

## ТЕМА 9

### ПРОКЛАДКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

#### 9.1 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. 9.1) 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

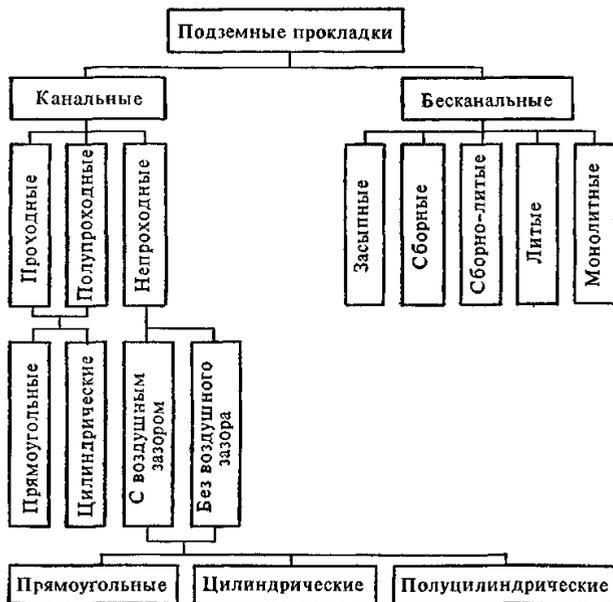


Рис. 9.1 Виды подземных прокладок тепловых сетей

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.

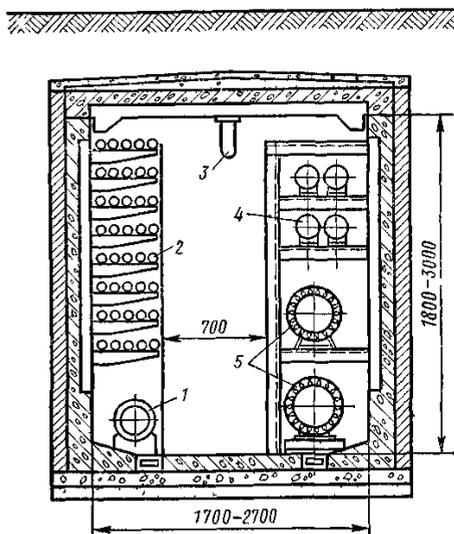


Рис. 9.2. Проходной канал из сборных железобетонных блоков:

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

В связи с этим бесканальные прокладки рекомендуется применять при температуре теплоносителя до 180°С.

**Проходные каналы** (рис. 9.2) применяются при прокладке в одном направлении не менее пяти труб большого диаметра. Большим достижением является использование проходных коллекторов для прокладки городских подземных коммуникаций различного назначения совместно с теплопроводами. Совместная прокладка городских сетей и теплопроводов удачно разрешает сложную проблему органи-

зации 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. 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 – сверху. Теплопроводы рекомендуется укладывать в правом (по ходу теплоносителя со станции) вертикальном ряду, остальные – в левом..

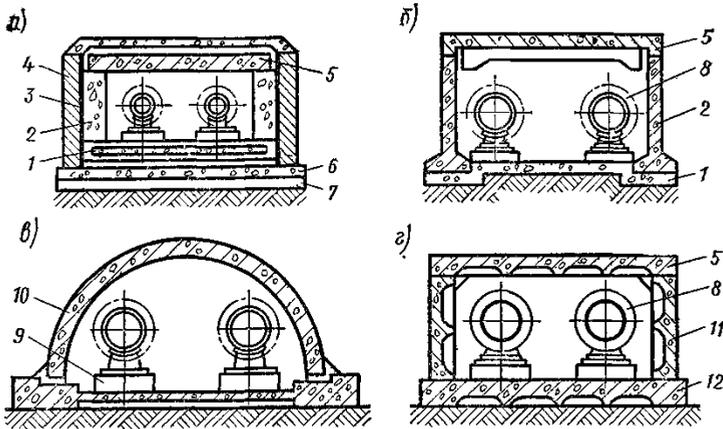


Рис 9.3 Непроходные каналы

*а* – сборный с клееночной гидроизоляцией, *б* – сборный из железобетонных плит; *в* – сводчатый с опорной рамой, *г* – сборный из вибропрокатных плит, 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 вибропрокатных плит, 12– плита днища.

**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.

**Непроходные каналы** имеют наибольшее распространение среди других видов каналов (рис. 9.3). Каждый вид канала применяется в зави-

симости от местных условий изготовления, свойств грунта, места прокладки. В непроходные каналы укладывают трубопроводы тепловых сетей, не требующие постоянного надзора. Сборные каналы (рис. 9.3, а) 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. 9.3, 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 предупреждает затопление тепловых сетей в период максимального паводкового подъема уровня грунтовых вод. Каналы с дренажной обсыпкой стенок и дренажной трубой предназначены для прокладок в зоне грунтовых вод.

В каналах с воздушным зазором между стенками и изоляцией трубопроводов (рис. 9.3, 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. Разновидностью непроходных каналов являются теплопроводы, представляющие собой конструкции заводского изготовления из асбестоцементных или железобетонных центрифугированных труб, в которые вставлены металлические трубы, а зазор между трубами заполнен минеральной ватой.

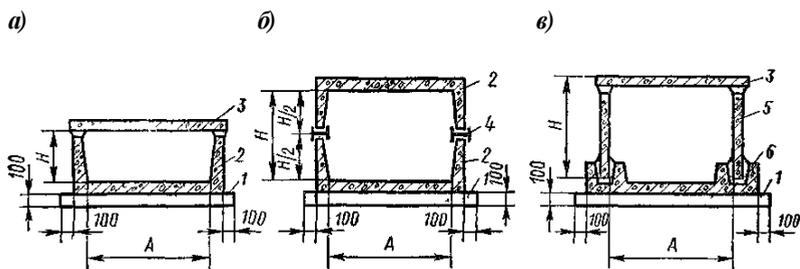


Рис. 9.4 Типовые конструкции непроходных каналов:

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

Применение готовых блоков позволяет индустриализировать строительство тепловых сетей. Непроходные каналы изготавливают по типовым проектам (рис. 9.4). 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. 9.3) 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.

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.

Бесканальные прокладки различаются по конструкции тепловой изоляции (см. рис. 9.1). Некоторые из них показаны на рис. 9.5.

*Засыпные.* В качестве изоляционного материала используются различные насыпные материалы. Под воздействием коррозии и просадки грунта наблюдались частые разрывы сварных стыков труб. Вследствие этого засыпные конструкции рекомендуются для временной прокладки 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. Формованные изделия из 1) диатома, 2) асбесто-

цемента, 3) пенобетона, 4) 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.

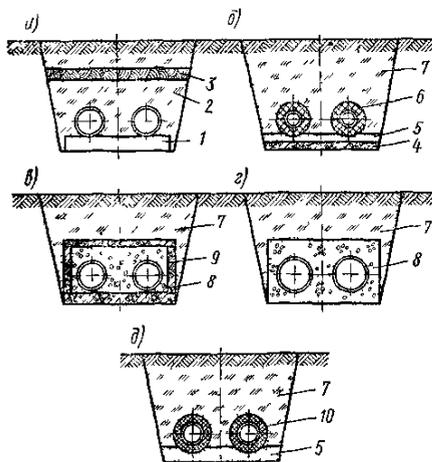


Рис. 9.5 Типы бесканальных прокладок: а – засыпные; б – сборные; в – сборно-литые; г – литые; д – монолитные; 1 – опора, 2 – засыпка изоляции; 3 – слой утрамбованной глины; 4 – бетонная подготовка; 5 – песчаная подсыпка; 8 – формованная штучная изоляция; 7 – грунт; 8 – пенобетон, 9 – плиты; 10 – монолитная тепловая изоляция

с большим зазором от поверхности очищенной от ржавчины трубы и заливки твердеющего раствора вокруг трубы в специальных формах. После термобработки масса прочно сцепляется с металлом труб, образуя монолитную конструкцию. Оболочки, выполненные из бетонов, при прокладке во влажных грунтах требуют надежной гидроизоляции.

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 под-

#### *Сборно-литые.*

В этих прокладках трубы укладывают в опалубку из пенобетонных плит. Пространство в опалубке заливают пенобетонной массой.

#### *Литые.*

В литых прокладках трубы укладывают в съемную опалубку, в которую заливают 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 изготавливают на заводах путем накручивания арматурной сетки с неболь-

кладки бетонных плит под трубы или производится бетонная заливка основания.

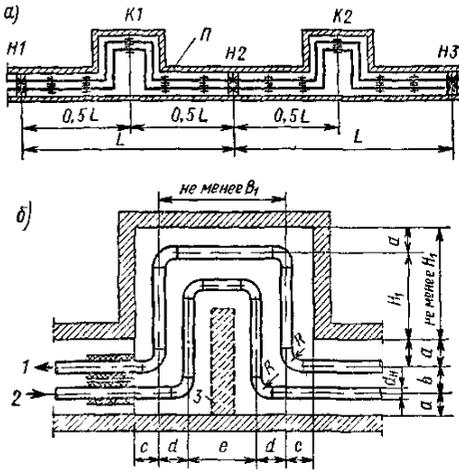


Рис. 9.6. Компенсаторные ниши:  
 а – размещение ниши по трассе теплопровода;  
 б – размещение компенсаторов в нише;  
 К – компенсаторная ниша; Н – неподвижная опора; П – подвижная опора; 1 – подающий трубопровод; 2 – обратный трубопровод; 3 – стенка.

На трассе подземных теплопроводов сооружаются вспомогательные строительные элементы, имеющие различное назначение. Ниши (рис. 9.6) 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). В бесканальных прокладках с обеих сторон ниши рекомендуется пристраивать непроходные каналы, которые сооружаются также в местах использования естественной компенсации трубопроводов. Длина каналов принимается по конструктивным соображениям исходя из местных условий..

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 расстояни-

ям 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.

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 обстоятельствах 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 приямка. Камеры выполняют из кирпича, сборных плит, объемных элементов или из монолитного железобетона типовых размеров. Пример компоновки камеры приведен на рис. 9.7. В местах ответвления тепловых сетей к небольшим зданиям тепловые камеры могут быть выполнены в виде смотровых колодцев из круглых сборных железобетонных колец типовых размеров.

*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.

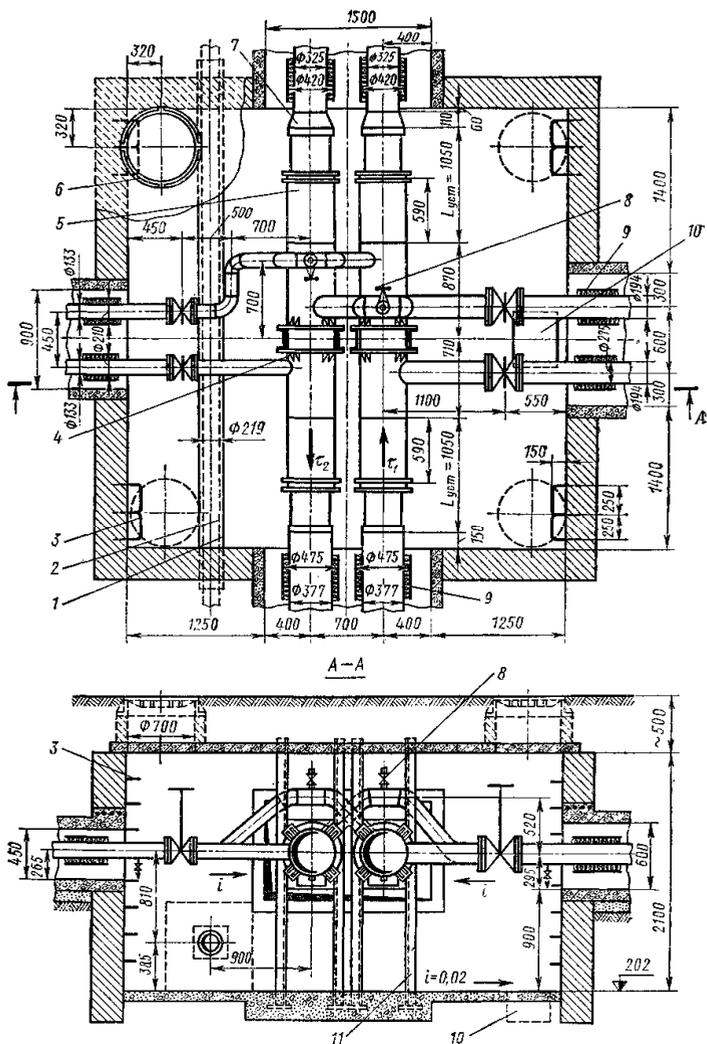


Рис. 9.7. Теплофикационная камера с двумя ответвлениями:

1 – стальная труба – футляр; 2 – попутный дренаж; 3 – скобы; 4 – лобовая опора, 5 – сальниковый компенсатор; 6 – люк; 7 – переход диаметров; 8 – воздушник; 9 – тепловая изоляция; 10 – дренажный приямок; 11 – упорная конструкция из швеллеров

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.

Герметизация строительных конструкций создается гудронированием наружных стенок каналов, камер и бесканальных прокладок (см. рис. 9.3, *а*) 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 полкирпича, 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.

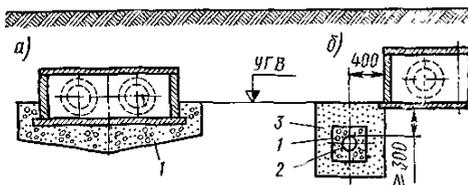


Рис. 9.8. Виды продольных дренажей;  
1 – гравий; 2 – дренажная труба; 3 – песок

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. 9.8, *а*). При большом дебите и высоком уровне воды дренирование рекомендуется выполнять по типовым проектам (рис. 9.8, *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 во-

ды. 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. 9.9) изготавливают 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 водоприемных 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. 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.

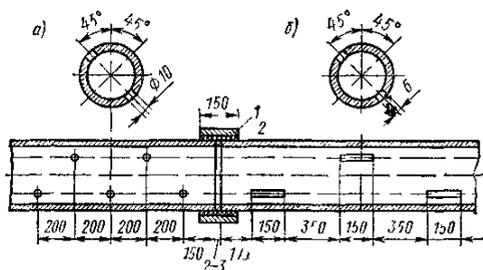


Рис 9.9. Асбестоцементные дренажные трубы: а – с отверстиями; б – с щелями; 1 – соединительная муфта; 2 – асбестоцементная заделка стыка

## 9.2 Надземная прокладка

Воздушный способ прокладки получил распространение на территориях промышленных предприятий и на площадках, свободных от застроек. Неоспоримо преимущество надземной прокладки и в районах с высоким уровнем грунтовых вод или с сильно пересеченным рельефом местности. Воздушная прокладка имеет ряд положительных эксплуатационных преимуществ: а) лучшая доступность и обзоримость сетей, способствующие своевременному устранению неисправностей; б) отсутствие разрушающего влияния грунтовых вод; в) использование более надежных в ра-

боте П-образных компенсаторов; г) широкая возможность устройства прямолинейного продольного профиля теплопроводов, при котором уменьшается количество воздушных и спускных вентилей. Вместе взятые факторы способствуют повышению долговечности и снижению стоимости сетей по сравнению с канальной прокладкой на 30 – 60%. Использование надземной прокладки позволяет снять ограничения параметров теплоносителей, установленных для подземных сетей.

Надземная прокладка осуществляется на отдельно стоящих стойках и эстакадах. На территории промышленных предприятий межцеховые коммуникации иногда прокладывают на кронштейнах, заделанных в стенах зданий.

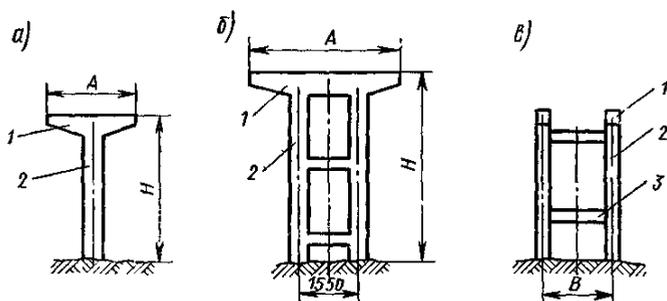


Рис 9.10. Типовые конструкции стоек:

*a* – одноветвевые, *б* – двухветвевые; *в* – анкерная стойка, составленная из отдельных стоек, 1 – траверса, 2 – стойка, 3 – поперечные межстоечные связи

*Отдельно стоящие стойки* бывают: деревянные, стальные, железобетонные, высокие и низкие. Деревянные стойки недолговечны и применяются для временных прокладок. Стальные стойки дороги, поэтому они повсеместно вытесняются железобетонными стойками. Типовыми проектами предусматривается изготовление стоек (рис. 9.10) с вертикальной нагрузкой 50 – 600 кН на каждую стойку.

По способу восприятия нагрузки различают стойки промежуточные и анкерные. Промежуточные стойки предназначены в основном для восприятия вертикальной нагрузки от массы труб, теплоносителя и изоляции. Они рассчитаны также на восприятие небольшой горизонтальной нагрузки, возникающей от трения опорных конструкций труб на стойках. Анкерные или неподвижные стойки воспринимают вертикальную и горизонтальную нагрузку трубопроводов. Горизонтальная нагрузка при температурных удлинениях труб может достигать больших значений, поэтому ан-

керные стойки выполняются пространственной формы из промежуточных стоек, соединенных между собой поперечными связями.

По принципу работы высокие стойки подразделяют на жесткие, гибкие и качающиеся (рис. 9.11). Жесткие стойки прочно защемлены в фундаменте. При температурном удлинении труб стойки изгибаются под воздействием трения опорных конструкций трубы и стойки. Гибкие стойки защемлены в фундаменте, верх стоек шарнирно соединен с трубопроводом. При удлинении трубы верх стоек перемещается вместе с трубой, вызывая изгиб стойки. Качающиеся стойки шарнирно соединены с фундаментом и трубами, поэтому температурное удлинение труб вызывает поворот стоек относительно нижних шарниров. Из всех стоек чаще применяют жесткие как наиболее дешевые и удобные при монтаже трубопроводов.

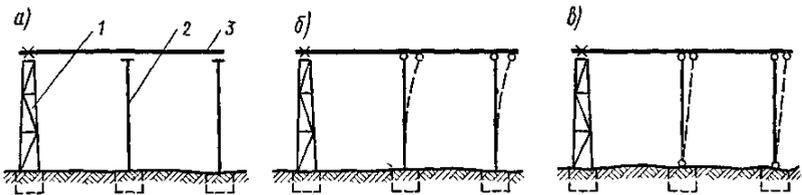


Рис. 9. 11. Типы отдельно стоящих стоек:

*a* – жесткие; *б* – гибкие; *в* – качающиеся; 1 – анкерные (неподвижные) стойки; 2 – промежуточные стойки; 3 – трубопровод

Расстояние между стойками  $l_c$  нормируется и в зависимости от несущей способности труб принимается от 6 до 24 м. Большие пролеты между стойками допустимы для прокладки труб большого диаметра (рис. 9.12). На промежуточных стойках трубы свободно опираются на подвижных опорах. Горизонтальные усилия, возникающие в пролете длиной  $L$  между неподвижными опорами, воспринимаются анкерными стойками, на которых трубы закреплены неподвижно. Под П-образными компенсаторами устанавливают компенсаторные стойки, которые размещаются с одной или двух сторон вдоль трассы на расстоянии от нее, равном наибольшему вылету П-образных компенсаторов.

При прокладке труб небольшого диаметра на отдельных стойках промежуточные опоры создаются посредством вантовых растяжек и подвесок (рис. 9.12). Расстояния между точками подвески принимают в соответствии с несущей способностью трубы наименьшего диаметра.

Низкие стойки применяют для прокладки труб на свободных от застроек площадках. Чтобы поверхностные воды и снеговые покровы не создавали увлажнение тепловой изоляции, расстояние между низом изоляции и поверхностью земли должно быть не менее 0,35 м.

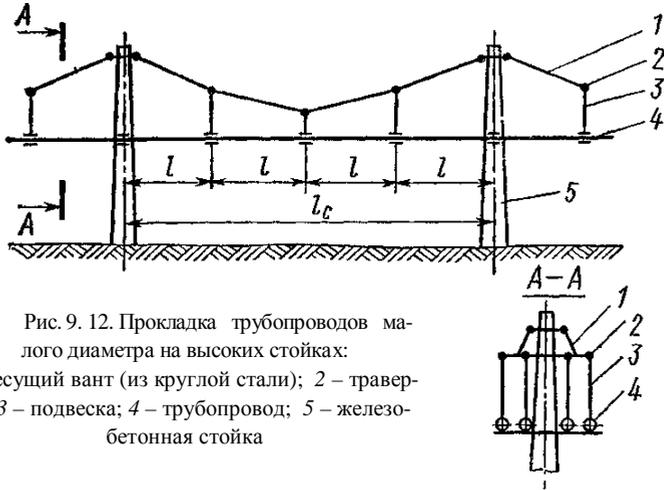


Рис. 9. 12. Прокладка трубопроводов малого диаметра на высоких стойках:  
 1 - несущий вант (из круглой стали); 2 - траверса;  
 3 - подвеска; 4 - трубопровод; 5 - железобетонная стойка

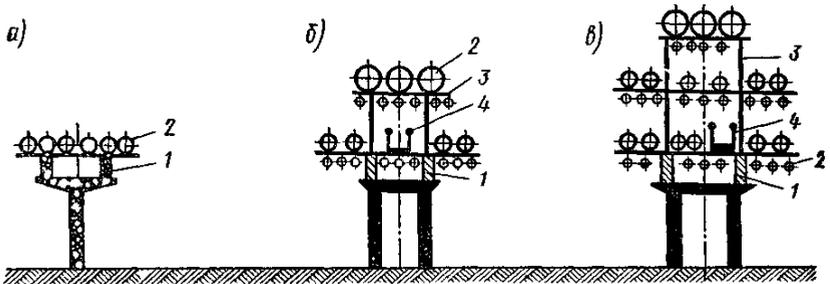


Рис. 9.13. Сечения эстакад:  
 а - одноярусное; б - двухъярусное; в - трехъярусное;  
 1 - продольные балки; 2 - трубопроводы; 3 - надстройка;  
 4 - настил для прохода и обслуживания

Эстакады сооружают для совместной прокладки большого числа трубопроводов различного назначения и диаметров. Изготавливают эстакады из металла или железобетона. Расстояния между стойками принимают от 6 до 24 м, кратными 3 или 6 м, поскольку эстакады перекрывают балками стандартной длины. В типовых конструкциях сборных железобетонных эстакад используют типовые стойки. Пролеты между стойками перекрывают железобетонными продольными балками, на которых через 3 – 4 м раскладывают траверсы. Балки и траверсы, приваренные к стойкам, образуют пролетные строения. Несколько маршей пролетных строений и стоек образуют жесткую единую конструкцию.

Трубы большого диаметра опираются непосредственно над стойками, мелкие трубы – на траверсах и над стойками. Горизонтальные нагрузки трубопроводов, воспринимаемые пролетными строениями, передаются частично на промежуточные стойки, но основная доля горизонтальных усилий передается на анкерные стойки

Пролетные строения могут быть многоярусными. Размещение труб на надстройках многоярусных эстакад показано на рис. 9.13. Теплопроводы укладывают на нижнем ярусе, причем трубопроводы с более высокой температурой теплоносителя размещают ближе к краю траверсы, этим обеспечивая удобную увязку П-образных компенсаторов различных размеров. Самые крупные холодные трубопроводы устраивают на самом верхнем ярусе. Мелкие трубы (с диаметром до 150 мм) допускается подвешивать на подвесных опорах под траверсами. На пролетных строениях между трубами устраивают проходы шириной не менее 0,6 м, с которых производится обслуживание арматуры, теплоизоляции, опор. Эстакады с такими проходами по всей длине трассы называют проходными. При небольшом количестве труб на эстакаде обслуживание трубопроводов производится с переносных лестниц или площадок, такие эстакады называют непроходными.

### **9.3 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.

Во всех случаях лучшим решением является прокладка сетей на эстакадах и стойках.

В просадочных грунтах II типа и пльвунах 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 надземной 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.

#### **9.4 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. 9.14) 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 прокладывают до 15 м/ч 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. УГБ выпускают различных типоразмеров для прокладки футляров диаметром от 325 до 1220 мм, длиной от 40 до 60 м.

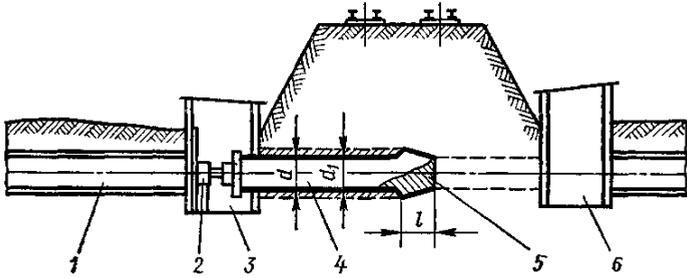


Рис. 9.14. Продавливание футляра:

1 – канал; 2 – гидравлический домкрат, 3 – входная шахта; 4 – футляр  
5 – конический оголовок, 6 – выходная шахта

Для совместной прокладки коммуникаций различного назначения под инженерными сооружениями применяют щитовые проходки. Футляр продавливается гидравлическими домкратами, расположенными внутри щита. 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 гру-

зонапряженными 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 применяют при большой ширине препятствия и прокладке большого числа коммуникаций.

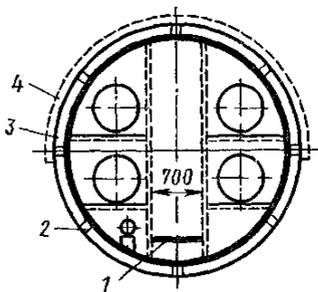


Рис 9.15. Сечение многотрубного дюкера:

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

Для надземных переходов используют автодорожные мосты, тепловые сети в этом случае прокладывают под проезжими частями мостов. Воздуш-

ные переходы теплопроводов над оврагами и реками выполняют на мачтах с использованием подвесной конструкции (см. рис. 9.12).

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. Многотрубный дюкер (рис. 9.15) 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. Обслуживание дюкеров производится из береговых камер.

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. Особо строго должны выполняться требования пересечений с газопроводами и электрическими сетями.

## **9.5 Трасса 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 строительно-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 и отсасывающими кабелями постоянного тока или под проездами с усовершенствованными дорожными покрытиями. В стесненных условиях допускается прокладка сетей под тротуарами и в полосе зеленых насаждений. Трасса должна быть по возможности прямолинейной и пролегать в одной стороне проезда или застройки. Частые пересечения с инженерными коммуникациями и линиями городского транспорта удорожают сети. Если невозможно избежать такие пересечения, то они должны выполняться под углом  $90^\circ$  и в исключительных случаях – под углом не менее  $45^\circ$ .

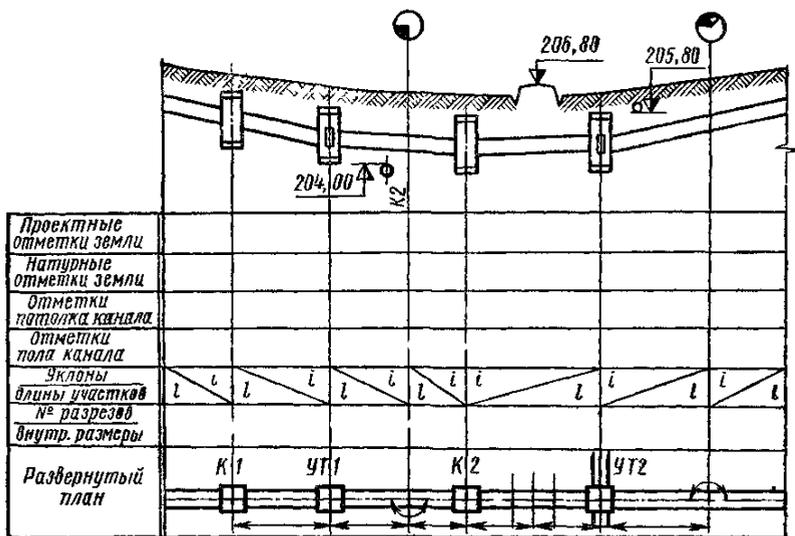


Рис. 9.16. Продольный профиль теплотрассы:

УТ – узел ответвления трубопроводов; К – компенсаторная ниша.

Выбранная трасса должна обеспечивать полную сохранность всех близко расположенных подземных и надземных сооружений, уличных украшений на весь период строительства и эксплуатации теплопроводов, а также допускать дополнительную укладку в полосе застройки других коммуникаций. Лучшим решением является совместная прокладка теплопроводов с

другими трубопроводами и кабелями в общем городском коллекторе. В новых районах массовой застройки и на незастроенных территориях ось трассы проектируется параллельно дорогам или ранее уложенным сетям. Рекомендуется избегать пересечения рек, оврагов, болот, так как это связано с возведением дополнительных специальных сооружений.

Выбор трассы совмещается с выбором способа прокладки теплопроводов и продольного профиля (рис. 9.16). Выбор надземного или подземного способа прокладки сетей зависит от назначения района (жилой массив, территория предприятия или свободная от застройки), профиля местности, уровня грунтовых вод, удобства эксплуатации и др. Исходя из условий местности и допустимых норм заглубления теплопроводов от поверхности земли, для проектируемой трассы прорабатывается несколько вариантов профиля прокладки. К исполнению принимается вариант с максимальным приближением продольного профиля к прямой линии с уклоном ее к горизонту. Уклоны принимаются не менее 0,003 – 0,005 – для теплопроводов соответственно по направлению движения пара и против движения пара, 0,002 – для водяных сетей, 0,003 – для конденсатопроводов. Ломаный профиль трассы усложняет эксплуатацию из-за необходимости сооружения камер для размещения и обслуживания спускных устройств и воздушников. Поэтому на участках между камерами с сальниковыми компенсаторами или с ответвлениями трубопроводов уклоны должны быть постоянными или одного направления, например меньший уклон допускается сменять большим, или наоборот. Смена уклонов разных направлений должна производиться только в камерах. Уклоны ответвлений рекомендуются принимать в сторону камер.

## 9.6 Нагрузки на опоры

Подвижные опоры трубопроводов передают на несущие строительные конструкции в основном вертикальную нагрузку. Величина осевых горизонтальных усилий от трения опорных поверхностей зависит от диаметра трубопровода и конструкции опоры. Вертикальная нагрузка на все виды подвижных и неподвижных опор определяется по удельной нагрузке теплопровода в рабочем состоянии

$$P_0 = ql, \quad (9.4)$$

где  $q$  – удельная нагрузка, определяемая по формуле (8.8), Н/м;  $l$  – расстояние между подвижными опорами, м.

Горизонтальная реакция подвижной опоры скользящего типа определяется равенством

$$P_c = P_g \cdot m. \quad (9.5)$$

Коэффициенты трения скольжения  $m$  принимаются равными: 0,3 – сталь по стали; 0,6 – сталь по бетону. Горизонтальная осевая реакция катковых, роликовых, шариковых и подвесных опор с достаточной точностью может быть найдена по формуле (9.5) при коэффициенте трения  $m=0,1$ . Осевые горизонтальные усилия, передаваемые неподвижными опорами на строительные опорные конструкции, складываются из реакций трения подвижных опор, реакций компенсирующих устройств и неуравновешенных сил внутреннего давления. Реакции трения подвижных опор, передаваемые на неподвижные опоры, определяют по формуле

$$P_{mp} = P_c n_0, \quad (9.6)$$

где  $n_0$  – число подвижных опор между неподвижными опорами.

При компенсации температурных удлинений П-образными и S-образными компенсаторами в формуле (9.6) принимается число подвижных опор от неподвижной опоры до компенсирующего устройства, так как реакции трения подвижных опор, размещенных по другую сторону от компенсатора, передаются на другую неподвижную опору. Реакции неуравновешенных сил внутреннего давления являются результатом давления теплоносителя на внутреннее поперечное сечение трубы. Эти реакции возникают на поворотах, когда торцевое сечение трубы перекрывается отводом; в неуравновешенных сальниковых компенсаторах и переходах диаметров труб, когда давление теплоносителя передается на кольцевое сечение трубы, определяемое разностью сечений труб большого и малого диаметров. Наибольшие осевые усилия от внутреннего давления возникают при полностью закрытой арматуре, когда с обеих ее сторон устанавливаются разные давления.

Расчет осевых усилий от внутреннего давления производят по формуле

$$P_{e0} = P_{pa0}(f_1 - f_2), \quad (9.7)$$

где  $P_{\text{раб}}$  – рабочее давление теплоносителя, Па;  $f_1, f_2$  – большее и меньшее внутреннее сечение трубы,  $\text{м}^2$ . На поворотах труб на  $90^\circ$  и при закрытых задвижках  $f_2 = 0$ . На каждую неподвижную опору осевые усилия действуют слева и справа. В зависимости от направления реакций усилия частично уравниваются или суммируются. Неподвижные опоры, воспринимающие частично уравновешенные горизонтальные осевые усилия, называются разгруженными. Разгруженные неподвижные опоры размещаются между смежными прямолинейными участками трубопроводов, в связи с чем получили и другое название – промежуточные. На неподвижные опоры, размещенные на поворотах трубопроводов или перед заглушкой, горизонтальные усилия, действующее с одной стороны, не уравниваются усилиями с другой стороны опоры. Такие неподвижные опоры называют неразгруженными, для концевыми.

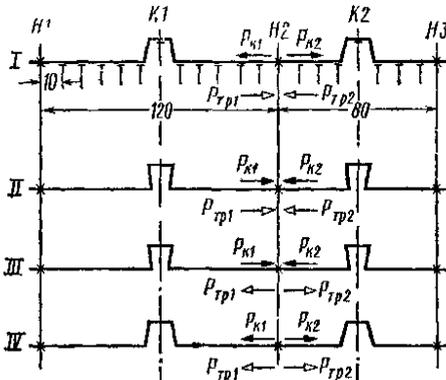


Рис. 9.17. Схема действия сил на промежуточную неподвижную опору при различных режимах работы трубопровода:

*I* – начало нагревания; *II* – конец нагревания; *III* – начало охлаждения; *IV* – конец охлаждения

В общем случае, результирующая горизонтальная осевая нагрузка, действующая на неразгруженную концевую неподвижную опору, представляет сумму

$$N_k = P_{\text{тр}} + P_{\text{од}} + P_k, \quad (9.8)$$

где  $P_k$  – реакция трения в сальниковом компенсаторе

или распорного усилия гибкого компенсатора.

Результирующая реакция, действующая на разгруженную промежуточную неподвижную опору, определяется суммой

$$N_n = \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{од}} + \Delta P_k \quad (9.9)$$

где  $\Delta P_{тр}$ ,  $\Delta P_k$  – разность реакций трения подвижных опор и компенсирующих устройств, действующих слева и справа на неподвижную опору.

При определении горизонтальных осевых нагрузок на промежуточные неподвижные опоры учитывают все режимы работы трубопровода в процессе нагревания от холодного до рабочего состояний и в процессе охлаждения от рабочего до холодного состояний.

Это объясняется тем, что силы трения подвижных опор и упругой деформации гибких компенсирующих устройств при нагревании и охлаждении трубопровода меняют свое направление, поэтому горизонтальные осевые нагрузки на опору определяются для каждого режима работы трубопровода.