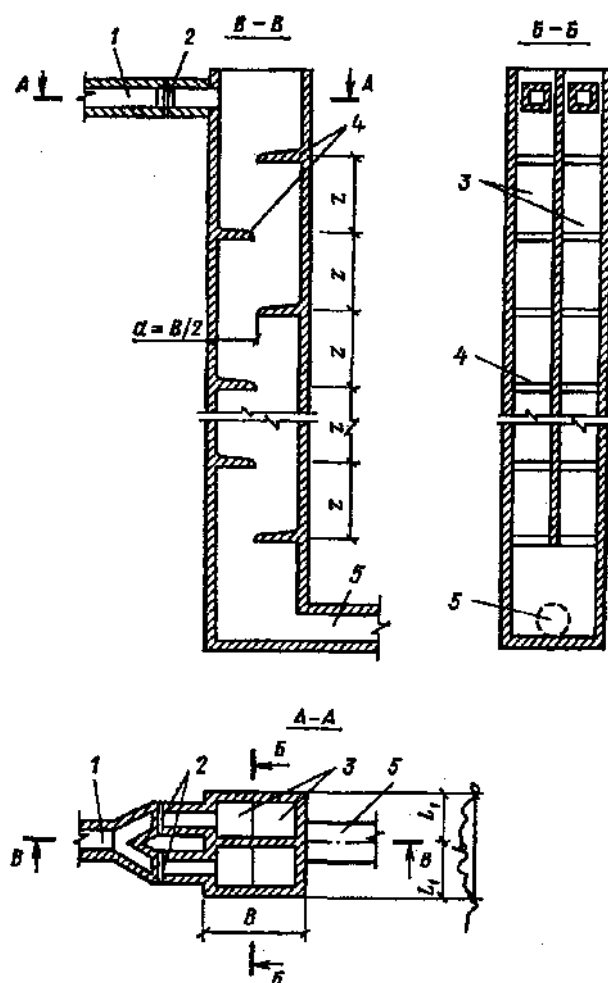


Рис. 5.11. Двухсекционный перепадной колодец шахтного типа с многоступенчатыми перепадами:

1 - подводящий коллектор; 2 - шиберы; 3 - секции перепадного колодца; 4 - ступени перепада; 5 - отводящий коллектор

Целесообразно гребень водослива выполнять металлическим и подвижным в вертикальных направляющих. Это позволит изменять высоту гребня водослива при наладке работы сооружений.

Разделительная камера с боковыми прямолинейными водосливами с двухсторонним сбросом состоит из лотка, обе стороны которого являются водосливами.

На рис. 5.12 показана разделительная камера с боковым криволинейным водосливом (центральный угол $\alpha = 90^\circ$), она состоит из криволинейного лотка, внешняя сторона которого является водосливом.

Ливнеотвод (сбросной трубопровод) следует проектировать на полное заполнение с некоторым запасом. Шельфа ливнеотвода (сбросного трубопровода) и гребень водослива должны находиться на одной отметке.

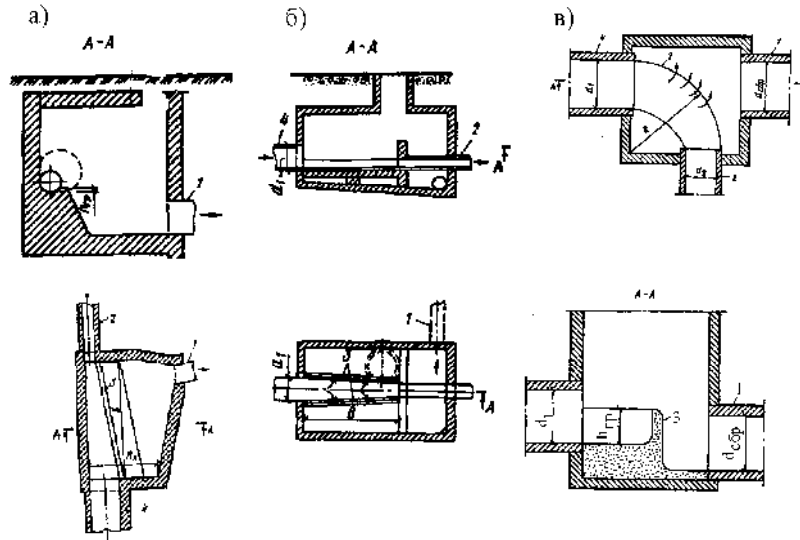


Рис. 5.12. Разделительная камера:

а - с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом; б - с боковыми прямолинейными водосливами с двухсторонним сбросом; в - с боковым криволинейным водосливом; 1 - ливнеотвод; 2 - отводящий трубопровод; 3 - гребень водослива; 4 - подводящий трубопровод

5.3. Пересечения трубопроводов водоотведения с оврагами, железными и автомобильными дорогами.

Самотечные трубопроводы часто пересекаются с различными естественными и искусственными препятствиями. К естественным препятствиям относятся ручьи, реки, овраги и т. п.; к искусственным — автомобильные и железные дороги, подземные коллекторы, трубопроводы различного назначения, кабели, пешеходные переходы, линии метрополитена и другие сооружения.

Конструкция пересечения зависит от взаимного высотного расположения (разности отметок) трубопровода и препятствия.

Если трубопровод непосредственно пересекается с препятствием, т.е. трубопровод и препятствие расположены на одной и той же отметке или разность их незначительна, то пересечение выполняется в виде дюкера - напорного трубопровода, соединяющего два самотечных трубопровода. На рис. 5.13 показана схема дюкера через реку.

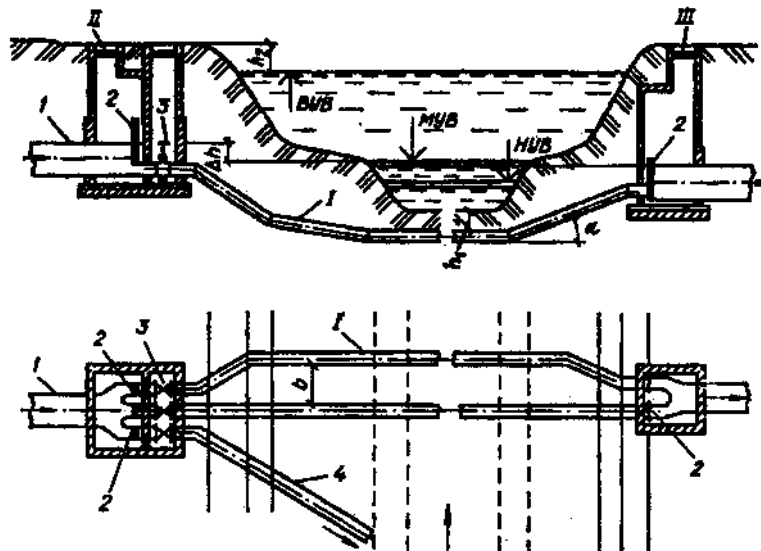


Рис. 5.13. Дюкер через реку:

I - напорные трубопроводы; II - верхняя камера; III - нижняя камера; 1 - подводящий самотечный трубопровод; 2 - щитовые затворы; 3 - задвижки; 4 - аварийный выпуск

Дюкер состоит из следующих основных элементов: напорных трубопроводов, верхней и нижней камер. Напорные трубопроводы дюкера выполняются не менее чем из двух ниток стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией. Диаметр их должен быть не менее 150 мм. Обе нитки должны быть рабочими. Лишь при небольших расходах допускается устройство дюкера с одной рабочей и одной резервной трубой. Дюкер укладывается в траншее по дну русла. Угол наклона восходящей части дюкера должен быть не более 20°. Глубина заложения подводной части трубопровода должна приниматься не менее $A = 0,5$ м до верха трубы, а в пределах фарватера на судоходных реках не менее $h = 1$ м. Расстояние между трубами дюкера в свету должно быть не менее $b = 0,7-1,5$ м (в зависимости от напора и других особенностей устройства дюкера). Аварийный выпуск может быть проложен из верхней камеры дюкера или из ближайшего колодца перед ним. Его устройство должно быть согласовано со всеми органами, осуществляющими контроль за охраной и использованием водоема.

Все линии дюкера принимают рабочими и рассчитывают на пропуск расхода

$$q_1 = q_p / n, \quad (5.3)$$

где q_p — расчетный расход через дюкер; n — число рабочих линий.

Диаметр труб определяют, исходя из условия обеспечения самоочищающих скоростей $v > 1,0$ м/с, по формуле

$$d = \sqrt{4q_1 / \pi v}. \quad (5.4)$$

Вода в трубах дюкера движется с заданной скоростью в результате наличия перепада уровней воды Δh в верхней и нижней камерах, который принимается равным потерям напора в дюкере и вычисляется по формуле

$$\Delta h = h_l + h_m = il + \sum \xi_i (v_p^2 / 2g), \quad (5.5)$$

где $h_l = il$ - потери напора по длине трубы; h_m - потери напора в местных сопротивлениях; i - гидравлический уклон (потери напора на единицу длины трубы); l - длина трубопроводов дюкера; v_p - скорость движения воды в трубах при расчетных условиях; g - ускорение свободного падения.

Сумма коэффициентов равна

$$\sum \zeta_i = \zeta_{вх} + \zeta_{задв} + m\zeta_{отв} + \zeta_{вых}, \quad (6.6)$$

где $\zeta_{вх}, \zeta_{задв}, \zeta_{отв}, \zeta_{вых}$ - коэффициенты местных сопротивлений соответственно на входе, в задвижке, в отводах и на выходе; m - число отводов.

Дюкер является коротким трубопроводом, в котором потери напора в местных сопротивлениях соизмеримы с потерями напора по длине труб, поэтому при определении потерь напора учитывают и местные сопротивления.

Дюкеры могут устраиваться и при пересечении самотечного трубопровода с автомобильными и железными дорогами, если они проходят в выемках. В этом случае трубопроводы прокладывают в футлярах (металлических или железобетонных) или осуществляется их бетонирование. В остальном дюкеры под железными и автомобильными дорогами проектируются аналогично проектированию дюкеров через реки.

Кожухи и туннели предназначены для предохранения рабочего трубопровода от нагрузок, возникающих при движении транспорта над ним. Одновременно кожух предохраняет дорогу от разрушения в случае аварии трубопровода. Футляры должны устраиваться с противокоррозионной изоляцией (торкрет-бетонное армированное, битумно-резиновые, полимерные покрытия) и защитой от электрохимической коррозии (катодная поляризация с протекторными установками). Пространство между стенками футляра и трубопровода надлежит заполнять бетоном. Перед и после пересечения желательно устройство смотровых колодцев с отключающими устройствами.

Футляры при бестраншейной проходке прокладывают прокалыванием, продавливанием или методом горизонтального бурения. Самотечные коллекторы большого поперечного сечения прокладывают под препятствием в туннелях, которые сооружают способом щитовой или штольной проходки.

Эстакада устраивается если трубопровод располагается значительно выше препятствия (при пересечении оврагов, суходолов). Пересечение выполняется в виде самотечного трубопровода, уложенного по эстакаде или существующему мосту в утепленном коробе.

Имеется зарубежный опыт прокладки дюкеров из пластмассовых труб. Для этих целей обычно применяют полиэтиленовые трубы. При прокладке подводных линий используется большая гибкость труб из полиэтилена, возможность их сварки в плети большой длины. Принцип прокладки подводных трубопроводов состоит в том, что один его конец герметизируется заглушкой, а трубопровод, наполненный воздухом, плавает на поверхности воды. У берега на трубопроводе закрепляются анкерные грузы и, пригруженный таким образом, трубопровод буксируется к месту его запланированной укладки, после чего он заполняется водой.

Перед погружением трубопровода его трасса должна быть размечена посредством буев. Полиэтиленовые трубы сваривают в плети длиной 250-1000 м, соединяемые затем при помощи фланцев. Погружаемая часть может состоять из одной или нескольких соединенных плетей. Операция погружения начинается путем открытия клапана на одном конце трубопровода и впуска в него воды. Вентильным устройством на другом конце трубопровода регулируют выход из него воздуха. Регулируя выход воздуха из трубопровода, контролируют скорость его погружения (обычно 0,2-0,6 м/с). В процессе всей операции погружения проверяют соответствие положения трубопровода заданной трассе.

Полиэтиленовый трубопровод достаточно гибкий, и обычно он принимает форму профиля дна, поэтому подготовку дна практически не производят.

При проектировании подводных трубопроводов следует учитывать профиль дна водоема; характерные уровни воды; максимальную толщину льда; силу воздействия волн и течений, а также предусмотреть возможность повреждения трубопровода якорными устройствами и др.

Чтобы предотвратить осаждение взвешенных веществ и образование газов в подводных напорных канализационных трубопроводах (что может привести к всплытию трубопровода), скорость воды в них должна поддерживаться достаточно высокой (не менее 1,0 м/с).

5.4. Методы прокладки и реконструкции водоотводящих сетей

В период строительства новых и развития старых городов и мегаполисов их подземная инфраструктура, в том числе и водоотводящие сети, строились в основном *открытым способом*, при котором трубопроводы прокладывались на требуемых отметках в открытых траншеях с их последующей засыпкой, вынутым грунтом. В последнее десятилетие рост протяженности водоотводящих сетей замедлился, что связано с переходом от экстенсивного периода развития городов к их более плотной и многоэтажной застройке, хорошо заметной на примере Москвы.

В этих условиях основной задачей становится не строительство новых водоотводящих линий, а обеспечение надежной эксплуатации уже существующих подземных коммуникаций, что неизбежно связано с заменой, перекладкой и реконструкцией отслуживших свой нормативный срок и аварийных участков сетей.

Основными бестраншейными методами прокладки и реконструкции подземных трубопроводов являются:

- щитовая прокладка;
- микротоннелирование;

- горизонтальное направленное бурение;
- прокалывание, пробивка и продавливание;
- раскатывание.

Щитовая проходка представляет собой закрытый способ прокладывания тоннелей механизированными щитами диаметром 1,5-3,6 м с последующей укладкой в тоннелях труб требуемого диаметра и забутовкой свободного пространства. При проходке щитов в водонасыщенных и слабоустойчивых грунтах требуется проводить дорогостоящие операции по водопонижению, замораживанию или химическому закреплению. В застроенных городских районах производство щитовой проходки неизбежно связано с необходимостью ограничения движения транспорта.

Микротоннелирование осуществляют с помощью дистанционно управляемых комплексов, позволяющих осуществлять 10-15 м проходки в сутки практически во всех горно-геологических условиях, в том числе водонасыщенных грунтах без водопонижения или закрепления грунтов. На рис. 5.14 приведен общий вид микрощитов. Фирма «Херренкнехт АГ» выпускает щиты для технологии микротоннелирования диаметром от 150 мм до 14,2 м, при использовании которых устраняется ручной труд в забое, механизмируется процесс прокладки труб, и все управление технологическим процессом осуществляет с централизованного пульта машинист. Допустимый зазор между прокладываемым трубопроводом и расположенными в земле коммуникациями при этом методе составляет не менее 1 м, отклонения от проектных отметок не превышают 10-20 мм.



Рис. 5.14. Микрощиты фирмы «Херренкнехт АГ»

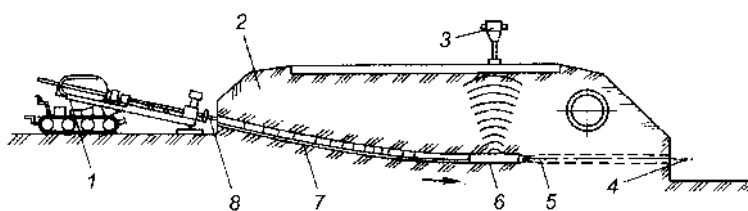


Рис. 5.15. Схема направленного бурения гидроразрывом:

1 – установка направленного бурения; 2 – земляное сооружение; 3 – радиолокатор; 4 – проектная ось коммуникаций; 5 – струя жидкости; 6 – буровая головка; 7 – лидерная скважина; 8 – штанга

Горизонтальное направленное бурение при прокладке труб до 150 мм ведется с использованием раствора на основе бентонита или полимеров (рис. 5.15). Трубы большего диаметра прокладываются с помощью установок горизонтального шнекового бурения. Малые установки шнекового бурения с тяговым усилием 4 т позволяют прокладывать трубы

диаметром до 300 мм и длиной до 50 м. Установки с тяговым усилием 30 т используют для прокладки труб диаметром до 500 мм на расстояние до 400 м.

Прокалывание и пробивка заключается в проходке горизонтальных скважин и затягивании в них труб (диаметром до 400 мм) с помощью пневмопробойников. Пневмопробойники имеют обтекаемый корпус, в котором размещены ударник и воздухораспределительный механизм, обеспечивающий как прямой, так и обратный ход пробойника. Проход пробойника происходит с достаточно высокой скоростью, их эксплуатация весьма проста.

Продавливание осуществляют путем забивки в грунт стальных трубопроводов диаметром 400-1400 мм с помощью пневмоударных машин.

Раскатывание используют для проходки и расширения существующих скважин за счет специальной раскатывающей головки, приводимой в движение буровым станком через наращиваемые буровые штанги. При вращении головки грунт вдавливаются в стенки скважины и образуется устойчивая цилиндрическая полость, в которую затем при реверсе раскатчика затаскивается трубопровод. Соответствие оси раскатчика оси проектируемого трубопровода контролируют лазерной системой наведения.

Разработанные методы закрытой прокладки используют не только при строительстве новых трубопроводов, но и замене старых, аварийных участков сетей на новые. В России разработаны и серийно применяются пневмомолоты (табл. 5.1), которые используются вместе с расширителями (табл. 5.2) для разрушения подлежащего замене старого трубопровода.

Оборудование размещается в существующих колодцах и не требует устройства дополнительных шахт или котлованов.

Таблица 5.1

Технические характеристики серийных пневмомолотов

Параметр	Модели молотов			
	ЛГМ-125	ЛГМ-170К	МПС-62Б	МПС-65
Наружный диаметр корпуса, мм	129	170	185	240
Энергия удара, Дж	120±10	300± 25	450 ±30	550± 50
Частота ударов, с ⁻¹	7,5±0,25	9,0± 0,3	6,0 ±0,3	7,5 ±0,4
Расход сжатого воздуха, м/мин	3,0± 0,25	7.5 ±0,5	8,0 ±0,5	14,0 ±0,7
Длина, мм	1055	910	1080	995
Масса, кг	63	90	135	220

Пневмомолоты сконструированы по беззолотниковой схеме, обеспечивающей устойчивую работу, надежный запуск, одновременно позволяющей сделать машину достаточно простой по конструкции и относительно дешевой при промышленном изготовлении. Все машины рассчитаны на рабочее давление сжатого воздуха 0,6 МПа, но устойчиво работают и при падении давления до 0,35-0,40 МПа.

Важным составляющим элементом рабочего оборудования является конус-расширитель. Он состоит из 3-х элементов: расширительной втулки, которая насаживается на коническую головную часть корпуса пневмомолота; удлинителя, шарнирно прикрепленного к передней части пневмомолота и к тяговому тросу лебедки; конической втулки с ребрами-ножами, свободно посаженной на удлинитель и опирающейся задней частью в переднюю торцевую поверхность расширительной втулки. Удары пневмомолота через коническую поверхность корпуса передаются на расширительную втулку, а от нее через переднюю торцевую поверхность к конической втулке, которая разрушает старый трубопровод. Натяжение тягового троса обеспечивает надежный силовой контакт между

всеми элементами рабочего оборудования. К расширительной втулке крепится первая секция заменяющей пластмассовой трубы

Таблица 5.2

Технические характеристики расширителей

Параметр	Модель расширителя				
	МПС-59	МПС-70	МПС-18	МПС-76	МПС-71
Наружный диаметр расширительной втулки, мм	210	265	262	360	360
Внутренний диаметр заменяемого трубопровода, мм	150	200-250	150-200	200-250	200-300
Прокладываемая труба	160-С	225-С	225-С	280-С	315-С

Помимо рабочего органа, в комплект оборудования для бестраншейной замены канализационных трубопроводов входят тяговая лебедка и отклоняющий анкер.

В качестве привода лебедки используют аксиально-поршневой пневматический двигатель типа ДАР. Выбор двигателя определяется тем, что его механическая характеристика обеспечивает постоянство или даже возрастание крутящего момента при снижении угловой скорости, вплоть до полной остановки.

Кроме того, были приняты во внимание такие вопросы, как единый вид энергоносителя (сжатый воздух), безопасность и др. Лебедка развивает тяговое усилие на барабане до 55 кН при скорости навивки каната до 0,03-0,04 м/с. Техническая производительность комплекта составляет 200-210 пог. м в месяц. Отпускная цена – 180-200 тыс. руб. Стоимость зарубежного оборудования, использующего аналогичный принцип, с транспортными и таможенными расходами составляет 40-50 тыс. долл. США, т.е. в несколько раз выше. Средняя стоимость перекладки 1 пог. м трубопровода, в зависимости от конкретных условий, от 1400 до 200 руб., что в два раза ниже, чем стоимость замены традиционным открытым траншейным способом. На технологию и оборудование получен 31 патент, и она была использована при реконструкции канализации на территории Московского Кремля.

Однако эта технология имеет ограничения по выполнению санации трубопроводов большого диаметра и значительной длины, так как из-за большого веса очень сложно транспортировать рукавную заготовку в трубопровод прямым протаскиванием.

В крупных городах остро стоит проблема восстановления трубопроводов до 1000 мм с длиной захвата от 100 пог. м и выше. В настоящее время специалисты ДГУП «Сант» разработали технологии восстановления трубопроводов диаметром 400-1000 мм полимерным рукавом.

По данной технологии внутрь ремонтируемого участка вводится предварительно пропитанный рукав, который продвигается по трубопроводу с помощью гидростатического давления, создаваемого водяным столбом высотой от 3 до 8 м (рис. 5.16). Под действием давления воды пропитанный рукав равномерно и плотно прилегает к поврежденным стенкам трубопровода. Таким образом, производится восстановление всех повреждений трубопроводов любой формы и материала, из которого они сделаны. Как только рукав введен в поврежденный трубопровод, начинается процесс постепенного нагревания воды внутри него за счет циркуляции через бойлерную установку.

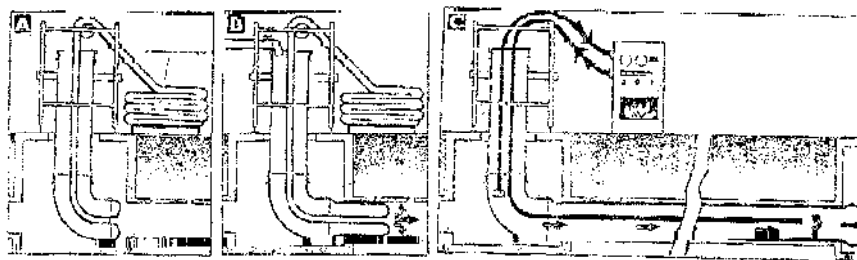


Рис. 5.16. Схема восстановления трубопровода полимерным рукавом

О высоком качестве применяемых в «Мосводоканале» технологий санации трубопроводов свидетельствует тот факт, что его предприятия провели санацию 2,5 км трубопроводов диаметром 200-400 мм в Германии.