

## § IX.3, ПРОКЛАДКА ТЕПЛОПРОВОДОВ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Строительство тепловых сетей в сейсмических районах при 8 баллах и более, в просадочных и вечномёрзлых грунтах, а также в районах горных выработок должно осуществляться с соблюдением дополнительных требований норм проектирования [33]. Во всех случаях лучшим решением является прокладка сетей на эстакадах и стойках.

В просадочных грунтах II типа и плывунах допускается укладка трубопроводов в каналах лоткового типа из сборных железобетонных элементов или монолитного бетона. Небольшие просадки оснований каналов устраняются втрамбовыванием в грунт слоя щебня, бетонного боя и других кусковых материалов до полного уплотнения постели трассы на глубину не менее 0,3 м. При глубине просадки более 0,4 м основание каналов уплотняется дополнительной укладкой по всей ширине траншеи суглинистого грунта, обработанного битумом или дегтярными отходами. Для наземной прокладки допускается забивка свай под основания стоек или термическая обработка грунта. Упрочнение постели трассы в сухих насыпных или торфянистых грунтах может быть осуществлено укладкой в основании теплопроводов железобетонных плит, а при высокой влажности слабых грунтов — с дополнительным дренированием основания.

В районах вечной мерзлоты воздушная прокладка является основным методом строительства, так как тепловыделения подземных теплопроводов могут вызвать оттаивание грунта и просадку каналов. Если на глубине оттаивания залегают непросадочные грунты, то допускаются обычные канальные прокладки сетей, но с обязательной вентиляцией каналов. Однако вводы трубопроводов в здания выполняют только надземными, для чего на расстоянии до 6 м от стен зданий трубопроводы должны быть выведены из каналов на поверхность земли и уложены на низкие стойки. Этими мерами предупреждается размораживание грунта вблизи фундаментов сооружений, рассчитанных по принципу сохранения мерзлоты.

В районах горных выработок и высокой сейсмичности тепловые сети прокладывают надземно или в каналах, бесканальная прокладка допускается для сетей с условным диаметром труб до 400 мм. К изготовлению элементов конструкций теплопроводов предъявляют повышенные требования. Особое внимание уделяется выбору трассы, размещению опор, компенсаторов, дренажных и воздушных устройств на трубопроводах, проектные решения по которым принимаются с учетом прогнозируемых деформаций профиля местности. Температурные удлинения теплопроводов рекомендуется компенсировать гибкими устройствами. Сальниковые компенсаторы допускается использовать в канальных прокладках на трубопроводах с условным диаметром более 400 мм. Катковые и шариковые опоры к установке на трубопроводах не допускаются.

## **§ IX.4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДОВ С ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ И ВОДНЫМИ ПРЕГРАДАМИ**

Способ пересечения теплотрассы с надземными и подземными сооружениями в каждом конкретном случае определяется местными условиями. Если на участках пересечений допустимо сооружение переходов открытым способом, то трубопроводы прокладывают в обычных каналах. При невозможности производства работ открытым способом, требующим, например, перерыва движения транспорта на период сооружения канала, применяют различные закрытые способы прокладки сетей.

Закрытый переход под препятствием производится проколом или продавливанием стального или железобетонного футляра, в котором затем прокладывают трубопроводы тепловых сетей. Диаметры футляров принимают на 100—200 мм больше диаметров трубопроводов с тепловой изоляцией.

Прокол футляров осуществляется гидравлическими домкратами. Для облегчения прокола на переднем конце футляра закрепляется конический наконечник с диаметром на 10—20 мм больше диаметра футляра. Конус распирает и уплотняет вокруг футляра грунт. Большие усилия прокола ограничивают прокладки футляров диаметром до 450—500 мм и длиной не более 30 м (в мягких грунтах).

При продавливании (рис. IX. 19) прокладывают футляры диаметром от 800 до 1400 мм. Наименьший диаметр устанавливают из условий удобства ручной выемки грунта из футляра. При продавливании грунт заполняет передний конец футляра, откуда его непрерывно удаляют. Для уменьшения усилий продавливания на рабочем конце футляра, устанавливают конический оголовок. При длинных проходках футляры наращивают приваркой отдельных звеньев. Направление прокладки футляров обеспечивается швеллерным направляющим устройством, закрепленным на дне шахты. Закрытые механизированные переходы с большой скоростью проходки до 15 м/ч осуществляют установками горизонтального бурения (УГБ), которые продавливают футляр с помощью лебедки и системы полиспастов. Внутри футляра монтируется шнек с фрезерной режущей головкой, производящей разработку и механическое удаление грунта. Для привода шнека и горизонтального перемещения футляра установлена система привода и управления, состоящая из двигателя внутреннего сгорания, редуктора, лебедки и коробки передач. УГБ выпускают различных типоразмеров для прокладки футляров диаметром от 325 до 1220 мм, длиной от 40 до 60 м.

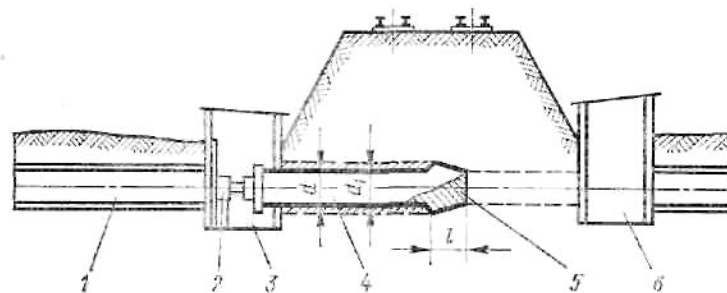


Рис. IX.19. Продавливание футляра:  
 1 — канал; 2 — гидравлический домкрат; 3 — проходная шахта; 4 — футляр;  
 5 — конический оголовок; 6 — вытолкная шахта

Для совместной прокладки коммуникаций различного назначения под инженерными сооружениями применяют щитовые проходки (рис. IX.20). Ручная разработка грунта в теле земляного полотна железной дороги или шоссе производится под прикрытием круглого футляра большого диаметра. Футляр продавливается гидравлическими домкратами, расположенными внутри щита. Домкраты упираются в железобетонную отделку, сооружаемую под защитой щита. Отделку выполняют вслед за щитовой проходкой. Для этого внутри щита укладывают цилиндрические (рис. IX.20) или прямоугольные стеновые блоки. В пространство между щитом и прямоугольными стеновыми блоками нагнетается цементный раствор, который после затвердевания создает монолитное сооружение. Концы футляров и щитов выводят в каждую сторону под пересекаемым сооружением на расстояние не менее 3 м. На концах переходов на месте шахт возводят смотровые камеры, в которых устанавливают запорную арматуру, устройства для спуска воды из трубопроводов и футляров. Под грузонапряженными железными дорогами расстояния по вертикали от верха щитовой проходки до отметки поверхности земли принимают не менее 2 м, под автодорогами—0,5 м.

Когда невозможно обеспечить допустимое заглубление теплопроводов под пересекаемыми сооружениями, выполняют переходы над препятствием. Надземные переходы над сухопутными препятствиями (железные и автомобильные дороги) и водными преградами (овраги, реки) устраивают на стойках или эстакадах. Переходы на отдельных стойках используют при небольшом числе труб большого диаметра. Эстакадные переходы (рис. IX.21) применяют при большой ширине препятствия и прокладке большого числа коммуникаций. Для надземных переходов используют автодорожные мосты, тепловые сети в этом случае прокладывают под проезжими частями мостов. Воздушные переходы теплопроводов над оврагами и реками выполняют на мачтах с использованием подвесной конструкции (см. рис. IX. 16).

Подводные переходы теплопроводов выполняют в стальных футлярах, называемых дюкерами. Дюкер — это сложный инженерный комплекс, предназначенный для совместной или одиночной прокладки по дну водоемов различных коммуникаций и тепловых сетей.

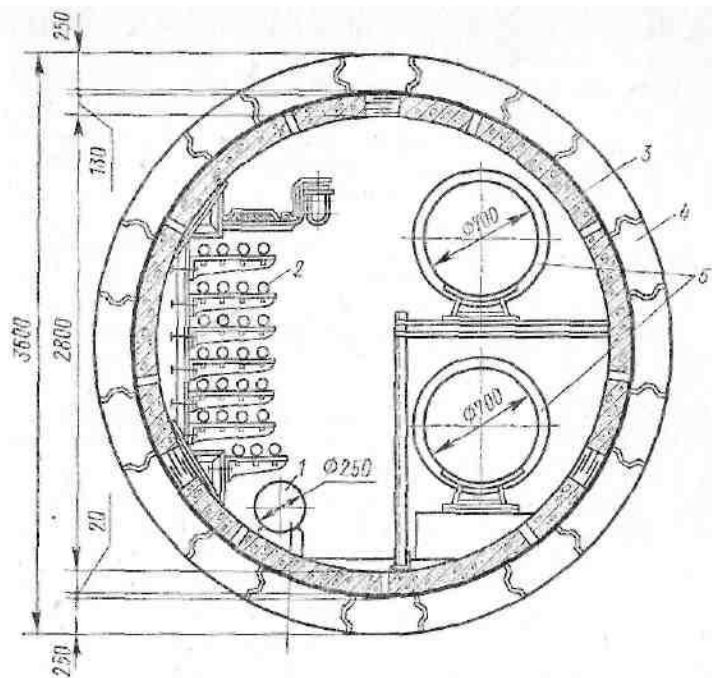


Рис. IX.20. Сечение шлюзовой проходки:  
 5 — водопровод; 2 — кабели; 3 — сборная рубашка; 4 — отделка на бетонных изделиях; 6 — теплопровода

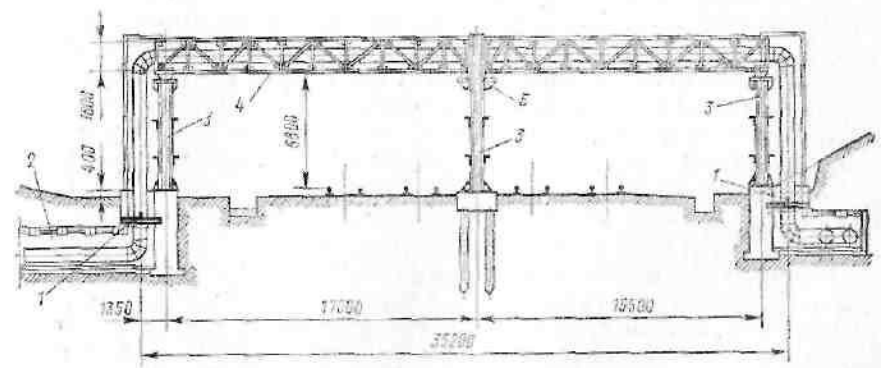


Рис. IX.21. Эстакадный переход над железнодорожными путями:  
 1 — пружинные опоры на теплопроводах; 2 — канал; 3 — стойки; 4 — пролетное строение; 5 — съемные опоры теплопроводов

Многотрубный дюкер (рис. IX.22) представляет собой металлический сварной цилиндр большого диаметра (до 3 м) с толщиной стенки 12—16 мм, усиленный ребрами жесткости. Наружные поверхности дюкера гидроизолируются в несколько слоев битумной мастикой, гидроизолом и битумной эмалью. Дюкер погружается на заранее подготовленное гравийное ложе заполнением водой его внутреннего пространства. Погруженный и закрепленный в неподвижной опоре дюкер дополнительно пригружается чугунными или железобетонными грузами. Неподвижные опоры и грузы предупреждают всплытие дюкера после откачки из него воды. Дюкеры небольшого диаметра могут быть использованы для прокладки отдельных теплопроводов (рис. IX.23).

Обслуживание дюкеров производится из береговых камер. Советские строители тепловых и газовых сетей накопили немалый опыт сооружения уникальных дюкеров различной длины и диаметров. В апреле 1973 г. закончена прокладка двух дюкеров диаметром 1220 мм через реку Витим (Витимский гигант), в ноябре 1975 г. была завершена необычная для практики гидростроительства укладка по дну Волги в районе г. Калинина теплофикационного дюкера диаметром 3 м, в октябре 1976 г. через ВолгоДонское водохранилище проложен дюкер длиной 4 км, предназначенный для газопровода запада страны.

Пересечения тепловых сетей с различными надземными и подземными сооружениями и инженерными коммуникациями должны выполняться с соблюдением допустимых расстояний по горизонтали и вертикали, указанных в нормах проектирования тепловых сетей [28, 33]. Особо строго должны выполняться требования пересечений с газопроводами и электрическими сетями.

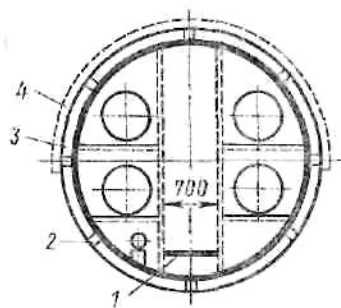


Рис. IX.22. Сечение многотрубного дюкера:

1 — настил для прохода и обслуживания; 2 — ребра жесткости; 3 — стальная труба; 4 — грузы

## § IX.5. ТРАСТА И ПРОФИЛЬ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Сооружение тепловых сетей связано с выполнением трудоемких и дорогостоящих операций, общая стоимость которых достигает 50% от стоимости тепловых станций. Большая доля (от 45 до 80%) капиталовложений в сети расходуется на строительные-монтажные и земляные работы, поэтому для сокращения начальных вложений и сроков строительства необходима тщательная проработка вариантов трассы и профиля прокладки сетей.

Трассу теплопроводов проектируют на территории жилых кварталов, промышленных площадок и на площадках, свободных от застроек. Выбор трассы производят на рабочем генплане в масштабе 1:500, на котором должны быть указаны все существующие надземные и подземные сооружения и объекты перспективного строительства. В пояснительной записке к генплану должны быть указаны тепловые нагрузки районов, глубина заложения и высота застроек, характеристика грунтов, уровень стояния грунтовых вод, геодезические отметки поверхности земли и др.

В черте города и на территории промышленных площадок трассу выбирают параллельно проездам или линиям застроек. Следует избегать размещения трассы параллельно с трамвайными путями

# ГЛАВА VIII

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Трубы являются наиболее ответственными элементами тепловых сетей, поэтому современная техника строительства предъявляет к ним ряд эксплуатационных требований: 1) высокая прочность и герметичность, необходимые для безаварийного транспорта теплоносителя под большим давлением и с высокой температурой; 2) малый коэффициент линейного удлинения, обеспечивающий низкие термические напряжения при переменных температурных режимах теплоносителя; 3) антикоррозионная стойкость; 4) высокое термическое сопротивление стенок труб, способствующее сохранению тепла и температуры теплоносителя; 5) неизменность свойств материала труб при длительном воздействии высоких температур и давлений; 6) небольшая стоимость, простота монтажа, надежность соединения и хранения труб и др.

Имеющиеся трубы не удовлетворяют в полной мере всей совокупности предъявляемых требований. Неметаллические трубы из асбестоцемента, стекла, полимеров (полиэтилен и полипропилен) и винилпласта обладают высокой антикоррозионной стойкостью и значительно дешевле стальных труб. Стекланые и полимерные трубы имеют гладкие внутренние поверхности, что обеспечивает им по сравнению со стальными трубами равных диаметров меньшие гидравлические сопротивления. Но асбестоцементные и стекланые трубы хрупки, соединяются сложными стыковыми конструкциями. Из неметаллических труб только винилпластовые трубы и трубы из полимерных материалов обладают высокой эластичностью и хорошо соединяются сваркой. Эти качества труб особенно ценны для монтажа внутренних систем горячего водоснабжения и конденсатопроводов. По данным исследований ВТИ неметаллические трубы могут применяться при температурах до 100°C (винилпластовые до 60°C) и давлениях до 0,6 МПа в прокладках, доступных для постоянного наблюдения.



Тепловые сети сооружаются из более прочных стальных труб. Трубопроводы тепловых сетей при рабочем давлении пара более 0,07 МПа и температуре воды более 115°С делятся на 4 категории [23]. Выбор материалов и расчеты таких трубопроводов должны производиться по требованиям правил устройства, и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды [23]. Согласно этим правилам подбор труб, запорно-регулирующей арматуры, фланцев и других устройств производится по условным давлениям и проходам.

Под условным давлением  $P_y$  понимается наибольшее избыточное давление, допустимое для длительной эксплуатации трубы или изделия при температуре 20°С. С повышением температуры теплоносителя допустимое давление должно уменьшаться, и это фактическое допустимое давление называется рабочим. Связь между рабочим  $P_{\text{раб}}$  и условным давлением определяется зависимостью

$$P_{\text{раб}} = \epsilon P_y, \quad (\text{VIII.1})$$

где  $\epsilon$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от температуры [23].

Под условным проходом  $D_y$  подразумевается номинальный внутренний диаметр трубы или изделия. Трубы с какимто условным диаметром имеют постоянный наружный диаметр и отличаются лишь толщиной стенки.

В тепловых сетях применяются в основном бесшовные горячекатаные и электросварные трубы. Бесшовные горячекатаные трубы по ГОСТ 8732—78 выпускаются с наружными диаметрами 32—426 мм. Электросварные прямошовные по ГОСТ 10706—76 и со спиральным швом по ГОСТ 8696—74 изготавливаются с наружными диаметрами более 426 мм. Основные данные по этим трубам приведены в приложении 16.

Бесшовные горячекатаные и электросварные прямошовные трубы с калиброванными торцами допускается использовать при всех способах прокладки сетей. Электросварные со спиральным швом рекомендуются для воздушных и канальных прокладок.

Стальные трубы соединяются между собой на электрической или газовой сварке. Наплавленный металл в сварном стыке может уступать прочности цельной стенки трубы. Прочность стыка еще более ослабляется в результате непровара металла, образования пустот и попадания в шов неметаллических включений. Поэтому в процессе монтажа трубопроводов сварные стыки должны быть подвергнуты механическому и кристаллографическому контролю по соответствующим техническим условиям.

В действующем теплопроводе возникают многочисленные напряжения. Внутреннее давление теплоносителя вызывает в стенках труб растягивающие напряжения, направленные по оси трубы и по радиусу. Под действием собственной массы трубы, массы теплоносителя и тепловой изоляции в трубопроводе образуются изгибающие напряжения. Температурные деформации трубопровода вызывают сжимающие и изгибающие напряжения от трения опор, усилий гнутых компенсаторов и участков естественной компенсации. В узлах с пространственными изгибами трубопровода возможны скручивающие напряжения. В надземных и бесканальных прокладках на трубопроводы действуют дополнительные нагрузки от массы снега, давления ветра, грунта и транспорта.

Расчет труб на прочность сводится к определению допустимого суммарного напряжения и толщины стенки трубы. Наружные водяные сети с давлением до 1,6 МПа и температурой до 200°C рассчитываются на внутреннее давление по формулам [16]:

$$\frac{P_{\text{раб}} d_B n}{2S} \leq \sigma_{\text{рас}}; \quad (\text{VIII.2})$$

$$\frac{P_{\text{рас}} d_B n}{2S} \leq 0,9 \sigma_T, \quad (\text{VIII.2a})$$

где  $P_{\text{раб}}$  — рабочее давление теплоносителя, Па;  $d_B$  — внутренний диаметр трубы, см;  $n$  — коэффициент перегрузки ( $n=1,1$ );  $S$  — толщина стенки трубы, см;  $\sigma_{\text{рас}}$  — расчетное сопротивление металла трубы, Па;  $\sigma_T$  — предел текучести, Па.

Расчетное сопротивление металла трубы определяется по формуле

$$\sigma_{\text{рас}} = \sigma_{\text{нр}} K_1 m_1 m_2, \quad (\text{VIII.3})$$

где  $\sigma_{вр}$  — допустимое напряжение разрыву, Па;  $K$  — коэффициент однородности металла при разрыве (для бесшовных труб  $d = 0,8$ , для сварных —  $0,85$ );  $m_1$  — коэффициент условий работы металла при разрыве ( $m_x = 0,8$ );  $m_2$  — коэффициент условий работы трубопровода (для магистральных трубопроводов  $t_2 = 0,6$ , для распределительных —  $0,75$ ).

Допустимые напряжения принимаются из литературы [16, 28]. Толщина стенки трубы определяется по формулам

$$S = \frac{P_{рас} d_n n}{2 (\sigma_{рас} + n P_{рас})}; \quad (VIII.4)$$

$$S = \frac{P_{рас} d_n n}{2 (0,9\sigma_1 + n P_{рас})}, \quad (VIII.4a)$$

где  $d_n$  — наружный диаметр трубы, см.

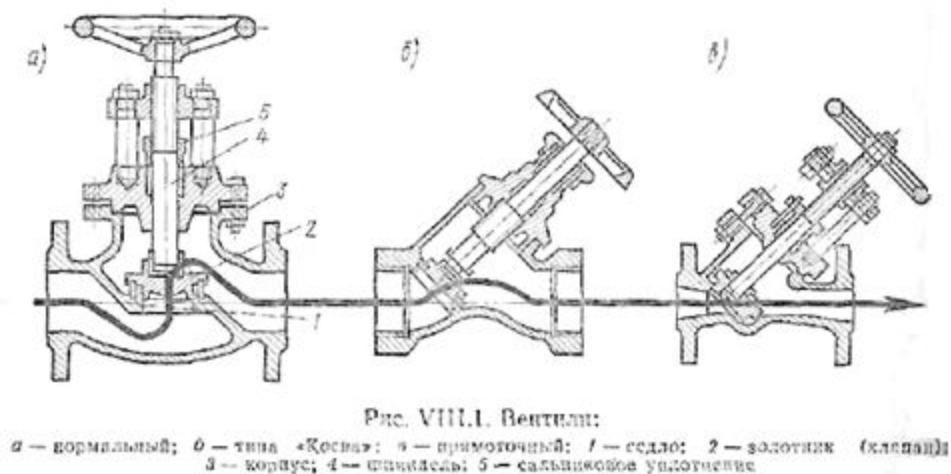
По формулам (VIII.2) — (VIII.4) выбирается наименьшее напряжение и наибольшая толщина стенки трубы. Расчет толщины стенки трубопроводов с более высокими параметрами теплоносителя производится в соответствии с требованиями [23].

Запорная, регулирующая и предохранительная арматура предназначена для регулирования режимов потребления тепла и управления работой тепловых сетей. Арматура изготавливается из сталей, чугуна, цветных металлов и пластмасс. В тепловых сетях чаще всего принимается стальная арматура. Чугун уступает по прочности стали, поэтому область применения чугунной арматуры ограничена давлением  $0,07$  МПа (для пара) и температурой  $115^\circ\text{C}$  (для воды). Чугунная арматура должна размещаться на прямых участках труб, защищенных от изгибающих усилий. Ограничивается применение чугунной арматуры и на открытом воздухе с низкими отрицательными температурами [33], она более надежна в закрытых помещениях с постоянной температурой воздуха. Арматура из цветных металлов дефицитна, а пластмассовая — малопрочна, поэтому в сетях они не нашли широкого применения.

Вся трубопроводная арматура имеет условное обозначение по классификации Центрального конструкторского бюро арматуростроения (ЦКБА). Условное обозначение арматуры состоит из цифр и букв.

Первые две цифры обозначают тип арматуры: 10 — спускные краны; 14 и 15—вентили; 16 — обратные подъемные клапаны; 17—предохранительные клапаны; 18 — редукционные клапаны; 25 — регулирующие клапаны; 30 — задвижки; 45 — конденсатоотводчик» и др. Буквы за первыми цифрами обозначают материал, из которого изготовлен корпус арматуры: С — сталь углеродистая; ЛС—сталь легированная; НЖ — сталь коррозионностойкая; КЧ — ковкий чугун; Ч — серый чугун; Б — бронза; Л—латунь; А — алюминий; П — пластмассы. Цифры (одна или две) после буквенного обозначения указывают конфигурацию арматуры в таблице обозначений. В трехцифровом обозначении первая цифра обозначает вид привода: механический (с червячной передачей — 3, с цилиндрической зубчатой передачей — 4, с коническим зубчатой передачей — 5); пневматический — 6; : гидравлический — 7; электромагнитный — 8; электрический — 9. Последние буквы в шифре обозначают материал уплотнительных поверхностей: БР — бронза; Л — латунь; НЖ—нержавеющая сталь; К — кожа; Р — резина и др.

Арматура специального назначения в конце шифра дополняется также указанием внутренних покрытий: ГМ — гуммирование; ЭМ—эмалирование; СВ—свинцование и др. Например, задвижка из углеродистой стали с коррозионно-стойкими уплотнительными кольцами обозначается — 30С64НЖ, а с электроприводом и бронзовыми уплотнительными кольцами—30С964БР.



*Вентили* (рис. VIII. 1) имеют запорный орган в виде золотника, который при закрытии плотно прилегает к седлу, создавая высокую герметичность перекрытия проходного отверстия. Крышка вентиля крепится на корпусе болтами или на резьбе. Подтяжка сальникового уплотнения производится двумя откидными болтами, укрепленными на крышке, или накидной гайкой.

Вентили бывают фланцевые и бесфланцевые. Бесфланцевые вентили подразделяются на приварные и муфтовые. Бесфланцевые приварные вентили соединяются с трубами на сварке и применяются на теплопроводах с давлением  $P_y = 1,6$  МПа на резьбе.

Потеря давления теплоносителя в проходных сечениях вентиля зависит от расположения шпинделя. Вентили с наклонным расположением шпинделя (типа «Косва» и прямоточные) имеют наименьшее гидравлическое сопротивление. На трубопроводах вентили устанавливаются так, чтобы теплоноситель поступал под золотник, чем достигается уменьшение усилия на их открытие и предупреждается отрыв золотника от шпинделя.

*Задвижки* (рис. VIII.2) по конструктивному исполнению разделяются на клиновые и параллельные, с выдвижным и невыдвижным шпинделем. Стальные задвижки имеют клиновое уплотнение, чугунные — параллельное. Уплотнение создается уплотнительными кольцами из бронзы или нержавеющей стали. Кольца запрессовываются на дисках клиньев и в корпусе.

В клиновых задвижках затвор состоит из сплошного или двухдискового клина, уплотнение обеспечивается путем прилегания плоскостей колец клина к плоскостям колец корпуса. При опускании двухдискового клина разжимной клин, находящийся между дисками, упирается в дно корпуса и распирает диски, плотно прижимая их к уплотнительным кольцам корпуса.

В параллельных задвижках затвор состоит из двух дисков с плоскими параллельно расположенными уплотнительными поверхностями. Закрытие задвижки производится аналогично клиновой задвижке с двухдисковым клиновым затвором.

В задвижках с выдвижным шпинделем маховиком вращается запрессованная в его ступицу гайка, которая сообщает шпинделю поступательное движение. Диски или клин соединены с выдвижным шпинделем шарнирно. В задвижках с невыдвижным шпинделем при вращении маховика происходит подъем или опускание дисков при помощи гайки, накрученной на нижнем конце шпинделя. Крупные задвижки выпускаются с обводными линиями. Открытием байпасных задвижек на таких линиях давление с обеих сторон запорного диска выравнивается, в результате усилие открытия арматуры уменьшается. На трубопроводах с диаметрами более 500 мм устанавливаются задвижки с электроприводом. На горизонтальных трубопроводах задвижки с  $D_y < 500$  мм и с ручным управлением устанавливают «маховиком вверх» или в любом положении в пределах  $90^\circ$  между вертикальным и горизонтальным расположениями шпинделя. Установка задвижек шпинделем вниз не допускается, так как при открытых задвижках дисковые гнезда заносятся продуктами коррозии и закрытие дисков нарушается. Бесфланцевые задвижки присоединяются к трубам на сварке и применяются на ответственных теплопроводах высокого давления.

Фланцы применяются для присоединения на трубопроводах различной фланцевой арматуры. Конструкции фланцев разнообразны (рис. VIII.3). Подбираются фланцы по условным проходам и давлениям, на которые рассчитаны трубы. В водяных тепловых сетях и паропроводах с  $P_y < 2,5$  МПа наибольшее распространение получили плоские приварные фланцы, которые устанавливаются с недоводом трубы до уплотнительного торца на величину  $Y$ . Недовод трубы устраняет попадание натеков сварочного грунта на уплотнительные плоскости, при которых ухудшается герметичность фланцевого соединения. Фланцевые соединения по плотности и прочности уступают сварным соединениям, однако их применение облегчает смену арматуры при ремонтных операциях. Заглушки (рис. VIII.4) используются для отключения участков теплопроводов и ответвлений на период ремонтов или гидравлических испытаний сетей, а также для заглушения торцов труб. Заглушки, как и фланцы, подбираются по условным давлениям и проходам. Плотность фланцевых соединений при давлении до 4 МПа и температуре до  $450^\circ\text{C}$  обеспечивается прокладками из паронита толщиной 1—2 мм. Применение толстых прокладок не рекомендуется, так как при этом увеличивается опасность их разрыва давлением теплоносителя и возникают перекосы фланцевых соединений.

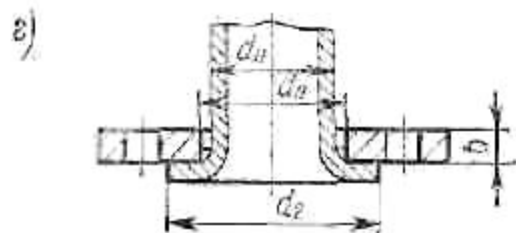
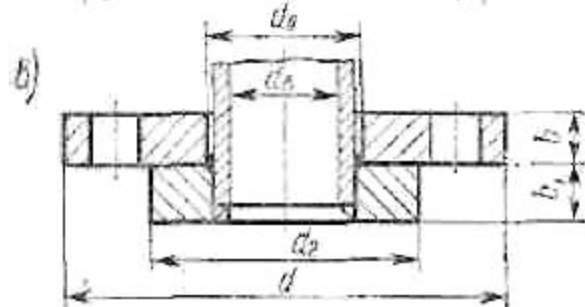
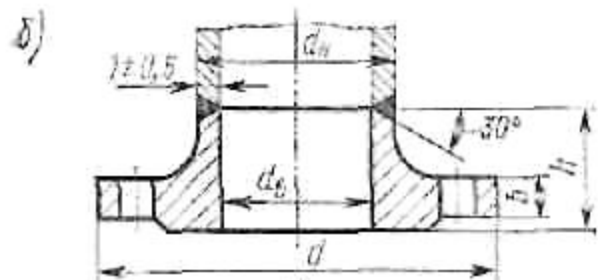
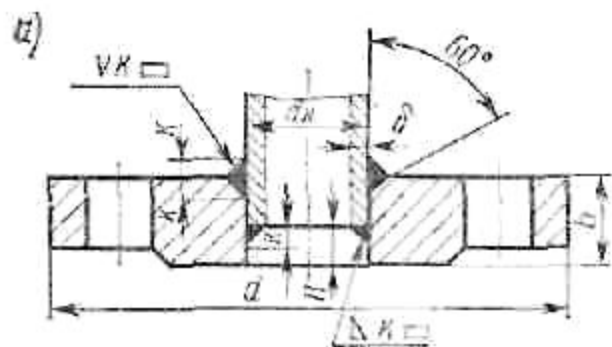


Рис. VIII.3. Фланцы:

а — плоские приварные с соединительным выступом; б — с шейкой приварные ветки; в — свободные на приварном кольце; г — свободные на отбортованной трубе

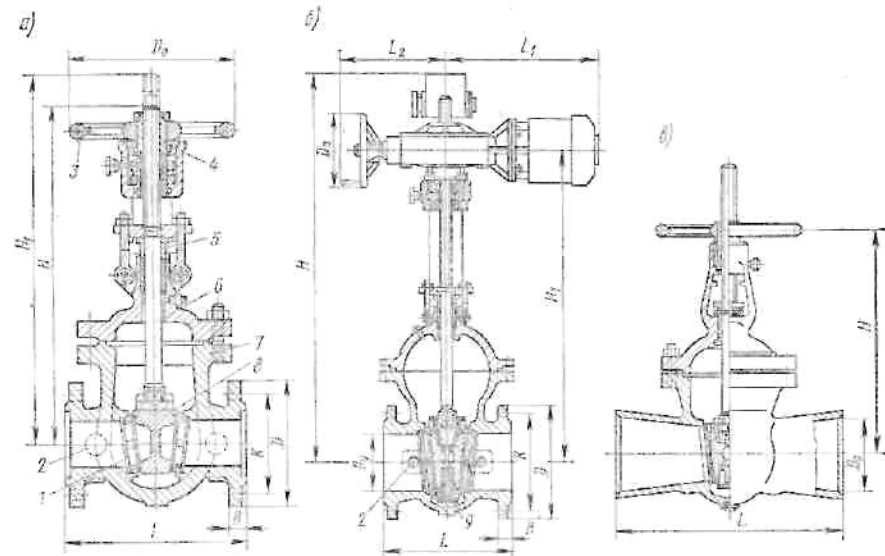


Рис. VIII.2. Стальные клиновые задвижки с выдвижным шпинделем:

а — однодисковая; б — двухдисковая с электроприводом; в — двухдисковая бесфланцевая; 1 — уплотнительное кольцо в корпусе задвижки; 2 — обводная линия; 3 — маховик; 4 — гайки; 5 — сальниковое уплотнение; 6 — шпиндель; 7 — корпус; 8 — клин уплотнительный; 9 — разжимной клин; L — строительная длина задвижки

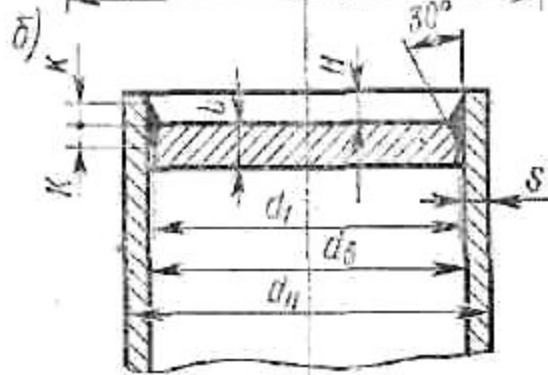
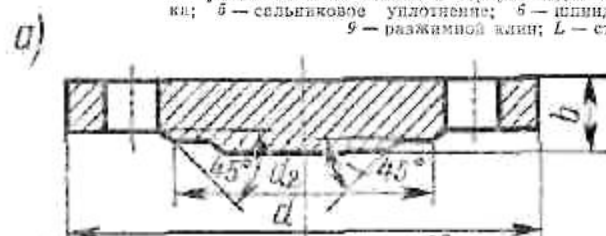


Рис. VIII.4. Заглушки:

а — фланцевая; б — приварная

сти и прочности уступают сварным соединениям, однако их применение облегчает смену арматуры при ремонтных операциях. *Заглушки* (рис. VIII.4) используются для отключения участков теплопроводов и ответвлений на период ремонтов или гидравлических испытаний сетей, а также для заглушения торцов труб. Заглушки, как и фланцы, подбираются по условным давлениям и проходам. Плотность фланцевых соединений при давлении до 4 МПа и температуре до 450С обеспечивается прокладками из паронита толщиной 1—2 мм. Применение толстых прокладок не рекомендуется, так как при этом увеличивается опасность их разрыва давлением теплоносителя и возникают перекосы фланцевых соединений.

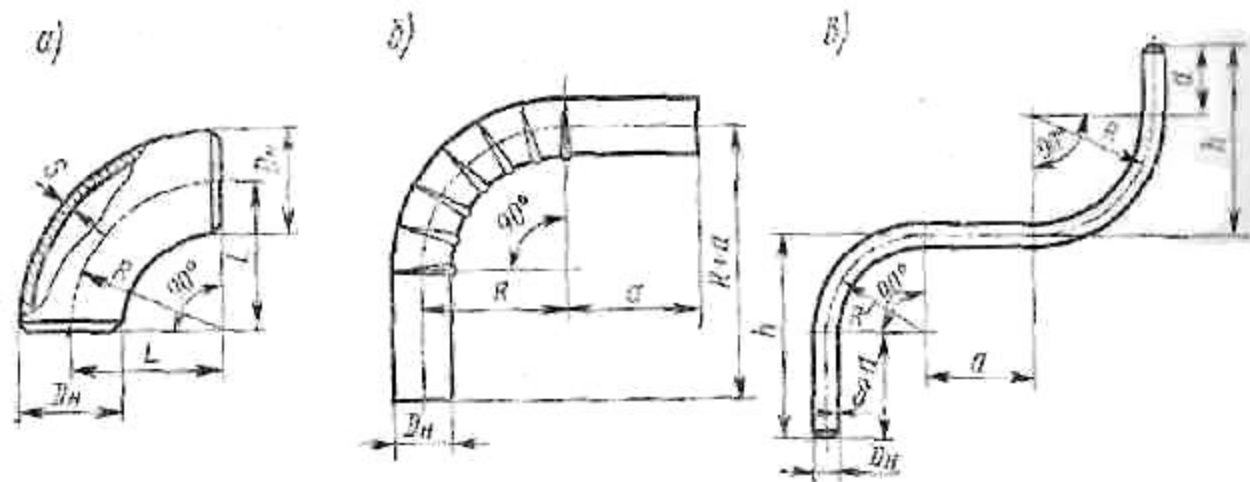


Рис. VIII.5. Отводы гнутые:

а — гладкий кругозагнутый ( $R = D_n$ ); б — со складками; в — гладкий нормальный ( $R = 3,5 D_n$ )



Фасонные изделия (отводы, тройники, крестовины, переходы диаметров) рекомендуется выполнять по размерам междуведомственных нормалей (МВН). С целью увеличения механической прочности изделия изготавливают из труб с повышенной (им 1—3 мм) толщиной стенки.

Отводы бывают гнутыми и сварными. Основной характеристикой отводов является радиус изгиба осевой линии трубы  $R$ . Гнутые отводы различаются на гладкие и со складками (рис. VIII.о)] Гладкие отводы изготавливают из бесшовных труб для условных проходов  $D_y < 400$  мм. Крутозагнутые гладкие отводы с радиусом изгиба, равным наружному диаметру трубы ( $R = D_v$ ), изготавливают на заводах протяжкой гидравлическими домкратами отрезка трубы в горячем состоянии через специальную изогнутую насадку

Нормальные гладкие отводы с радиусом изгиба  $R = 3,5 D_n$  изготавливают при нагреве трубы до  $\sim 1100^\circ\text{C}$  и с набивкой песком. Плотная набивка песка в трубу предупреждает возникновение овальности сечения и быстрое остывание изделия, вызывающее дополнительное напряжение металла. Отводы с радиусом  $R > 3,5 D_n$  изготавливают на трубогибочных станках путем изгиба труб в холодном состоянии и без набивки песком. Нормальные гладкие отводы получаются громоздкими. Гладкие отводы отличаются от других большей эластичностью и меньшим гидравлическим сопротивлением, поэтому рекомендуются к широкому применению в тепловых сетях без ограничения параметров теплоносителя.

Гнутые отводы со складками изготавливают при местном разогреве трубы. Число складок зависит от диаметра трубы и радиуса изгиба. Каждая складка получается после одного разогрева и немедленного изгиба трубы. Такие отводы с радиусом до 2—4 диаметров самые эластичные, но имеют самое большое гидравлическое сопротивление.

В пространственных конструкциях трубопроводов между отводами должен оставаться прямой участок трубы (рис. VIII.5, в) длиной  $a > D_y$ , а при  $D_y < 100$  мм прямой участок трубы принимается не менее 100 мм. Крутозагнутые отводы допускается сваривать между собой без прямого участка.

Сварные отводы (рис. VIII.6) применяют при сооружении тепловых сетей больших диаметров ( $D_n > 400$  мм) с давлением теплоносителя до 2,2 МПа и температурой до 350°C. Отводы изготавливают из электросварных труб и собирают на сварке из секторов с углами скоса  $11^{\circ}15'$  и  $15^{\circ}$ . Гидравлическое сопротивление сварных колен с углами скосов  $11^{\circ}15'$  несколько меньше, чем с углами  $15^{\circ}$ . Радиусы отводов принимаются равными  $R = (1-3) D_n + 50$  мм. По гибкости сварные отводы мало уступают гладкоизогнутым, а по компактности намного превосходят их. Сварные колена диаметром до 400 мм часто применяют для получения малогабаритных отводов. Переходы диаметров (рис. VIII.7) штампованные или сварные применяют для стыкования труб различных диаметров. Эксцентрические переходы устанавливают для выравнивания низа стыкуемых трубопроводов, облегчающего удаление конденсата из паропроводов и опорожнение водяных тепловых сетей на горизонтальных участках. При эксцентрических (несимметричных) переходах возможно применение скользящих опор одинаковой высоты. Концентрические (симметричные) переходы допускается устанавливать на вертикальных участках трубопроводов. Длина переходов принимается не менее удвоенной разности большого и малого диаметров труб.

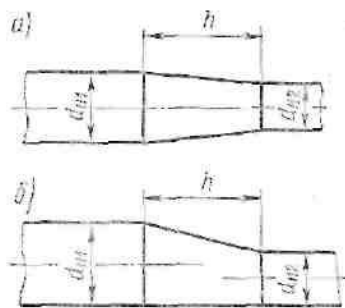


Рис. VIII.7. Переходы диаметров:  
 а — концентрический; б — эксцентрический.

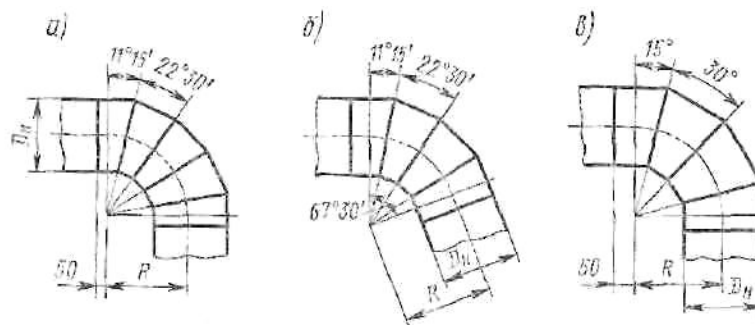


Рис. VIII.6. Сварные отводы:  
 а — пятисекторный; б — четырехсекторный под углом  $67^{\circ}30'$ ; в — четырехсекторный под углом  $90^{\circ}$

## § VIII.2. опоры трубопроводов

Опорные конструкции по своему назначению подразделяют на подвижные и неподвижные.

Подвижные опоры (рис. VIII.8) воспринимают вес теплопровода и обеспечивают ему свободное перемещение на строительных конструкциях. Подвижные опоры используют при всех способах прокладки, кроме бесканальной. По принципу свободного перемещения различаются опоры скольжения, качения и подвесные. Скользящие опоры бывают самых разнообразных конструкций.

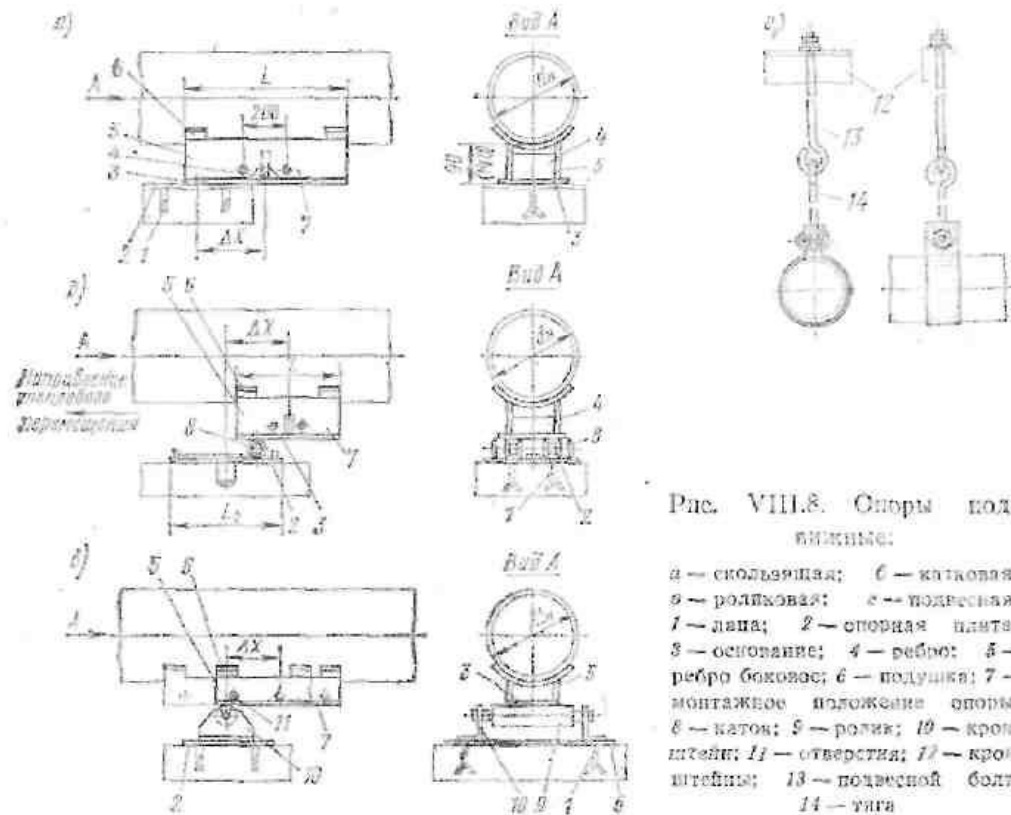


Рис. VIII.8. Опоры подвижные:

- а — скользящая; б — катковая;
- в — роликовая; г — подвесная;
- 1 — лапа; 2 — опорная планка;
- 3 — основание; 4 — ребро; 5 — ребро боковос;
- 6 — подушка; 7 — монтажное подложение опоры;
- 8 — каток; 9 — ролик; 10 — кронштейн;
- 11 — отверстия; 12 — кронштейн;
- 13 — подвесной болт; 14 — тяга

# ГЛАВА X

## ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ И ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ

### §. X.1. НАЗНАЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

Экономическая эффективность систем централизованного теплоснабжения при современных масштабах теплового потребления в значительной мере зависит от тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Тепловая изоляция служит для уменьшения тепловых потерь и обеспечения допустимой температуры изолируемой поверхности. Борьба за снижение транспортных потерь тепла в теплопроводах является важнейшим средством экономии топливных ресурсов. Дополнительные затраты, связанные с нанесением тепловой изоляции и антикоррозионных покрытий, относительно невелики и составляют 5—8% от общей стоимости тепловых сетей, но качественное изолирование повышает стойкость металла против коррозии, в результате которой существенно увеличивается срок службы трубопроводов. Тепловая изоляция оздоравливает условия труда эксплуатационного персонала и позволяет сохранить высокие параметры теплоносителя на большом удалении от источника тепла.

Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования тепловых сетей применяется при всех способах прокладки независимо от температуры теплоносителя. Теплоизоляционные материалы непосредственно контактируют с внешней средой, для которой свойственны непрерывные колебания температуры, влажности и давления. В крайне неблагоприятных условиях находится теплоизоляция подземных и особенно бесканальных теплопроводов. Ввиду этого теплоизоляционные материалы и конструкции должны удовлетворять ряду требований. Соображения экономичности и долговечности требуют, чтобы выбор теплоизоляционных материалов и конструкций производился с учетом способов прокладки и условий эксплуатации, определяемых внешней нагрузкой на теплоизоляцию, уровнем грунтовых вод, температурой теплоносителя, гидравлическим режимом работы тепловой сети и др.

Материалы, используемые в качестве теплоизолятора, должны обладать высокими теплозащитными свойствами и низким водопоглощением в течение длительного срока эксплуатации. Водопоглощение и гидрофобность (свойство поверхностного водоотталкивания) имеют важное значение для сохранения начальных теплофизических свойств теплоизоляционного материала и для экономии теплоснабжения. Коэффициент теплопроводности большинства сухих изоляционных материалов изменяется в пределах 0,05—0,25 Вт/м°С, с увлажнением коэффициент теплопроводности увеличивается иногда в 3—4 раза.

Теплоизоляционные свойства одних и тех же материалов существенно ухудшаются и с увеличением объемной плотности. Тяжелая теплоизоляция разрушающе действует на удерживающую сетку и проволоку, провисшая теплоизоляция обрывается с трубопровода и оборудования и не выполняет своего прямого назначения. В связи с этим изоляционные материалы и бандажное крепление (сетка, проволока) должны обладать высокой механической и коррозионной стойкостью, способной противостоять воздействию внешней нагрузки и влажности.

Высокие требования предъявляются к химической чистоте изоляторов. Изоляционные материалы, содержащие химические соединения, коррозионноагрессивные по отношению к металлу, не допускаются к применению, так как при увлажнении эти соединения легко вымываются из теплоизоляции, попадая на металлические поверхности, вызывают их коррозию. Наиболее агрессивными элементами являются серные и сернистые окислы ( $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ), содержащиеся в большом количестве в различных шлаках и минеральных ватах. Шлаки и ваты относятся к числу качественных изоляторов, но содержание окислов серы более 3% делает их непригодными для применения во влажных условиях. Некоторые заполнители, как асбестит, асбозурит, древесные опилки, камышит и другие, в основном органические материалы, при увлажнении изменяют структуру, растрескиваются и загнивают, вследствие чего они также не рекомендуются для теплоизоляции.

Область применения тепловой изоляции определяется температурной стойкостью вещества, способностью сохранять первоначальные тепловые и механические свойства при высоких температурах теплоносителей.

Состояние тепловой изоляции и ее долговечность зависят также от режимов работы теплопровода. Практика эксплуатации показала, что теплопроводы, периодически отключаемые на сезонные ремонты, корродируют быстрее непрерывно действующих. В непрерывно действующих теплопроводах потоки тепла, проходящие через слой изоляции, поддерживают ее в постоянно сухом состоянии. При отключении сетей уменьшающиеся потоки тепла от остывающего теплоносителя не в состоянии противостоять диффузии влаги с поверхности слоя изоляции к поверхности труб. Миграция влаги в глубь слоя изоляции сопровождается вымыванием водорастворимых химических элементов, которые при длительном отключении сетей вызывают коррозию труб.

## **§ X.2. КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ**

Теплоизоляционные материалы применяются в виде зернистых, волокнистых и пастообразных масс, не обладающих необходимой строительной прочностью, а также в виде штучных формованных изделий. Для закрепления материалов, на изолируемой поверхности труб и изделий и защиты их от коррозии необходимо соответствующее конструктивное оформление теплоизоляции. В конструкцию тепловой изоляции входят: антикоррозионное покрытие металлических поверхностей, основной изоляционный слой, армирующие и крепежные изделия, наружная отделка изоляции. Операции по нанесению тепловой изоляции выполняются в определенной технологической последовательности, разделяющейся на этапы: 1) подготовка труб или оборудования; 2) антикоррозионная защита; 3) нанесение основного слоя теплоизоляции; 4) наружная отделка конструкции.

При подготовке изделий наружная поверхность защищается от ржавчины и грязи до металлического блеска. Трубы очищают электрическими и пневматическими щетками, пескоструйными аппаратами или химическим травлением в ингибированной кислоте. Затем поверхности обезжириваются уайтспиритом, бензином или другими органическими растворителями.

Для защиты металла от коррозии применяют битумные мастики и пасты, различные лаки и эмали на битумной основе, смолы и краски, рулонные материалы, полиэтиленовые липкие пленки, ленты и другие материалы. Антикоррозионная обработка наружной поверхности труб производится в зависимости от способа прокладки тепловых сетей [18, 33]. Для теплопроводов с температурой теплоносителя до 150°С чаще всего применяют битумную грунтовку с оклейкой по изольной мастике рулонным изолом в два слоя. При более высоких температурах теплоносителя антикоррозионную защиту выполняют стеклоэмалированием различных марок [33].

Основной изоляционный слой выполняют из материалов, отвечающих требованиям теплоизолятора. Толщина этого слоя принимается в зависимости от теплофизических свойств материала и норм, предъявляемых к изолируемой поверхности.

Крепежные детали предназначены для крепления теплоизоляционных материалов на изолируемой поверхности. В качестве крепежных изделий применяют металлические сетки, проволочные кольца и прошивки, бандажи из полосового железа или арматурной стали и др. Наружная отделка состоит из покровного слоя и защитного покрытия. Покровный слой, выполняемый небольшой толщиной (10—20 мм), служит для предохранения основного слоя от атмосферных осадков, грунтовой влаги и механического повреждения. Покровным слоем заделывают всевозможные шероховатости, выправляют внешние дефекты конструкции. Защитное покрытие наносят на покровный слой наклеиванием водоотталкивающих рулонных или тканых материалов с последующей окраской поверхности или без окраски. Такая защита повышает надежность покровного слоя (особенно в агрессивных средах) и улучшает оформление внешнего вида. Таким образом, наружная отделка изоляции вместе с армирующими деталями повышает механическую прочность всей изоляционной конструкции и увеличивает срок ее службы.

В зависимости от способа и места прокладки теплопроводов наружную отделку выполняют различными материалами. Наружную отделку теплопроводов, уложенных внутри помещений и на открытом воздухе, рекомендуется завершать закрытием кожухами из тонколистового оцинкованного железа или алюминия и его сплавов. В помещениях металлическую обшивку допускается заменять проволочной сеткой с мелкой ячейкой (1,6—2,5 мм), синтетической пленкой или тканью из стекловолокна. При большом объеме отделочных работ используют асбестоцементные полуцилиндры с раструбами для перекрытия поперечных швов и без раструбов, скорлупы из жесткого стекловолокна, оболочки из гибкого стеклопластика или текстолитового стеклоцемента. В производственных помещениях, а иногда и на открытых площадках предприятий поверхность отделки теплоизоляции окрашивают масляной или силикатной краской.

В непроходных каналах рекомендуется отделка лакостеклотканью с различными гидрофобными пропитками, допускается ранее широко применявшаяся мокрая асбестоцементная штукатурка (толщиной 10—15 мм) по металлической сетке. Металлическая сетка улучшает сцепление штукатурки с основным изоляционным слоем. В проходных каналах лакоетеклоткань должна наноситься поверх обертки из рубероида.

Покровный слой в бесканальных прокладках выбирают в зависимости от материала основного слоя изоляции. Но чаще используют покрытие изолом в два слоя поизольной мастике, изоляция из автоклавного армопенобетона дополнительно должна защищаться асбестоцементной штукатуркой по металлической сетке.

По исполнению основного изоляционного слоя и наружной отделки различают несколько видов конструкций тепловой изоляции: засыпные, мастичные, подвесные, оберточные, монолитные.



Засыпные конструкции наиболее простые и дешевые. Применяют их в непроходных каналах без воздушного зазора (см. рис. IX.3) и бесканальных прокладках (см. рис. IX.5). Отличительная особенность конструкции состоит в высокой увлажняемой изоляции, предъявляющей повышенные требования к защите трубопроводов от коррозии, поэтому засыпная изоляция удобна для временных прокладок сетей, а также для быстрого восстановления разрушенной подвесной изоляции в непроходных каналах (см. рис. IX.3, *д, е*).

Мастичная изоляция составляется из сыпучих материалов, размешанных в воде с связующими волокнистыми добавками (очесы, асбест, трепел). Густая мастика наносится на горячий трубопровод, обернутый сетчатым каркасом, несколькими слоями толщиной по 10—15 мм. Полное высыхание каждого последующего слоя постепенно замедляется, в результате весь процесс изоляции занимает продолжительное время. Образующая конструкция достаточно прочна и долговечна, но вследствие большой плотности обмазки изоляция имеет высокий коэффициент теплопроводности. Малопроизводительные затраты ручного труда делают мастичную изоляцию непригодной для массового производства изоляционных работ.

Подвесные теплоизоляционные конструкции выполняют из жестких или мягких формованных изделий заводского изготовления. Виды освоенных изделий самые разнообразные. На рис. X.1 показана конструкция, из жестких полуцилиндрических скорлуп, изготовленных из совелита, асбестовермикулита, пенодиатомита и других материалов на цементной или керамической связке.

Скорлупы закрепляются на трубах по асбестоцементному или совелитовому слою мастики и проволоочной стяжкой. Швы заделывают мастикой. Мягкие скорлупы из минеральной ваты и стекловолокна, пропитанные синтетическим связующим, благодаря гибкости плотнее прилегают к криволинейной поверхности, поэтому накладываются на трубы без мастики (рис. X.2). Стыки скорлуп заделывают мастикой.

Подвесные изоляционные изделия выпускают также в виде плит и сегментов. Закрепляют их на трубопроводе аналогичным образом.

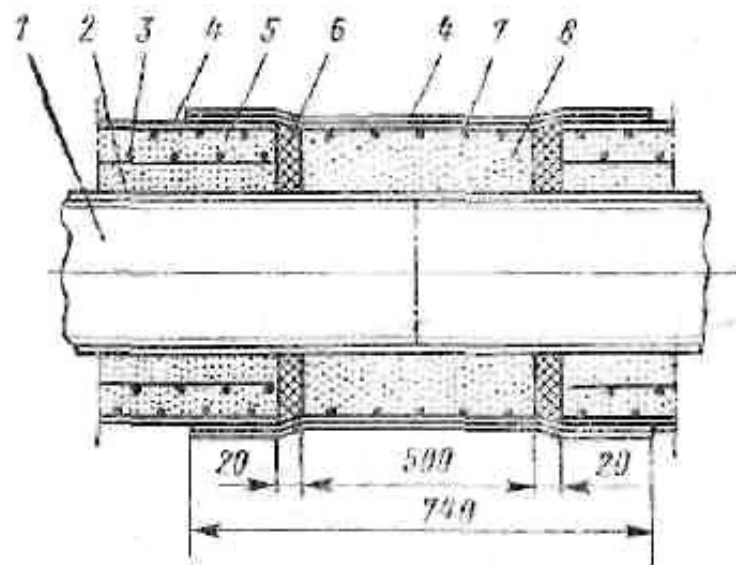


Рис. X.1. Сборная подвесная изоляция из жестких формованных скорлуп:

1 — антикоррозионное покрытие; 2 — асбестоцементная мастика; 3 — арматура; 4 — покровный слой; 5 — скорлупа; 6 — асбестоцементная связка; 7 — проволочный бандаж; 8 — изоляция сварного стыка

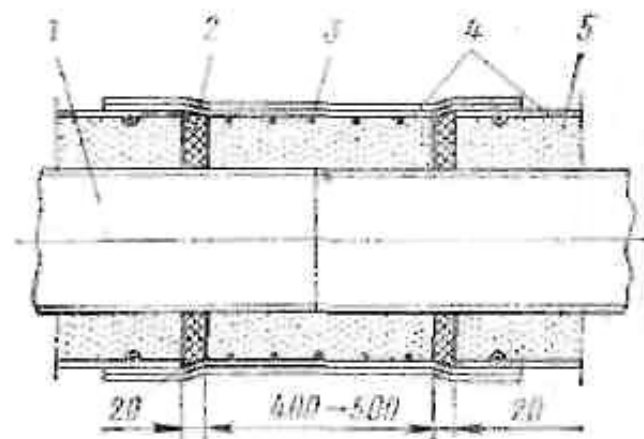


Рис. X.2. Сборная подвесная изоляция из мягких формованных скорлуп:

1 — антикоррозионное покрытие; 2 — асбестоцементная связка стыков; 3 — проволочный бандаж; 4 — покровный слой; 5 — скорлупа

участках труб малого диаметра (до 32 мм), подверженных сотрясениям и вибрациям, или трубопроводов с большим числом арматуры и изгибов.

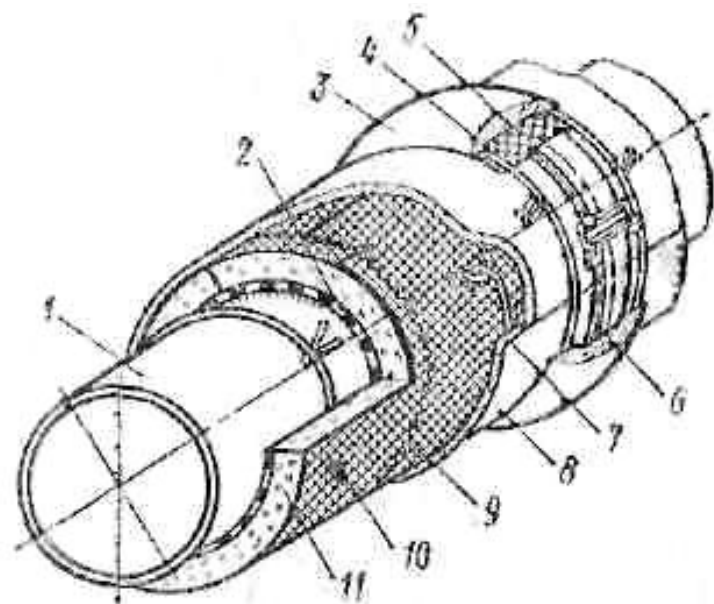


Рис. X.3. Оберточная изоляция прошивными матами из волокнистых материалов в обкладках:

1 — антикоррозионное покрытие; 2 — внутренняя обкладка металлической сеткой; 3 — отделка стыка; 4 — проволочная скрутка; 5 — сетка; 6 — бандаж с пряжкой; 7 — скрутка проволочная; 8 — покровный слой из асбестоцементных полуцилиндров; 9 — шпильки стыков обкладки отожженной проволокой; 10 — наружная обкладка металлической сеткой; 11 — мат

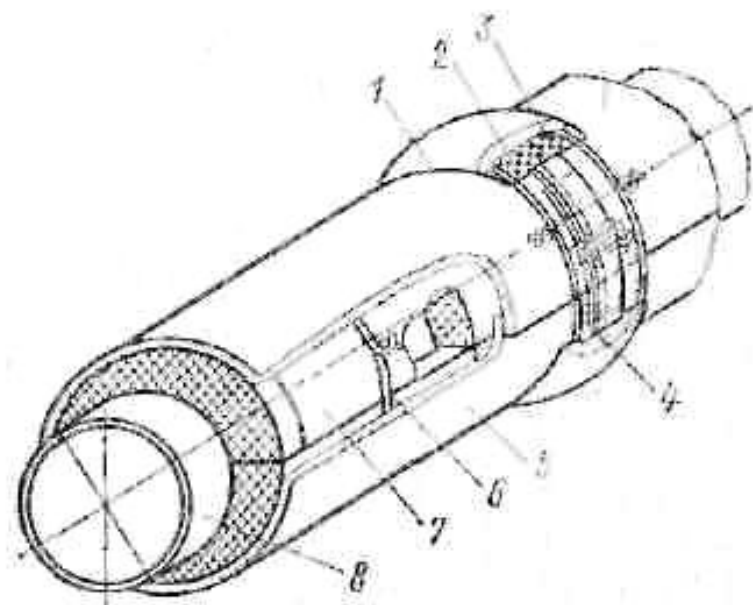


Рис. X.4. Оберточная изоляция прошивными матами из волокнистых материалов без обкладок:

1 — отделка стыка; 2 — проволочная скрутка; 3 — сетка; 4 — бандаж с пряжкой; 5 — покровный слой из асбестоцементных полуцилиндров; 6 — проволочная скрутка; 7 — мат; 8 — антикоррозионное покрытие

Оберточная изоляция выполняется из прошивных матов в обкладках (рис. X.3) и без обкладок (рис. X.4) или из мягких плит на синтетической связке. На рис. X.3 показана конструкция с использованием минераловатных или стекловолоконистых матов с двусторонней обкладкой металлической сеткой или стеклотканью. Маты с обкладками прошиваются мягкой отожженной проволокой или стеклонитью. На трубопроводе маты закрепляются проволоочной скруткой и дополнительной сшивкой продольных и поперечных швов в наружной обкладки. Затем вся эта конструкция закрывается покровным слоем, выбираемым в зависимости от способа прокладки теплопровода. По металлической сетке в качестве покровного слоя удобнее всего использовать асбестоцементную штукатурку, которая сглаживает все неровности и прочно скрепляется с основным изоляционным слоем. Конструкция изоляции матами без обкладок на рис. X.4 отличается более частым размещением проволоочных скруток.

Монолитные изоляции (рис. X.5) изготавливают на специализированных заводах. Процессы изолирования зависят от исходных материалов. Технология монолитной армопенобетонной изоляции, разработанная в г. Ленинграде в 1948 г., состоит в следующем. На поверхность очищенных от ржавчины труб накручивают арматурную сетку. Армированные трубы вставляют в металлические кассетные формы с закрывающимися торцевыми крышками. Формы заливают бетоном, содержащим компоненты пенообразователя (столярный клей, канифоль и кальцинированная сода), и помещают в автоклавы для термообработки. Термообработка массы происходит при давлении 0,8 МПа и температуре 175°C. Последующей сушкой при температуре 200°C доводят остаточную влажность бетона до 3—5%. После сушки на поверхность изоляции наносится гидроизоляция 2—3 слоями рулонного материала.

Пропарка оболочки создает прочное сцепление армированного пенобетона с металлом трубы, вследствие чего при тепловом удлинении теплопровода исключается независимое перемещение трубы в оболочке. Оболочка надежно защищает трубы от механического воздействия грунта, поэтому монолитные теплопроводы широко используют в бесканальных прокладках тепловых сетей. Высокая щелочность пенобетона (рН8,5) обеспечивает его нейтральность к металлу.

Советскими специалистами разработаны новые, более совершенные и экономичные конструкции тепловой изоляции, предназначенные для бесканальных прокладок. К их числу относятся прокладки в самоспекающихся асфальтитах, в песчаноцементной засыпке, пористом слое и др. Тепловая изоляция в самоспекающихся асфальтитах (рис. X.6) происходит естественным путем за счет тепловыделений теплопроводов. Для этого трубы укладывают в траншеи и засыпают порошкообразным асфальтоизолом. После пуска теплопроводов в эксплуатацию вследствие разогрева засыпки образуются три слоя изоляции с различными строениями, свойствами и назначениями: 1 — тонкий водонепроницаемый слой расплава асфальтоизола имеет низкую (0,09—0,11 Вт/м·°С) теплопроводность и электропроводность. Вязкий слой обеспечивает свободное перемещение горячего трубопровода и полную защиту его от коррозии и электрических токов в грунте; 2 — пористый слой является основным изоляционным слоем. Толщина пористого спекшегося слоя зависит от состава засыпки и температуры теплоносителя. Спекшаяся масса гидрофобна, поэтому одновременно представляет дополнительную антикоррозионную защиту; 3 — неспекшийся слой образует дополнительную порошкообразную теплоизоляцию.

В состав самоспекающегося порошка входят природный битум и добавки мазута. Изменяя проценты добавок мазута, можно получить асфальтоизол с необходимой температурой плавления.

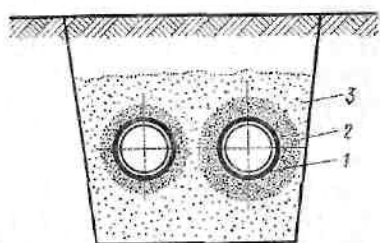


Рис. X.6. Бесканальная прокладка в самоспекающихся асфальтитах: 1 — расплав асфальтоизола; 2 — спекшийся пористый слой; 3 — неспекшийся слой

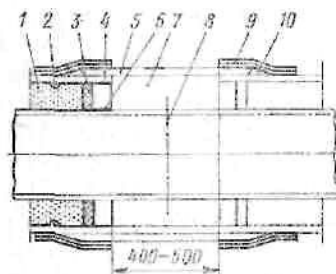


Рис. X.5. Монолитная изоляция:

1 — армированный пенобетон; 2 — стяжное кольцо; 3 — цементная заливка стыка; 4 — покрывной слой из пенобетонных скорлуп; 5 — покрывной слой стыка труб пенобетонными скорлупами; 6 — антикоррозионное покрытие труб; 7 — вилоконтинентная пенобетонная крошка на битуме; 8 — стык труб; 9 — отделка стыка; 10 — цементная заделка

Прокладки в песчаноцементных засыпках осуществляются путем предварительной укладки в траншею труб, обернутых слоем минеральной ваты и толя. Смешанная песчаноцементная засыпка естественным образом увлажняется и затвердевает, образуя прочную оболочку вокруг труб.

## § X.3. ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДОВ

Транспортные потери тепла зависят от конструкции тепловой изоляции и способов прокладки теплопроводов. Полное термическое сопротивление изолированного теплопровода, уложенного в канале, складывается из термических сопротивлений: 1) теплоотдаче от теплоносителя к внутренней поверхности трубы  $R_{в}$ , м°С/Вт; 2) теплопроводности стенки трубы  $R_{т}$ ; 3) теплопроводности антикоррозионного покрытия, основного и покровного слоев изоляции  $R_{и}$ ; 4) теплоотдаче от наружной поверхности изоляции в окружающую среду  $R_{в}$ ; 5) теплоотдаче от воздуха в канале к внутренней поверхности стенок канала  $R_{к}$ ; 6) теплопроводности стенок канала  $R_{к}$ ; 7) теплопроводности грунта  $R_{г}$ :

$$R = R_{в} + R_{т} + R_{и} + R_{в} + R_{ПК} + R_{к} + R_{г}. \quad (X.1)$$

Термические сопротивления антикоррозионного и покровного слоев обычно малы, в практических расчетах ими допускается пренебрегать, используя небольшой теплоизолирующий эффект этих слоев в качестве запаса. В бесканальных прокладках значения величин  $R_{ПК}$  и  $R_{г}$  ввиду отсутствия стенок канала не учитываются.

При прокладке теплопроводов на открытой площадке или в закрытом помещении полное термическое сопротивление теплопереходу от теплоносителя к окружающему воздуху определяется суммой

$$R = R_{в} + R_{т} + R_{в} + R_{к}. \quad (X.2)$$

Термические сопротивления и удельные тепловые потери относят обычно к 1 м длины теплопровода.

Термическое сопротивление поверхности для цилиндрических тел определяется по формуле

$$R = \frac{1}{\pi d \alpha}, \quad (X.3)$$

пусканьем и конвекцией. Раздельное определение коэффициентов теплоотдачи лучеиспусканием и конвекцией не обеспечивает надлежащей точности расчета ввиду сложности определения исходных параметров. Поэтому в практике расчетов тепловой изоляции сложный теплообмен характеризуют суммарным коэффициентом теплоотдачи наружной поверхности  $\alpha_n$ .

Значения коэффициентов  $\alpha_n$  для цилиндрических поверхностей определяют по приближенным формулам [26, 28]:

для объектов в закрытых помещениях с температурой на поверхности изоляции  $t_{пов} < 150^\circ\text{C}$

$$\alpha_n = 10,3 + 0,052 (t_{пов} - t_0), \quad (\text{X.4})$$

для объектов на открытом воздухе

$$\alpha_n = 11,6 + 7 \sqrt{w}, \quad (\text{X.5})$$

где  $t_0$  — температура окружающей среды (воздуха),  $^\circ\text{C}$ ;  $w$  — скорость движения воздуха, м/с (при отсутствии данных принимается 10 м/с).

Термическое сопротивление теплоотдачи наружной поверхности изолированного трубопровода определяют по формуле (X.3) при подстановке в нее  $\alpha_n$  и значения диаметра изоляции  $d_u$

При определении  $R_{ИК}$  в формуле (X.3) принимается эквивалентный диаметр внутреннего контура канала  $d_э$  рассчитываемый по формуле

$$d_э = 4F / P_в, \quad (\text{X.6})$$

где  $F$  — площадь сечения канала,  $\text{м}^2$ ;  $P_в$  — периметр внутреннего контура канала, м.

Значение коэффициента теплоотдачи от воздуха к стенкам канала можно принимать  $\alpha_{ИК} = 8 \text{ Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$ .

Термическое сопротивление слоя для цилиндрических тел выводится из уравнения

$$R_c = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}, \quad (\text{X.7})$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности слоя, Вт/м<sup>°С</sup>;  $d_1$  и  $d_2$  — внутренний и наружный диаметры слоя, м.

К термическому сопротивлению слоя относятся  $R_T$ ,  $R_u$ ,  $R_K$ ,  $R_r$ . Незначительным термическим сопротивлением стенок труб  $R_T$  в расчетах обычно пренебрегают, при этом принимают температуру на наружной поверхности трубы равной температуре теплоносителя.

Термическое сопротивление теплопроводности грунта определяют по формуле Форгхеймера [28]

$$R_r = \frac{1}{2\pi\lambda_r} \ln \left( 2 \frac{h}{d} + \sqrt{4 \frac{h^2}{d^2} - 1} \right), \quad (X.8)$$

где  $\lambda_r$  — коэффициент теплопроводности грунта;  $h$  — глубина заложения оси теплопровода, м;  $d$  — диаметр теплопровода, м.

При глубине заложения трубопровода  $h/d > 1,25$  формула Форгхеймера упрощается:

$$R_r = \frac{1}{2\pi\lambda_r} \ln 4 \frac{h}{d}. \quad (X.9)$$

Термическое сопротивление стенок канала рассчитывают по формуле (X.7) при подстановке в нее эквивалентных диаметров по наружному и внутреннему контурам канала. Если теплопроводность стенок канала не известна или отсутствуют данные по наружному периметру канала, то общее термическое сопротивление стенок канала и грунта определяют по формулам (X.8) или (X.9) при подстановке в них эквивалентного диаметра канала, рассчитанного по внутреннему контуру.

Температурное поле грунта на глубине до 0,7 м находится под влиянием колебаний температуры наружного воздуха, на большей глубине этим влиянием можно пренебречь. В связи с этим при глубине заложения теплопроводов  $h < 0,7$  м подсчет тепловых потерь должен производиться по температуре грунта, равной среднегодовой температуре наружного воздуха. В этом случае в формулах (X.8), (X.9) принимается приведенная глубина заложения

$$h_{пр} = h + \lambda_r / \alpha_0, \quad (X.10)$$



где  $h$  — действительная глубина заложения;  $a_0$  — коэффициент теплоотдачи на поверхности грунта ( $a_0 = 2\text{—}3 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Коэффициент теплопроводности грунта зависит от вида и влажности грунта [28]. При отсутствии сведений о грунте коэффициенты теплопроводности можно принимать равными: для сухих грунтов — 0,55; для маловлажных грунтов—1,1; для средневлажных грунтов— 1,7; для сильновлажных грунтов — 2,3 Вт/м $^\circ\text{C}$ .

## § X.7. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИИ

Понятая конструкция теплоизоляции должна иметь толщину не выше установленных норм [33] и обеспечивать: заданные пределы изменения температуры теплоносителя на всех участках тепловой сети; допустимую температуру на поверхности изоляции; непревышение нормативных теплопотерь.

В общем случае толщина изоляции может быть определена по нормативным теплопотерям. Для чего, приняв допустимые удельные теплопотери [28], по формуле (X.11) определяют требуемую величину полного термического сопротивления изоляции  $R$ . Задавшись ориентировочным диаметром изоляции  $d_u$  (в пределах рекомендуемых толщин слоя), по формуле (X.3) определяют термическое сопротивление изоляции- $R_{и}$ .

Требуемая толщина слоя изоляции найдется из равенства (X.7), приведенного к виду

$$\ln \frac{d_{в}}{d_{н}} = 2\pi\lambda_{и}R_{и}, \quad (X.39)$$

где  $d_u$  — наружный диаметр изолируемой трубы;  $R_u$  — термическое сопротивление слоя изоляции,  $R_a = R - R_{и}$ .

При несовпадении исходного и расчетного значений  $d_u$  расчет повторяется методом последовательного приближения.

Выбор толщины изоляции определяется соображениями технической и экономической целесообразности. Рациональная конструкция изоляции может быть решена двояким путем: 1) применением различных изоляционных материалов с одинаковой толщиной слоя, обеспечивающей требуемый теплоизолирующий эффект; 2.) применением конкретного изоляционного материала путем изменения Только толщины слоя. В первом случае преобладающим фактором в выборе экономически выгодной толщины изоляции является сопоставление стоимости 1 м изоляционной конструкции двух или нескольких материалов.

## **ГЛАВА IX**

### **ПРОКЛАДКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

#### **§ IX.1. ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА**

Для городов и населенных пунктов по архитектурным соображениям рекомендуется применять подземную, прокладку теплопроводов, независимо от качества грунта, загруженности подземных коммуникаций и стесненности проездов. Для промышленных площадок подземная прокладка используется при высокой насыщенности подземных коммуникаций с целью упорядочения технологических прокладок в одном коллекторе с теплопроводами. Подземные прокладки подразделяют (рис. IX. 1) на канальные и бесканальные.

Канальные прокладки предназначены для защиты трубопроводов от механического воздействия грунтов и коррозионного влияния почвы. Стены каналов облегчают работу трубопроводов, поэтому канальные прокладки допускаются для теплоносителей с давлением до 2,2 МПа и температурой до 350° С. В бесканальных прокладках трубопроводы работают в более тяжелых условиях, так как они воспринимают дополнительную нагрузку грунта и при неудовлетворительной защите от влаги подвержены наружной коррозии. В связи с этим бесканальные прокладки рекомендуется применять при температуре теплоносителя до 180°С.

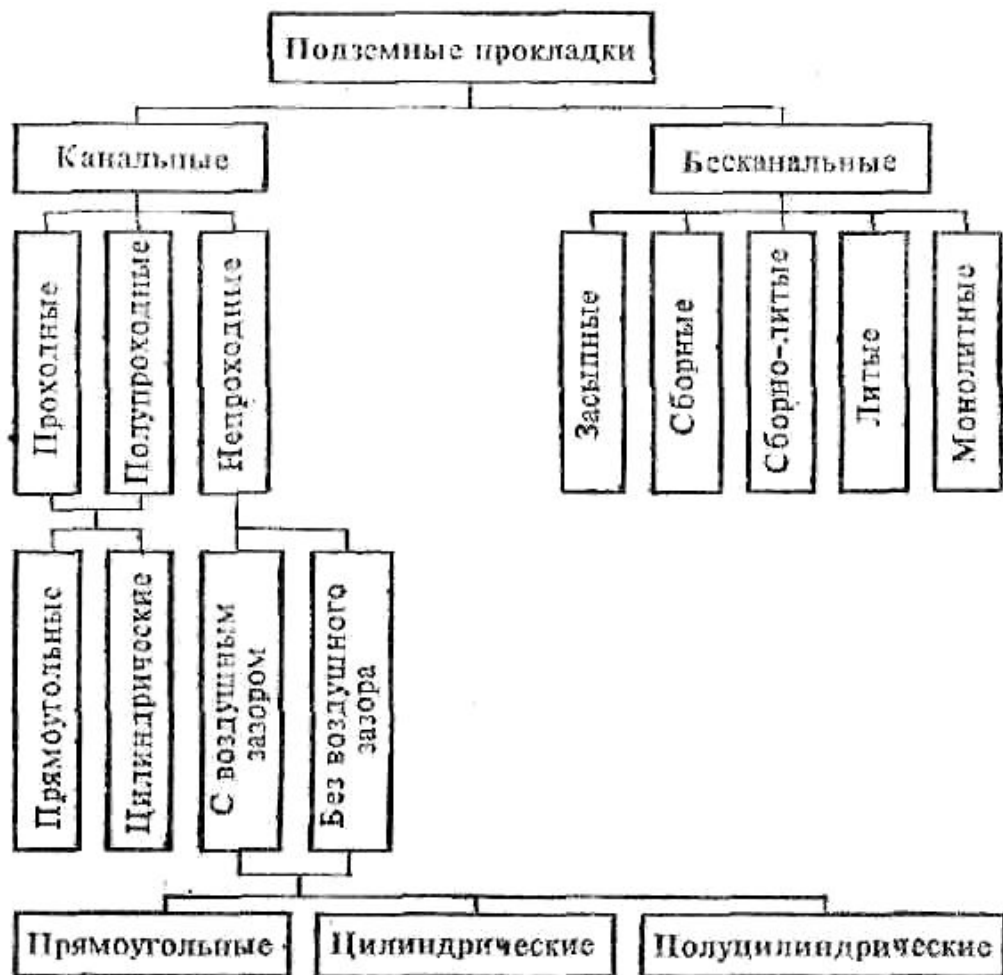


Рис. IX.1. Виды подземных прокладок тепловых сетей

Проходные каналы (рис. IX.2) применяются при прокладке в одном направлении не менее пяти труб большого диаметра. Большим достижением советского градостроительства является использование проходных коллекторов для прокладки городских подземных коммуникаций различного назначения совместно с теплопроводами. Совместная прокладка городских сетей и теплопроводов удачно разрешает сложную проблему организации подземного хозяйства крупных городов и вместе с тем обеспечивает долговечную их службу и плановое строительство новых линий связи. Проходные каналы используют часто для прокладки теплопроводов под многоколейными железными дорогами и автострадами с интенсивным движением транспорта, не допускающим вскрытия каналов и нарушения работы узлов на период ремонта сетей.

Каналы сооружают из кирпича, монолитного или сборного железобетона. С 1966 г. проходные каналы изготавливают по типовым проектам с различными размерами в свету [18, 28]. Наименьшая высота канала принимается 1,8 м, ширина определяется числом и размерами труб с учетом допустимых зазоров между ними. Ширина прохода для обслуживания принимается не менее 0,7 м. Габариты типовых каналов выбирают из условия свободного доступа, ремонта и обслуживания, арматуры, оборудования и теплоизоляции. Общие коллекторы оборудуют монтажными проемами, вентиляцией, освещением, телефонной связью и средствами водоотлива

В проходных каналах трубы большого диаметра размещают в нижнем ряду, меньшего диаметра — вверх. Теплопроводы рекомендуется укладывать в правом (по ходу теплоносителя со станции) вертикальном ряду, остальные — в левом. При компоновке сечения канала допустимые разрывы между коммуникациями и ограждениями принимаются по нормам строительного проектирования [28, 33].

Полупроходные каналы применяют в стесненных условиях местности, когда невозможно возведение проходных каналов. Их используют в основном для прокладки сетей на коротких участках под крупными инженерными узлами, не допускающими вскрытия каналов для ремонта трубопроводов. Высота полупроходных каналов принимается не менее 1,4 м, свободный проход — не менее 0,6 м; при этих габаритах возможно проведение мелкого ремонта труб. Материалы для изготовления полупроходных каналов и принцип размещения в них коммуникаций аналогичны: проходным каналам.

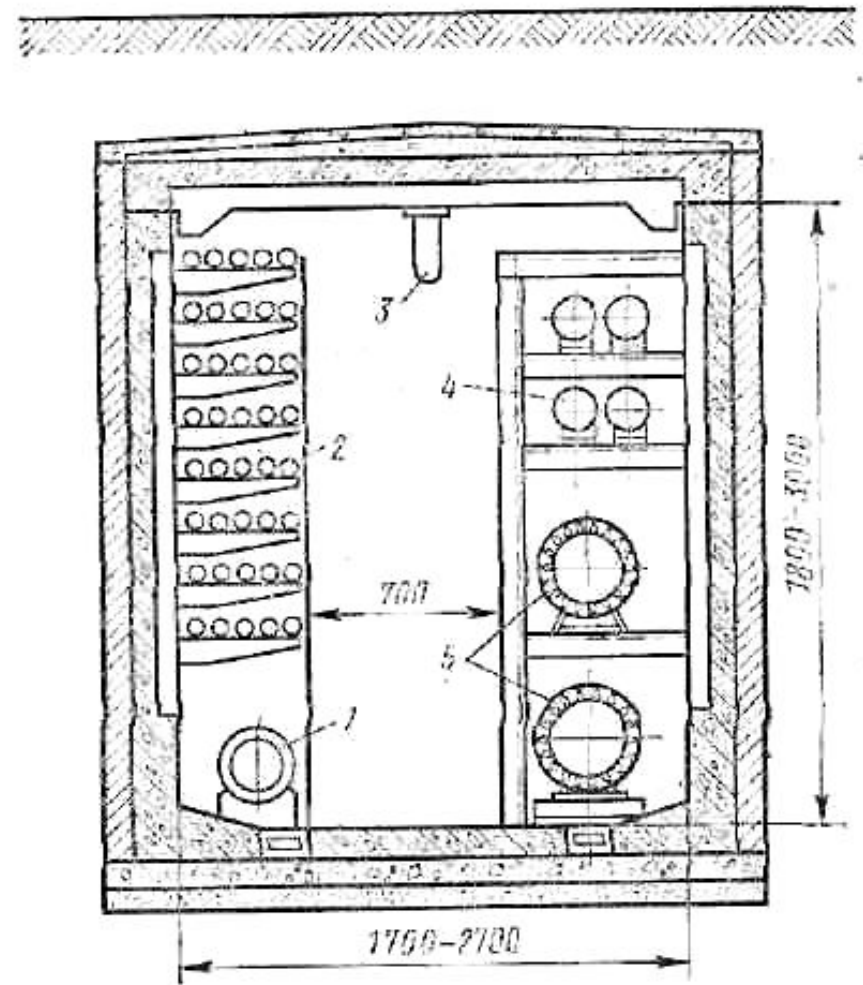


Рис. IX.2. Проходной канал из сборных железобетонных блоков:

1 — водопровод; 2 — электрические кабели; 3 — светильник; 4 — технологические трубопроводы; 5 — теплопроводы

Непроходные каналы имеют наибольшее распространение среди других видов каналов (рис. IX.3). Каждый вид канала применяется в зависимости от местных условий изготовления, свойств грунта, места прокладки. В непроходные каналы укладывают трубопроводы тепловых сетей, не требующие постоянного надзора. Сборные каналы (рис. IX.3, *a*) со стенками из неармированного бетона, усиленными кирпичной кладкой, прокладывают в слабых грунтах высокой влажности. Оклеенная гидроизоляция служит защитой от проникновения в канал грунтовой воды, воды атмосферных осадков. Каналы (рис. IX.3, *б, в, г*) с прочными армированными конструкциями перекрытий и стенок пригодны для повсеместной прокладки, в том числе и под улицами, площадями и под автодорогами местного значения. Подготовка основания из фильтрующих материалов под каналами (рис. IX.3, *д*) предупреждает затопление тепловых сетей в период максимального паводкового подъема уровня грунтовых вод. Каналы с дренажной обсыпкой стенок и дренажной трубой (рис. IX.3, *е*) предназначены для прокладок в зоне грунтовых вод.

Отсутствие воздушного зазора между стенками каналов и тепловой изоляцией в конструкциях (рис. IX.3, *д, е*) ухудшает вентиляцию воздуха и подсушку изоляции, вследствие чего тепловая изоляция постоянно находится во влажном состоянии. Легкому влагонасыщению изоляции способствует капиллярный подъем воды со дна канала, проникающей из грунта через неплотности стенок. Высокая влажность тепловой изоляции увеличивает теплопотери и является основной причиной ускоренной коррозии трубопроводов. В настоящее время прокладки в каналах без воздушного зазора не допускаются. В каналах с воздушным зазором между стенками и изоляцией трубопроводов (рис. IX.3, *а, б, в, г*) тепловая изоляция в меньшей степени подвержена увлажнению, поэтому коррозия трубопроводов в таких каналах значительно ослаблена.

Вода, попавшая в каналы, частично испаряется и в виде конденсата выпадает на холодных стенках. Конденсат, падая с перекрытия на трубопроводы, увлажняет тепловую изоляцию, поэтому необходимо проектировать такие формы стенок каналов, чтобы капля не попадала на тепловую изоляцию. Сводчатая форма перекрытия (рис. IX.3, *в*) наиболее удобна для организованного стока такой влаги на дно канала.

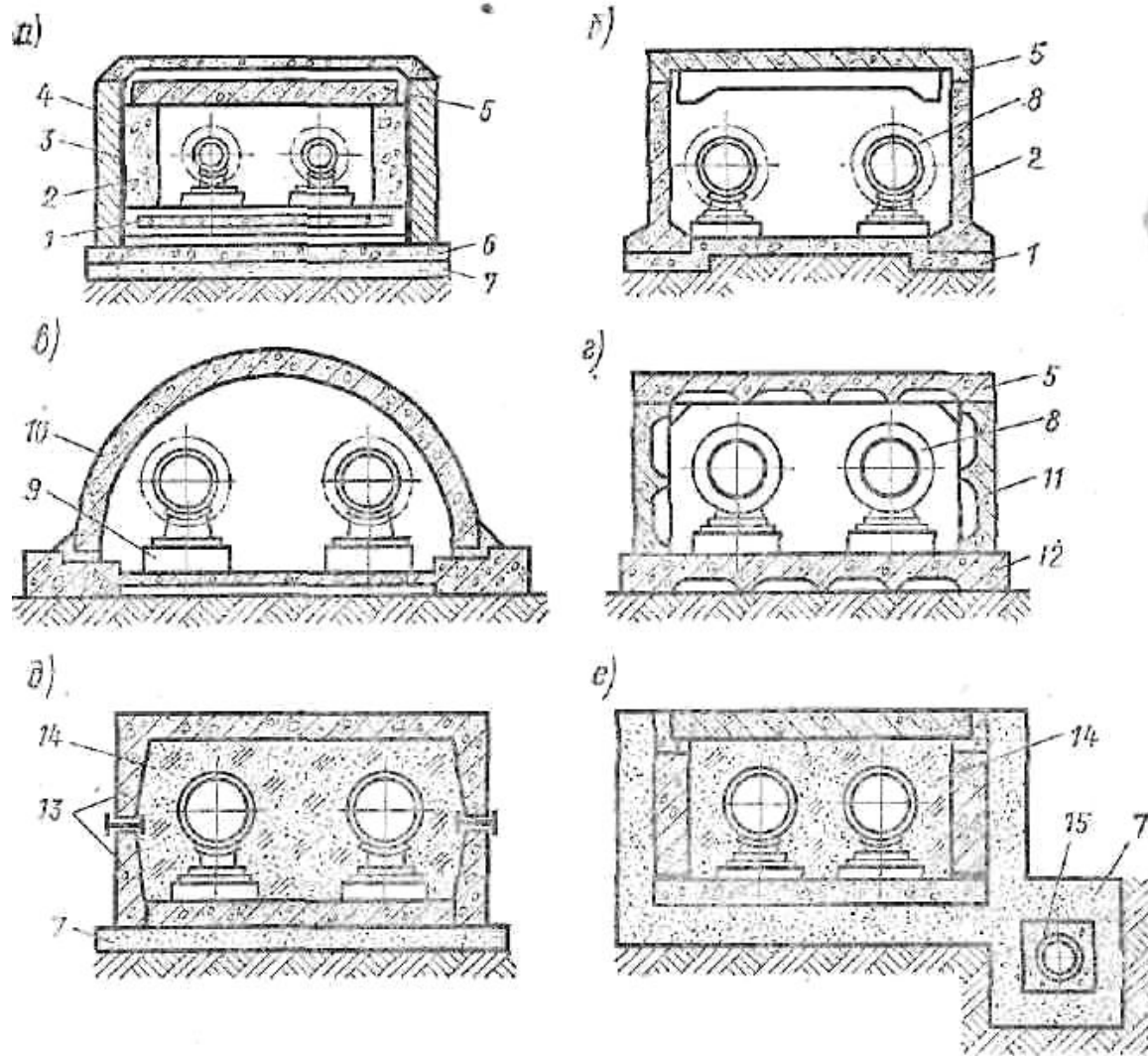


Рис. IX.3. Непроходные кивалы:

*a* — сборный с оклеечной гидроизоляцией; *б* — сборный из железобетонных плит;  
*в* — садчатый с опорной рамой; *г* — сборный из вибропроткатных плит; *д* — из лотковых элементов; *е* — сборный с дренажем; 1 — железобетонное основание; 2 — стеновой блок; 3 — гидроизоляция; 4 — кирпичная стенка; 5 — блок перекрытия; 6 — бетонная подготовка; 7 — песчаная подготовка; 8 — навесная теплоизоляция; 9 — подушка; 10 — железобетонный свод; 11 — рамы из вибропроткатных плит; 12 — плита дна; 13 — железобетонный лоток; 14 — засыпная теплоизоляция; 15 — дренажная труба

Разновидностью непроходных каналов являются теплопроводы ВТИ — «Красный строитель», представляющие собой конструкции заводского изготовления из асбестоцементных или железобетонных центрифугированных труб, в которые вставлены металлические трубы, а зазор между трубами заполнен минеральной ватой.

Применение готовых блоков позволяет индустриализировать строительство тепловых сетей. Эти конструкции хорошо зарекомендовали себя при прокладке квартальных сетей в грунтах естественной влажности.

С 1963 г. непроходные каналы изготавливают по типовым проектам (рис. IX.4). Типы и размеры каналов маркируют цифрами и буквами. Цифры перед буквами определяют количество ячеек канала, цифры после букв означают внутренние размеры каналов (в см). Например, маркировка канала 2КЛ 90х60 означает двухъячейковый канал из лотковых элементов, перекрываемых плитами, ширина каждой ячейки 900 мм, высота 600 мм.

Подвижные опоры трубопроводов в каналах опираются на железобетонные подушки с закладными металлическими пластинами. С помощью подушек (см. рис. IX.3) между низом изолированного трубопровода и дном канала образуется воздушный зазор, препятствующий увлажнению изоляции от попадающей в канал воды. Для стока воды вдоль канала между подушками соседних трубопроводов должно оставаться расстояние не менее 0,1 м. Высота подушек принимается в зависимости от диаметра трубопровода по нормам проектирования [33].

Глубина заложения каналов принимается исходя из минимального объема земляных работ и надежного укрытия от раздавливания транспортом. Наименьшее заглубление от поверхности земли до верха перекрытия каналов в любом случае принимается не менее 0,5 м.

Бесканальная прокладка — перспективный и экономичный способ строительства тепловых сетей. Перечень строительно-монтажных операций, а следовательно, и объем работ при бесканальной прокладке значительно уменьшается, благодаря чему стоимость сетей по сравнению с канальной прокладкой снижается на 20—25%. По этим соображениям тепловые сети с диаметрами трубопровода до 500 мм рекомендуется прокладывать преимущественно бесканально.



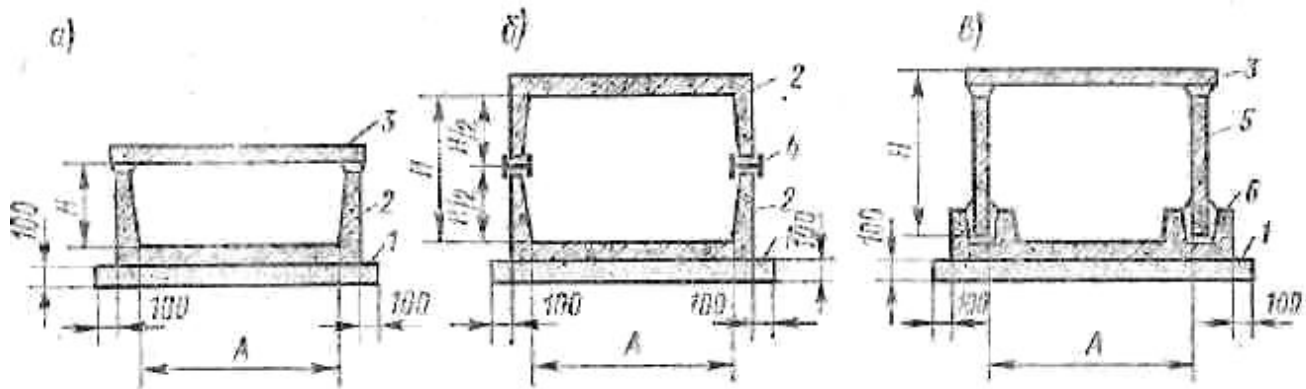


Рис. IX.4. Типовые конструкции непроходных каналов:

а — из лотковых элементов, перекрываемых плитками типа КЛ; б — сборные из лотковых элементов типа КЛс; в — из сборных плит типа КС; 1 — песчаная подготовка; 2 — лоток; 3 — перекрытие; 4 — двутавр; 5 — стенная плита; 6 — днище

Бесканальные прокладки до 1941 г. имели большое распространение, позже (до 1949 г.) из-за несовершенства гидроизоляции они вышли из употребления. В настоящее время разработаны и испытаны новые теплоизоляционные материалы, позволившие вновь обратиться к бесканальным прокладкам.

Засыпные. В качестве изоляционного материала используются различные насыпные материалы. В траншеях трубы укладывают на бетонные или деревянные лежни или непосредственно на подстилку изоляции. Слой изоляции плотно утрамбовывают. Под воздействием коррозии и просадки грунта наблюдались частые разрывы сварных стыков труб. Вследствие этого засыпные конструкции рекомендуются для временной прокладка сетей в сухих грунтах с температурой теплоносителя до 110°C.

**Сборные.** В сборных прокладках формованные изоляционные изделия в виде кирпичей, сегментов скорлуп закрепляются на трубах бандажной проволокой. Поверх изоляции в несколько слоев накладывают рулонную гидроизоляцию. Собранные конструкции укладывают на постель и засыпают грунтом. Формованные изделия из диатома, асбестоцемента, пенобетона, пеносиликата большей частью легко насыщаются влагой, поэтому собранная конструкция теплопровода даже при нанесении гидроизоляции оказывается недостаточно герметичной. По этим причинам сборные прокладки используют как временные сооружения.

**Сборнолитые.** В этих прокладках трубы укладывают в опалубку из пенобетонных плит. Пространство в опалубке заливают пенобетонной массой. После затвердевания бетона образуется прочная оболочка, исключающая независимое перемещение трубы при температурных удлинениях.

В некоторых конструкциях трубопроводы предварительно изолируют слоем минеральной ваты, затем заливают твердеющей массой или засыпают материалом, который после увлажнения цементируется. В таком исполнении трубы при удлинении свободно перемещаются в оболочке и конструкция становится подобно канальной.

**Литые.** В литых прокладках трубы укладывают в съемную опалубку, в которую заливают бетонный раствор или бетонную смесь. Если вокруг монолитной конструкции нанесено гидроизоляционное покрытие, то это достаточно герметичное сооружение может быть использовано для прокладки в зоне грунтовых вод.

Монолитные конструкции изготовляют на заводах путем накручивания арматурной сетки с небольшим зазором от поверхности очищенной от ржавчины трубы и заливки твердеющего раствора вокруг трубы в специальных формах. После термообработки масса прочно сцепляется с металлом труб, образуя монолитную конструкцию. Готовые трубы укладывают в траншеи на песчаные постели. Монолитные оболочки при тепловом удлинении перемещаются в грунте вместе с трубами. Оболочки, выполненные из бетонов, при прокладке во влажных грунтах требуют надежной гидроизоляции.

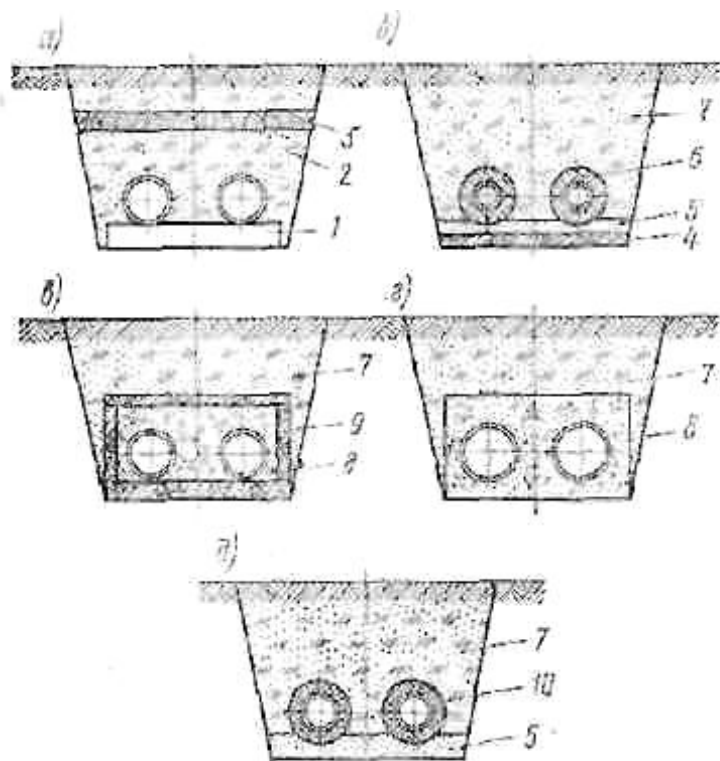


Рис. IX.5. Типы бесканальных прокладок:

*a* — засыпные; *б* — сборные; *в* — сборно-литые;  
*г* — литые; *д* — монолитные; 1 — опора; 2 — засыпка  
 изоляции; 3 — слой утрамбованной глины; 4 —  
 бетонная подготовка; 5 — песчаная подсыпка;  
 6 — формованная штучная изоляция; 7 — грунт;  
 8 — пенобетон; 9 — плиты; 10 — монолитная тепло-  
 вая изоляция

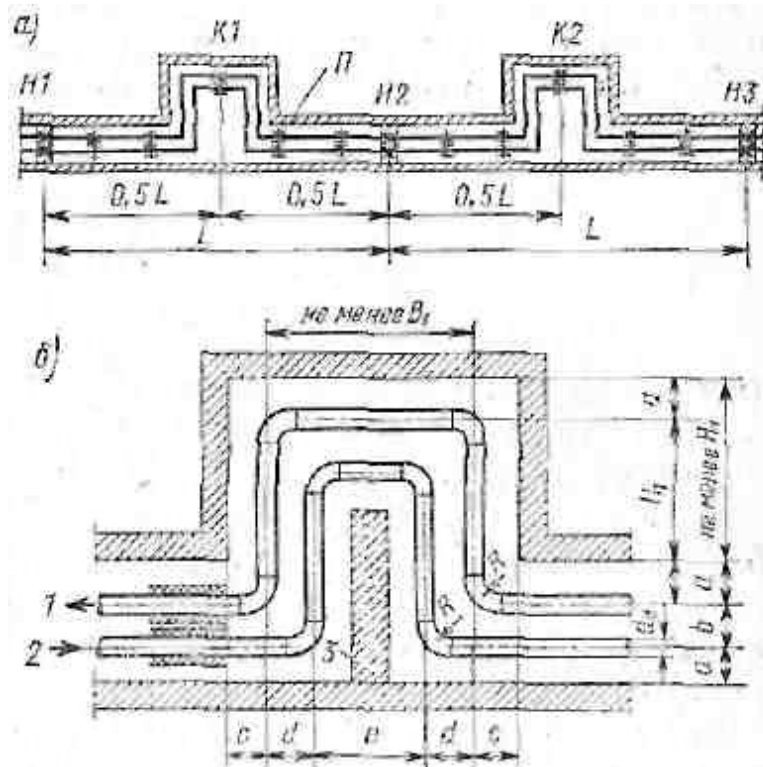


Рис. IX.6. Компенсаторные ниши:

*a* — размещение ниш по трассе теплопроводов;  
*б* — размещение компенсаторов в нише; К — ком-  
 пенсаторная ниша; Н — неподвижная опора; П —  
 подвижная опора; 1 — подающий трубопровод;  
 2 — обратный трубопровод; 3 — стенка

Бесканальную прокладку производят на глубине от поверхности земли до верха оболочки теплопровода не менее 0,7 м. Основным недостатком бесканальных прокладок является, повышенная просадка и наружная коррозия теплопроводов. Просадка труб вызывает перенапряжение сварных стыков и заедание сальниковых компенсаторов. Для предупреждения просадок применяется местное уплотнение грунта, иногда используются подкладки бетонных плит под трубы или производится бетонная заливка основания. В настоящее время для двухтрубных сетей различных диаметров разработаны типовые проекты бесканальной прокладки в грунтах различной категории и влажности [28].

На трассе подземных теплопроводов сооружаются вспомогательные строительные элементы, имеющие различное назначение. Они (рис. IX.6) предназначены для размещения П-образных компенсаторов при всех видах подземной прокладки. Изготавливают ниши из тех же материалов, что и примыкающие к ним стены каналов. Расстояния между нишами  $L$  определяются расчетом или принимаются равными допустимым расстояниям между неподвижными опорами.

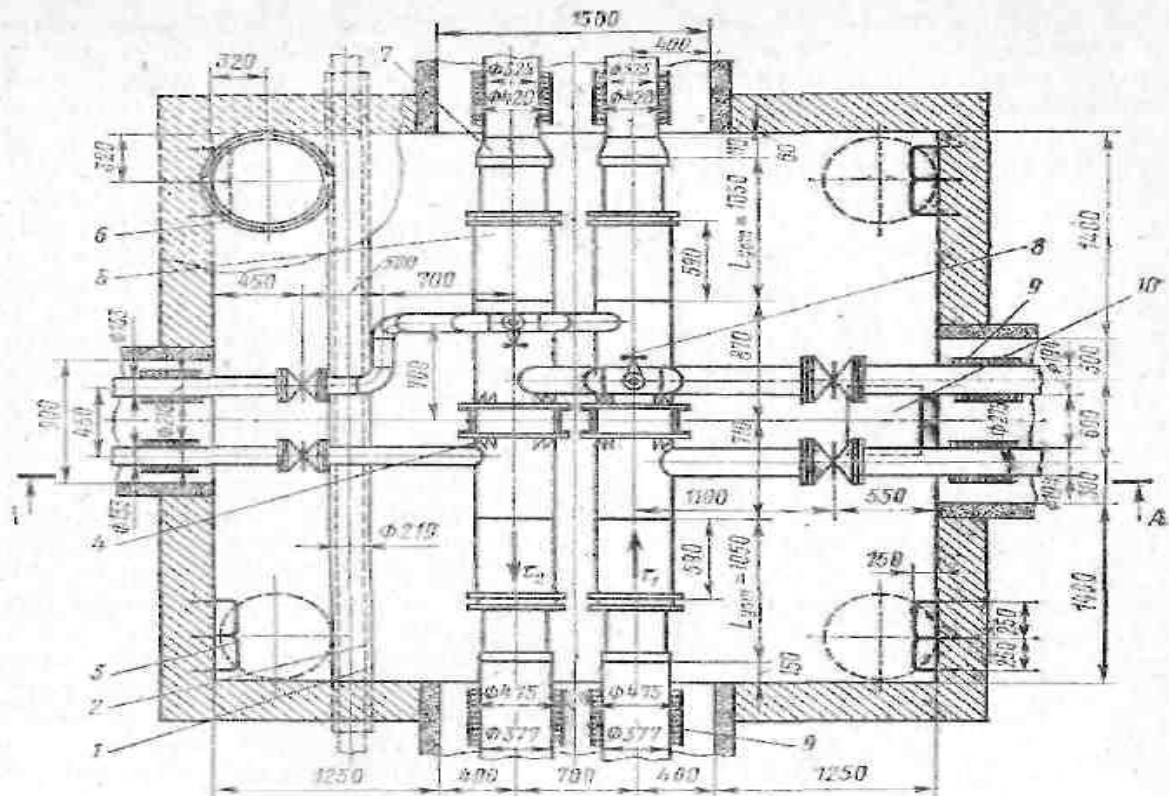
Габаритные размеры ниши подбираются по размерам компенсаторов с учетом их температурной деформации. При компоновке ниш на место внешнего компенсатора с наибольшими размерами, как правило, должны быть уложены компенсаторы трубопроводов с наивысшей температурой теплоносителя (подающий трубопровод). Размеры вписанного компенсатора должны обеспечивать температурное удлинение трубопровода с наименьшей температурой теплоносителя (обратный трубопровод).

Компоновочные размеры компенсаторной ниши принимаются по типовым проектам [28] или рассчитываются по формулам:

$$c \geq (0,5d_{\text{н}} + \delta) + 0,5\Delta l_1 + a_{\text{нс}}; \quad (\text{IX.1})$$

$$d \geq (d_{\text{н}} + 2\delta) + 0,5(\Delta l_1 - \Delta l_2) + a_{\text{ни}}; \quad (\text{IX.2})$$

$$e = B_2 \geq 2R + (d_{\text{н}} + 2\delta), \quad (\text{IX.3})$$



A-A

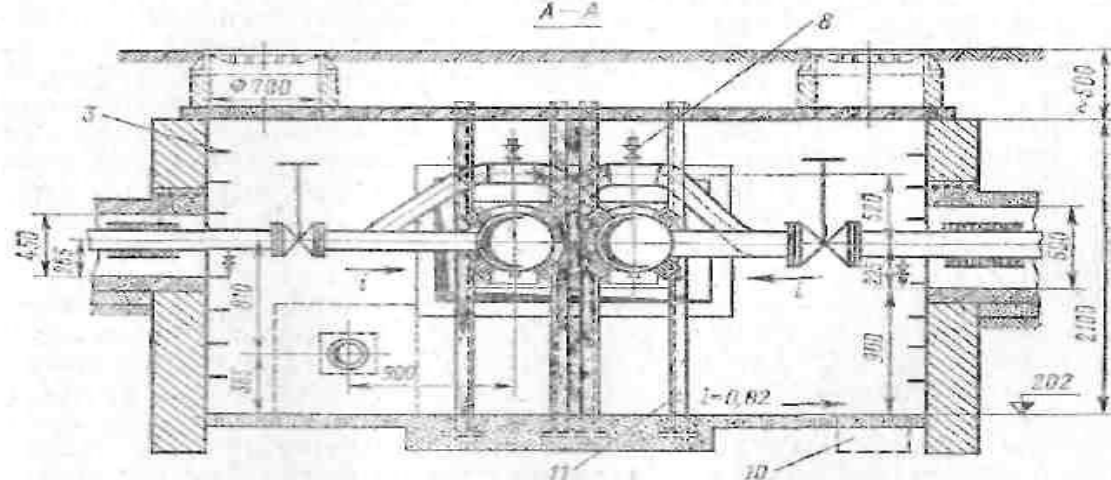


Рис. IX.7. Теплофикационная камера с двумя ответвлениями:

1 — стальная труба — футляр; 2 — полутяжелый дренаж; 3 — скобы; 4 — лобовая опора;  
 5 — салынный компенсатор; 6 — люк; 7 — переход диаметров; 8 — воздушник; 9 — теп-  
 ловая изоляция; 10 — дренажный приемок; 11 — упорная конструкция на швеллерах

где  $d_n$  — наружный диаметр трубы;  $b$  — толщина тепловой изоляции;  $R$  — радиус гнутья трубы;  $\Delta L_1$ ,  $\Delta L_2$  — температурные удлинения подающего и обратного трубопроводов;  $a_{uc}$  — допустимое расстояние между стенкой и изоляцией, принимаемое по нормам проектирования [28, 33];  $a_{ни}$  — допустимое расстояние между поверхностями изоляции, принимаемое по нормам [28, 33];  $B_2$  — длина спинки компенсатора обратного трубопровода (определяется расчетом).

Значения расстояний  $a$ ,  $b$  (см. рис. IX.6) принимаются по размещению труб в сечении канала. При больших габаритных размерах ниш для уменьшения размеров плит перекрытия устанавливается промежуточная стенка 3. В этом случае размер  $e$  должен быть увеличен на толщину стенки 3. В бесканальных прокладках с обеих сторон ниши рекомендуется устраивать непроходные каналы, которые сооружаются также в местах использования естественной компенсации трубопроводов. Длина каналов принимается по конструктивным соображениям исходя из местных условий. Вводы трубопроводов в каналы целесообразно герметизировать, не нарушая свободного перемещения трубопроводов.

Камеры устанавливают по трассе подземных теплопроводов для размещения в них задвижек, сальниковых компенсаторов, неподвижных опор, ответвлений, дренажных и воздушных устройств, измерительных приборов. Расстояния между камерами обычно принимают равными расстояниям между неподвижными опорами. Внутренние габариты камер зависят от числа и диаметров труб, размеров оборудования. Высота камер принимается не менее 2 м. Для обслуживания арматуры и оборудования предусматриваются свободные проходы, расстояния от стен и между оборудованием принимаются по нормам проектирования [28, 33].

Спуск в камеры осуществляется через входные и аварийные люки по скобам, заделанным в стены, или по лестницам. Конструкции и количество люков должны обеспечивать безопасный выход в любых аварийных обстановках и извлечение оборудования из камер. Для извлечения крупногабаритного оборудования, не проходящего через обычные люки, устраивают монтажные люки или проемы.

При необходимости сооружают крупные камеры павильонного типа с устройством в них грузоподъемных механизмов. Дно камер и павильонов делается с уклоном 0,02 в сторону водосборного приемка. Камеры выполняют из кирпича, сборных плит, объемных элементов или из монолитного железобетона типовых размеров [11, 18]. Примеры компоновки камер приведены на рис. IX.7 и IX.8. В местах ответвления тепловых сетей к небольшим зданиям тепловые камеры могут быть выполнены в виде смотровых колодцев из круглых сборных железобетонных колец типовых размеров [11, 18].

Вентиляционные камеры сооружают только на трассе проходных каналов для обеспечения в них температуры воздуха не более 50°С, а во время ремонтов — не более 40°. Вентиляция может быть естественной и принудительной. Для естественной вентиляции в высших точках трассы устраивают вытяжные шахты, а между ними в низших точках — приточные шахты. На небольших участках вентиляция может заменяться проветриванием через открытые люки камер. Во время работ в крупных коллекторах допускается применение вентиляторов. Монтажные проемы сооружают на трассе проходных каналов через 200—300 м для затаскивания и выемки труб. Длина проемов не менее 4 м, а ширина — не менее максимального диаметра трубы плюс 0,1 м, но не менее 0,7 м.

Продольный дренаж применяют для искусственного понижения уровня грунтовых вод в узкой полосе трассы. Грунтовые и поверхностные воды, проникая через стенки каналов и покровные оболочки бесканальных прокладок, увлажняют теплоизоляцию и вызывают коррозию труб. Для защиты подземных прокладок от затопления применяют гидрофобные теплоизоляционные материалы, герметичные каналы и продольное дренирование. Большое значение имеет планировка поверхности земли над теплопроводом с уклоном в сторону от трассы, а также уплотнение и прикатка грунта для предупреждения местных просадок почвы, в которых застаиваются талые воды и атмосферные осадки. Хорошо защищают теплопроводы уличные асфальтовые и бетонные дорожные покрытия.

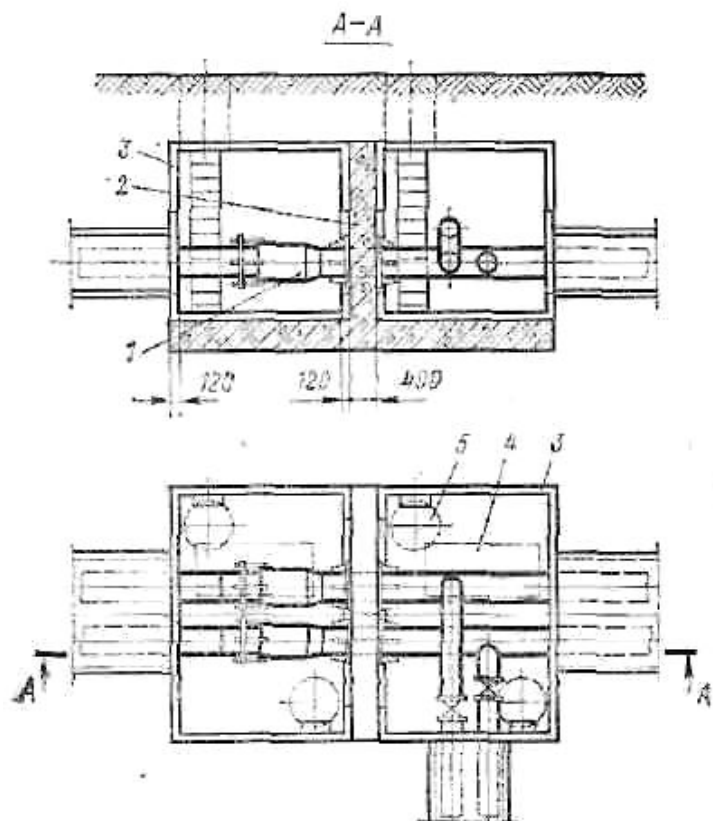


Рис. IX.8. Камера из типовых вибропркатных плит с одним ответвлением:

1 — сальниковый компенсатор; 2 — шитовая опора; 3 — кабина; 4 — монтажный проем; 5 — люк

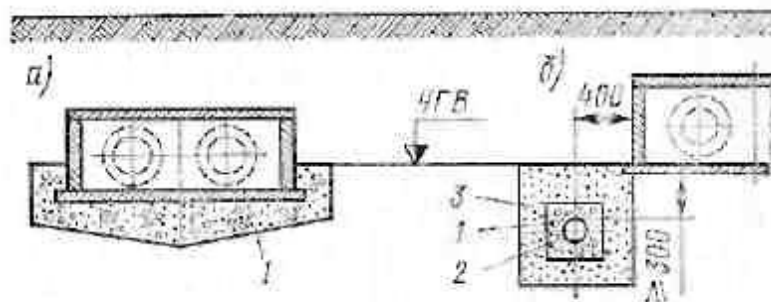


Рис. IX.9. Виды продольных дренажей:

1 — гравий; 2 — дренажная труба; 3 — песок



Герметизация строительных конструкций создается гудронированием наружных стенок каналов, камер и бесканальных прокладок (см. рис. IX.3, *a*) расплавом битума или битумных мастик с температурой не ниже 150°C с последующим обклеиванием рулонными гидроизоляционными материалами — изолом, бризолом. При большой влажности грунта оклейку стенок дополнительно защищают кирпичной кладкой в пол кирпича, а перекрытия — бетонным раствором толщиной не менее 50 мм. Однако при низких температурах гидроизоляция теряет эластичность, растрескивается и пропускает воду. Вследствие этого герметизация, как и гидрофобные теплоизоляционные материалы, не обеспечивает защиту сетей от увлажнения. В качестве самостоятельного средства защиты эти меры эффективны лишь в сухих грунтах, временно насыщающихся атмосферными осадками.

В неблагоприятных гидрогеологических условиях с большими сезонными колебаниями уровней грунтовых вод наиболее целесообразно продольное дренирование. Дренаж представляет собой пористую засыпку из щебня, гравия средней крупности 5—20 мм и крупнозернистого песка 0,5—1 мм. Конструкция дренажа зависит от уровня и дебита грунтовых вод. При малом дебите и невысоком уровне грунтовых вод (УГВ) местное дренирование устраивается в виде фильтрующего основания и обсыпки стенок канала на высоту максимального подъема грунтовых вод (рис. IX.9, *a*). При большом дебите и высоком уровне воды дренирование рекомендуется выполнять по типовым проектам (рис. IX.9, *б*), разработанным для каналов различного сечения и грунтов с различной фильтрующей способностью. Дренажные трубы укладывают в зернистом слое с уклоном для лучшего отвода приточной воды. Дренаж устраивают с одной или двух сторон канала. Односторонний дренаж производится со стороны наибольшего притока воды. Устойчивое понижение уровня воды на глубину более 200 мм от низа изоляции достигается заглублением верха дренажной трубы на 300 мм и более от низа дна канала, а при бесканальной прокладке — от низа изоляции.

Дренажные трубы (рис. IX. 10) изготовляют из керамики, бетона, асбестоцемента. Для пропуска воды в них высверливают отверстия или пробивают щели. Гранулометрический состав обсыпки подбирают так, чтобы при фильтрации воды не происходило выноса мелких частиц (менее 0,25 мм) через поры более крупных заполнителей и забивания водопримных отверстий в трубах.

В последнее время предложено использование толстостенных трубофильтров, изготовленных из крупнопористых бетонов. Благодаря большой пористости стенок вода свободно проникает в трубы. Такие трубофильтры укладывают без устройства зернистого основания. Для чистки заиленных труб устраивают кирпичные или сборные колодцы (рис. IX11). Смотровые колодцы размещают на прямых участках через 40—75 м в местах смены, диаметров дренажных труб и перепадов уровней их заложения, а также на поворотах трасс и ответвлений.

Дренирование компенсаторных ниш и камер осуществляется ответвлениями от основного дренажа. При большом объеме работ по сооружению дренирующих обводов вокруг каждой ниши и камеры, требующих дополнительного устройства четырех поворотов дренажных труб и возведения на каждом повороте смотрового колодца, целесообразно дренажные трубы пропускать через ниши и камеры в стальных футлярах, как показано на рис. IX.7. Концы футляров должны быть выведены за наружные поверхности стен сооружения на расстояние не менее 500 мм, а кольцевые зазоры между трубами на торцах футляров заделаны цементным раствором и залиты битумом. Чтобы вода из дренажной трубы не вытекала в футляр и далее в пересекаемые ниши и камеры, дренажные трубы на длине футляров должны быть уложены без водоприемных отверстий.

Бесканальная прокладка во влажных просадочных грунтах отрицательно отражается на работе теплопроводов. Местное упрочнение грунтов обеспечивается втрамбовыванием щебня, бетонного боя, набивкой свай и термохимическими способами обработки почвы. Типовое проектирование бесканальных прокладок в слабых и влажных грунтах предусматривает упрочнение и дренирование основания путем замены слабого грунта уплотненной песчаной засыпкой на глубину не менее 500 мм и укладкой железобетонной плиты (рис. IX. 12).

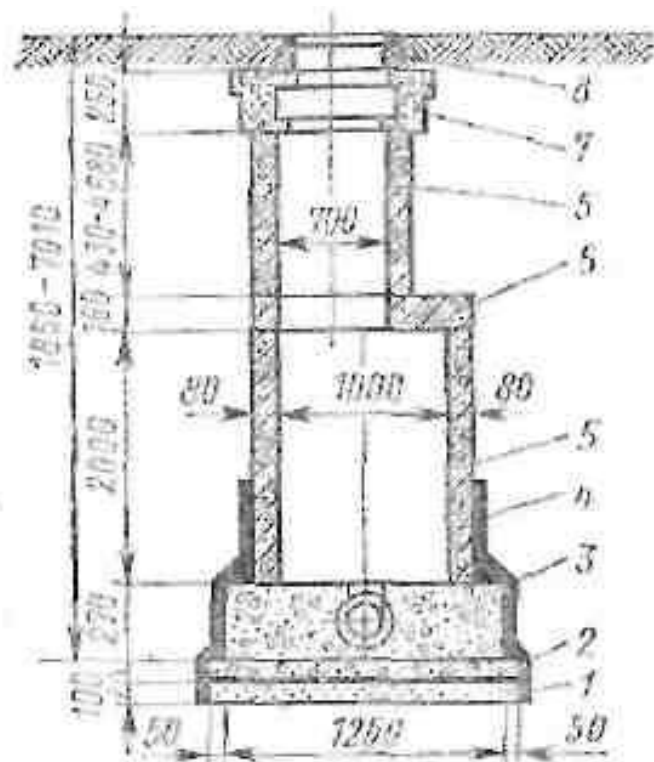


Рис. IX.11. Смотровой колодец из сборных железобетонных элементов;

1 — песок или щебень; 2 — бетон; 3 — лоток; 4 — битумная обмазка; 5 — кольцо; 6 — нафта; 7 — колыца; 8 — лок с крышкой

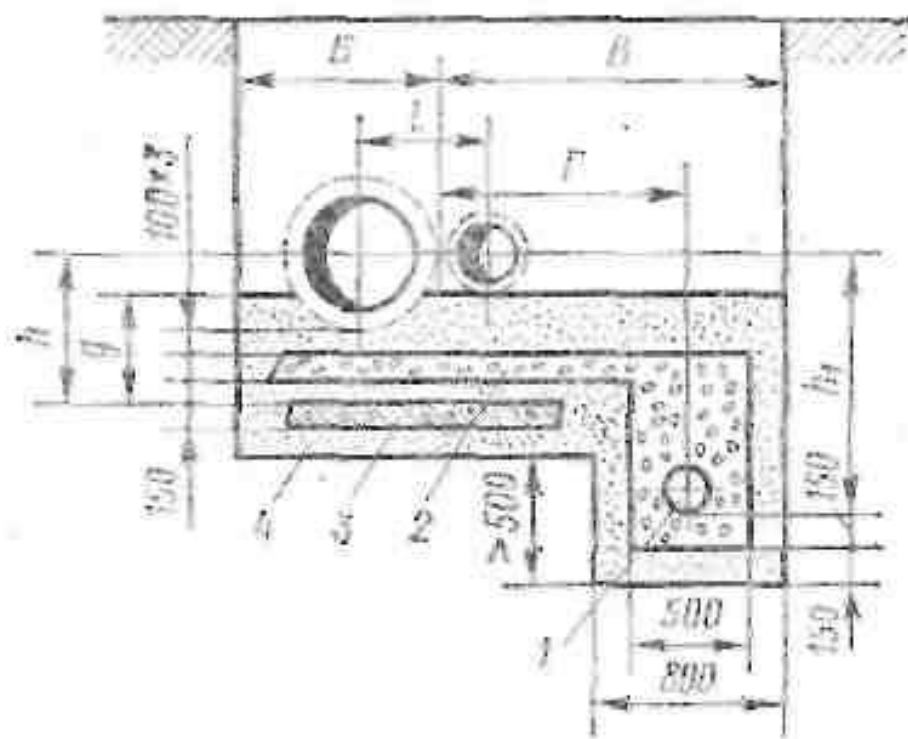


Рис. IX.12. Типовая конструкция продольного дренажа бесканальных прокладок в слабых грунтах;

1 — дренажная труба; 2 — гравий; 3 — железобетонная плита; 4 — песок

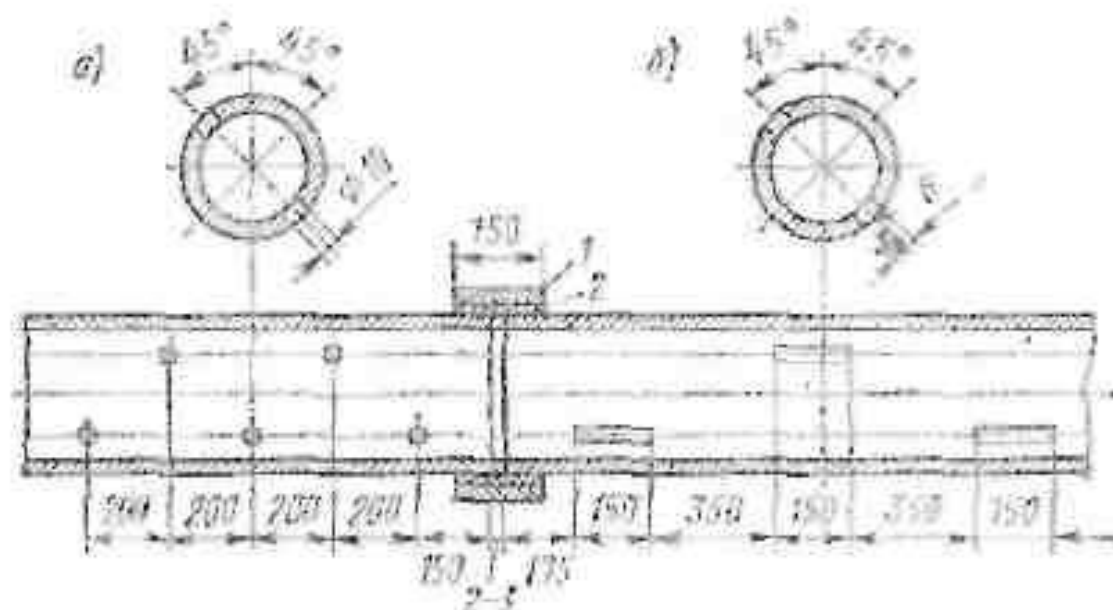


Рис. IX.10. Асбестоцементные древожиные трубы;  
 а — с отверстиями; б — с пелями; 1 — соединительная  
 муфта; 2 — асбестоцементная заделка стыка