

Библиотека работника
жилищно-коммунального
хозяйства

Серия основана в 1976 году

Е.М.Авдолимов

Реконструкция водяных тепловых сетей



Москва
Стройиздат
1990

ББК 31.38
А 18
УДК 697.4.059.38

Рецензент — начальник отдела теплоснабжения городов Гипрокоммунэнерго Минжилкомхоза РСФСР Ю. С. Захаренко

Редактор — А. А. Широкова

Авдолимов Е. М.

А 18 Реконструкция водяных тепловых сетей. — М : Стройиздат, 1990. — 304 с.: ил. — (Б-ка работника жил.-коммун. хоз-ва).
ISBN 5-274-00663-9

Рассмотрены вопросы проектирования водяных тепловых сетей при их реконструкции, выбора вида прокладки и конструктивных решений. Отражены особенности организации и производства работ при реконструкции. Приведена методика определения экономической целесообразности вариантов реконструкции водяных тепловых сетей.

Для инженерно-технических работников, связанных с реконструкцией тепловых сетей.

А $\frac{\textbf{3401030000—487}}{\textbf{047(01)—90}}$ **54—90** **ББК 31.38**

Производственное издание

Авдолимов Евгений Максутович

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Младший редактор **И. Б. Волкова**
Технический редактор **О. С. Александрова**
Корректор **Г. Г. Морозовская**

ИБ 5144

Сдано в набор 04.01.90. Подписано в печать 14.03.90. Т-05293. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15,96. Усл. кр.-отт. 16,27. Уч.-изд. л. 15,98. Тираж 22300 экз. Изд. № AVI-2973. Заказ № 472. Цена 85 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Владимирская типография Госкомитета СССР по печати 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

ISBN 5-274-00663-9

© Е. М. Авдолимов, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсивное индустриальное и крупномасштабное промышленное и гражданское строительство требует в настоящее время дальнейшего развития систем централизованного теплоснабжения, которое в свою очередь связано с непрерывным ростом протяженности тепловых сетей и радиусом их действия. Специализированными проектными организациями разработаны схемы теплоснабжения для всех крупных и многих малых городов, а также промышленных комплексов, которые осуществляются в плановом порядке. В дальнейшем осуществляется корректировка выполненных схем в связи с изменением перспектив развития и с новыми техническими решениями, что приводит к необходимости реконструкции и модернизации тепловых сетей.

Большие объемы развития тепловых сетей и технический прогресс в строительстве требуют разработки более совершенных и экономических теплопроводов, обладающих высокой теплозащитной способностью и долговечностью. Существующие же технические решения в данной области недостаточно полно удовлетворяют этим требованиям. Все еще высока стоимость прокладки теплопроводов. Затраты на сооружение тепловых сетей составляют в городах около 50 % начальной стоимости строительства ТЭЦ, а в промышленных районах — 25—30 %. Тепловые сети как канального, так и бесканального типа имеют ряд недостатков, связанных со значительными капиталовложениями и большим расходом металла. Кроме того, значительная коррозия стальных теплопроводов снижает надежность их эксплуатации и существенно увеличивает затраты на восстановительные работы.

Срок службы тепловых сетей должен соответствовать сроку службы тех объектов, которые они обеспечивают теплотой. Однако из-за подверженности коррозии тепловые сети из стальных труб весьма недолговечны. Как показывает опыт эксплуатации, средний срок службы магистральных сетей 16—18 лет, распределительных и внутриквартальных — 6—8 лет,

а многие теплопроводы, особенно горячего водоснабжения, уже через 2—3 года выходят из строя. Это приводит к тому, что эксплуатируемые в настоящее время подземные теплопроводы, как правило, требуют частичной замены в сроки, значительно более короткие. С интенсивным развитием систем централизованного теплоснабжения увеличивается и объем работ по их восстановлению и реконструкции, требующий больших материальных и трудовых ресурсов.

Удельный вес затрат на ремонт, модернизацию и реконструкцию водяных тепловых сетей по отношению к затратам на строительство новых сетей ежегодно возрастает. При осуществлении реконструкции и модернизации водяных тепловых сетей многие вопросы, связанные с их проектированием и строительством, требуют нового комплексного подхода к этой проблеме.

Автор выражает глубокую благодарность начальнику отдела теплоснабжения городов Гипрокоммунэнерго Минжилкомхоза РСФСР Ю. С. Захаренко за ценные замечания и предложения, сделанные при рецензировании рукописи.

ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ЗАДАЧИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

§ 1.1. Основные направления развития системы транспортирования теплоты

Развитие централизованного теплоснабжения — генеральный путь развития и реконструкции теплового хозяйства городов, основной целью которого являются улучшение обеспечения теплом промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, экономия теплоты, увеличение производительности труда, улучшение экологической обстановки в городах. По масштабам развития теплофикации и централизованного теплоснабжения, а также по степени централизации теплоснабжения СССР занимает одно из первых мест в мире. Характерными чертами развития теплоснабжения в городах и поселках являются: расширение масштабов централизации, укрупнение источников теплоты и тепловых сетей, совершенствование схем, повышение надежности тепловых сетей и др.

В СССР происходит непрерывная концентрация тепловой нагрузки. В настоящее время около 100 млн. чел. (т. е. 60 % городского населения) проживает в городах с числом жителей более 100 тыс. чел. В этих городах сосредоточено $^2/_3$ суммарного теплового потребления страны. Имеется явная тенденция роста этой концентрированной нагрузки, создающей базу для дальнейшего развития теплофикации и централизованного теплоснабжения. В ряде районов страны начато создание крупных территориальных формирований с высокой концентрацией тепловой нагрузки. Это вызывает переход от локального теплоснабжения отдельных городских районов к комплексному теплоснабжению территориальных формирований — так называемых агломераций.

Выбирая схему теплоснабжения и источники покрытия тепловых нагрузок, рекомендуется обеспечивать потребителей централизованным теплоснабжением от ТЭЦ и крупных котельных. Если на перспективу намечено строительство новой промышленной ТЭЦ, то часть теплоты необходимо предусматривать на нужды коммунально-бытового сектора. От теплоэлектроцентралей в настоящее время удовлетворяется около 50 % всего теплового потребления городов и промышленности нашей страны. В связи с повышением требований к чистоте воздушного бассейна многие вновь сооружаемые ТЭЦ размещают на окраине и даже за пределами городов на расстоянии порядка 10—30 км.

Наряду с теплофикацией широкое развитие в городах и рабочих поселках получают системы централизованного теплоснабжения от мощных районных и промышленных котельных теплопроизводительностью выше 100 МВт. Строительство районных котельных, оснащенных крупными высокоэкономичными котлами, позволяет ликвидировать маломощные неэкономичные котельные — очаги загрязнения воздушного бассейна. Размещение и мощность ТЭЦ или районных котельных определяются с учетом местных условий на основе сравнительного технико-экономического анализа. Транспортирование тепловой энергии от ТЭЦ или котельных к потребителям, т. е. к жилым домам, общественным, административным зданиям, фабрикам, заводам и другим объектам, осуществляется по специ-

альным трубопроводам, называемым *тепловыми сетями*.

По видам теплового потребления сети можно делить на промышленные, коммунальные и смешанные. К *промышленным* относятся сети, несущие исключительно технологическую нагрузку; к *коммунальным* — сети, по которым снабжаются теплотой жилые дома, административные и другие здания; *смешанными* называются сети, предназначенные для снабжения теплотой как предприятий, так и коммунальных зданий. К коммунальным потребителям теплоты относятся местные системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий, а к промышленным потребителям — производственно-технологические системы.

За последние годы значительные изменения претерпела структура теплового потребления, вызванного быстрым развитием систем горячего водоснабжения, приточной вентиляции, кондиционирования воздуха. Так, годовой расход теплоты на горячее водоснабжение доходит до 20—40 % общего годового отпуска теплоты ТЭЦ или районной котельной. В СССР для целей отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, как правило, в качестве теплоносителя применяется горячая вода, а для технологических нужд — пар. В некоторых случаях на технологические нужды промпредприятий в качестве теплоносителя также используется горячая вода.

Применение воды как теплоносителя при многоступенчатом ее подогреве на ТЭЦ позволяет значительную часть тепловой нагрузки удовлетворять за счет отработавшего пара низкого давления из отборов теплофикационных турбин, отчего существенно возрастает удельная комбинированная выработка электрической энергии на единицу отпущенной теплоты. Кроме того, вода как теплоноситель имеет ряд существенных преимуществ перед паром: а) возможность легкого изменения ее температуры в зависимости от температуры наружного воздуха, т. е. удобство осуществления центрального качественного регулирования отпуска теплоты; б) обладает значительной плотностью по сравнению с другими теплоносителями, что позволяет передавать на большие расстояния значительные количества теплоты при небольшом объеме

теплоносителя; в) простоту присоединения водяных систем отопления, калориферов вентиляции и систем горячего водоснабжения. Основной недостаток воды как теплоносителя состоит в том, что на ее перекачку расходуется большое количество электроэнергии. В целях повышения экономичности теплофикации следует совершенствовать технологические процессы промпредприятий в направлении максимального использования в качестве теплоносителя горячей воды, а не пара. Перевод теплоснабжения с пара на горячую воду позволяет расширить радиус теплоснабжения с 2—8 км при пароснабжении до 30—50 км при горячей воде.

В двухтрубных водяных тепловых сетях, как правило, применяются графики с расчетной температурой в подающем трубопроводе 150 °С. Проведенные во Всесоюзном теплотехническом институте им. Ф. Э. Дзержинского научные исследования показали целесообразность повышения начальной температуры до 180—190 °С. Для этого рекомендовано перейти на независимое присоединение систем отопления потребителей путем установки в центральных тепловых пунктах (ЦТП) отопительных водоподогревателей с циркуляционными насосами, полностью сохранив внутриквартальные сети с начальной температурой 150 °С. Работами, проведенными в Институте высоких температур АН СССР, установлена целесообразность применения еще более высоких температур — 200—225 и даже 250 °С (при однотрубных тепловых сетях). Повышение параметров теплоносителя приводит к уменьшению диаметров тепловой сети и снижению расходов по перекачке. Однако такие высокие температуры предполагают повышение давления воды в тепловой сети, что требует применения труб, арматуры и другого оборудования из высококачественной стали.

Водяные системы теплоснабжения в зависимости от способа присоединения систем горячего водоснабжения применяются двух типов: закрытые и открытые. В *закрытых* системах вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только в качестве греющей среды, т. е. как теплоноситель, но из сети не отбирается. В *открытых* системах циркулирующая вода частично или полностью разбирается у абонентов для горячего водоснабжения. В закрытых системах тепло-

снабжения установки горячего водоснабжения присоединяют к тепловым сетям с помощью водо-водяных подогревателей, а в открытых системах осуществляется непосредственное их присоединение.

Основное преимущество *закрытой* системы заключается в отсутствии контакта между водой, поступающей в абонентские системы горячего водоснабжения, и сетевой водой, что обеспечивает стабильное санитарное качество воды в установках горячего водоснабжения, простоту санитарного контроля и простоту контроля плотности тепловой сети. Недостатками *закрытой* системы являются: усложнение оборудования тепловых пунктов, коррозия местных установок горячего водоснабжения при водопроводной воде с повышенной карбонатной жесткостью.

Преимуществами *открытой* системы являются: устранение необходимости в водо-водяных подогревателях, что приводит к значительному удешевлению абонентских теплоподготовительных установок и упрощению их эксплуатации; повышение долговечности местных установок горячего водоснабжения (так как для них отбирается из сети деаэрированная вода), а также возможность использования для транзитного транспортирования теплоты однотрубных систем. К основным недостаткам *открытых* систем водяных тепловых сетей относятся: необходимость их подпитки в больших и резко меняющихся по часам суток количествах, соответствующих разбору горячей воды из сети на нужды горячего водоснабжения; усложнение и удорожание водоподготовки на ТЭЦ или котельной в связи с тем, что вся вода, поступающая на открытый водоразбор горячего водоснабжения, должна подвергаться обработке и деаэрации на теплоисточнике; усложнение эксплуатации из-за нестабильности гидравлического режима тепловой сети, связанной с переменным расходом воды в обратной линии. Кроме того, разбираемая из сетей после ее прохождения через отопительные приборы горячая вода часто отличается от подпиточной по содержанию взвешенных веществ и запаху.

В настоящее время во вновь сооружаемых [illegible] тепловых сетях примерно в равной мере распространены обе системы, причем применению открытой системы отдается предпочтение в тех случаях, когда

ТЭЦ может быть обеспечена достаточным количеством воды питьевого качества из городского водопровода, а закрытой системы — при составе водопроводной воды, исключающей необходимость в ее умягчении и деаэрации в абонентских теплоподготовительных установках. В остальных случаях выбор системы тепловых сетей обосновывается технико-экономическими расчетами. В процессе развития обе системы теплоснабжения совершенствуются и улучшаются.

В зависимости от количества параллельно проложенных труб для теплоснабжения системы делятся на однотрубные, двухтрубные и многотрубные. Для централизованного теплоснабжения городов и поселков наибольшее распространение получили *двухтрубные системы*, в которых тепловые сети состоят из двух трубопроводов — подающего и обратного. Двухтрубные тепловые сети применяются при подаче теплоносителя одного потенциала.

В некоторых случаях при подаче теплоты коммунальным потребителям и на технологические цели применяются *трехтрубные системы*, при которых две трубы используются в качестве подающих для транспортирования теплоносителя с разными тепловыми потенциалами, а одна — в качестве общей обратной. Например, по одной из подающих труб может подаваться вода для целей отопления и вентиляции, а по другой — для технологических нужд и горячего водоснабжения. В этом случае вода в первой подающей трубе может иметь переменную температуру в зависимости от температуры наружного воздуха, а во втором — постоянную. Такое распределение труб позволяет легче проводить центральное регулирование различных нагрузок. Кроме того, в летний период, когда отопительная нагрузка отключена, имеется возможность проведения ремонтных работ без отключения всей теплотрассы. Однако трехтрубные водяные сети дороже двухтрубных.

При закрытых системах теплоснабжения получили широкое распространение *центральные тепловые пункты*, в которых устанавливаются водо-водяные подогреватели для систем горячего водоснабжения, а при независимых схемах присоединения — и для отопления. От этих тепловых пунктов к зданиям отходят четырехтрубные сети: две трубы (подающая и обратная)

для присоединения систем отопления и вентиляции и две (подающая и циркуляционная) для присоединения систем горячего водоснабжения.

Широкое распространение открытых систем с непосредственным разбором сетевой воды на горячее водоснабжение наряду с увеличением охвата зданий горячим водоснабжением создали условия для применения однотрубных тепловых сетей, при которых сетевая вода после систем отопления и вентиляции должна полностью использоваться для горячего водоснабжения. В противном случае неиспользованную горячую воду приходится сливать в канализацию, что нерентабельно. Более перспективным является применение однотрубной сети только для транзитного транспортирования теплоты от источника теплоты в районы теплового потребления при сохранении внутри районов двухтрубных систем. Ужесточение в последние годы экономических требований и требований к планировке городов приводит к необходимости вновь сооружаемые ТЭЦ на органическом топливе (особенно на твердом топливе), а также атомные источники теплоты (АТЭЦ и АСТ) размещать на значительном расстоянии от районов теплового потребления, что в ряде случаев делает экономически целесообразным применение однотрубного (транзитного) транспорта теплоты.

Однотрубные системы позволяют снизить расход металла, получить значительную экономию капитальных вложений и трудовых затрат на сооружение тепловых сетей, сократить эксплуатационные затраты и увеличить темпы их строительства.

§ 1.2. Характеристика водяных тепловых сетей

Тепловые сети являются одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих элементов систем теплоснабжения. Они представляют собой сложные сооружения, состоящие из соединенных между собой труб, тепловой изоляции, компенсаторов линейных температурных деформаций, подвижных и неподвижных опор, запорной и регулирующей арматуры, строительных конструкций, камер и колодцев, дренажных устройств и др. Вместе с тем многолетний отечественный и зарубежный опыт эксплуатации тепловых сетей различных конструкций указывает на их недолговечность,

что обусловлено главным образом низкой коррозийной стойкостью трубопроводов тепловых сетей, серьезные повреждения в которых вызывают длительные нарушения подачи теплоты. Такие повреждения связаны с большими потерями сетевой воды и теплоты, дополнительными затратами материальных и трудовых ресурсов и т. п.

Количественный рост и старение тепловых сетей приводят к возрастанию числа повреждений. Статистика показывает, что на каждые 100 км двухтрубных водяных сетей ежегодно выявляется около 30—40 повреждений. Повреждение действующего теплопровода ведет к отключению потребителей. Чем больше диаметр теплопровода, тем больше к нему присоединено потребителей и тем больше срок отключения для ремонта.

В средних условиях каждое повреждение на теплопроводе диаметром 500—600 мм и выше вызывает отключение более 1000 зданий, а каждое повреждение на теплопроводе диаметром 300- 400 мм и выше приводит к отключению сети на срок более 24 ч. Повреждение же на трубопроводах диаметром 1000 - 1200 мм ведет к отключению многих сотен зданий на 2—3 сут. Анализ результатов обследований показал, что коррозионные разрушения являются главной причиной повреждений трубопроводов тепловых сетей и составляют около 90 %. Наиболее быстро при прочих равных условиях наружной коррозией поражаются те теплопроводы, в которых имеется прямой контакт незащищенной поверхности трубы с грунтом.

При большой насыщенности городов подземными инженерными коммуникациями, зачастую находящимися в неисправном состоянии, теплопроводы весьма часто подвергаются затоплению, а каналы — занесу грунтом. Удельная поврежденность трубопроводов с ростом продолжительности их эксплуатации возрастает. Наиболее подвержены коррозии подающие трубопроводы, что наблюдается в 92—94 % случаев. Известно, что в электролитах максимального значения скорость коррозии в стали достигает при температуре 70—80 °С. Подающий трубопровод бóльшую часть года работает в этом весьма неблагоприятном температурном режиме. Вероятно, этим и объясняется отме-

ченная существенная разница в скорости коррозии подающих и обратных труб.

В большинстве случаев наружная коррозия имеет локальный характер и сосредоточивается на участках труб длиной 1—1,5 м, охватывая не более 25 % периметра трубы, главным образом в нижней части. В проходных каналах и камерах коррозия верхней части труб происходит в результате интенсивной капели с перекрытия, а нижней части — при подтоплении и заносе грунтом. Удельная повреждаемость уменьшается с увеличением толщины стенок труб. Наблюдается увеличение повреждаемости в линейной части теплопроводов, составляющей в последние годы около 20 %. Увеличивается также число повреждений трубопроводов у неподвижных опор. Высокая удельная повреждаемость подземных теплопроводов возникает главным образом из-за плохого качества применяемых антикоррозионных покрытий наружной поверхности.

Основным недостатком как существующих, так и ранее применяемых подземных тепловых сетей являются гидрофильность тепловой изоляции. Проникающая в изоляцию влага вызывает коррозионные разрушения труб, увеличивает тепловые потери теплопроводами. Увлажнение тепловой изоляции в значительной части определяется внешними факторами: типом грунта, климатическими условиями, гидрогеологией и др.

Нормальная эксплуатация тепловых сетей, проложенных в непроходимых каналах и бесканально, сильно затруднена тем, что повседневное наблюдение за состоянием труб и тепловой изоляции и своевременное обнаружение мест повреждений невозможны. Ремонт и восстановление поврежденных коррозией теплопроводов требуют вскрытия подземных участков трассы на большом протяжении. При этом на длительный срок разрушаются дорожные покрытия улиц и затрудняется движение городского транспорта. Для повышения надежности действующих тепловых сетей проводят гидравлические испытания и шурфование в летний период. Это позволяет заблаговременно выявить и устранить наиболее слабые места, что значительно сокращает число повреждений и отключений теплосетей в отопительный период.

Состояние трубопроводов, особенно бесканальных, в значительной степени зависит также от качества строительства и монтажа. Следует отметить, что во многих случаях строительно-монтажные работы по прокладке теплопроводов не отвечают предъявляемым требованиям. При бесканальных прокладках применение П-образных компенсаторов и использование углов поворота для самокомпенсации требуют устройства в этих местах ниш и канальных прокладок, что удорожает стоимость теплосети, усложняет строительство, а также вызывает ряд эксплуатационных неудобств. Применение же сальниковых компенсаторов требует для их обслуживания устройства дорогостоящих теплофикационных камер. Наиболее слабыми участками бесканальных прокладок являются места сварных стыков и места примыкания к теплофикационным камерам. Сварные стыки изолируют на месте после окончания монтажа и гидравлического испытания участка скорлупами с оклейкой их поверхности рулонными битумными материалами. Эти работы выполняют ручным способом, и, как показывает опыт, качество изоляции оказывается неудовлетворительным.

На участках примыкания теплопроводов к теплофикационным камерам наблюдаются оплывание мастичного слоя, полное расслаивание гидроизоляции и увлажнение тепловой изоляции. Вскрытия и обследования обнаружили, что наиболее частое повреждение изоляции и коррозия стальных труб наблюдаются именно в этих местах. В результате проведенного анализа установлено, что повреждаемость тепловых сетей весьма велика и имеет явно выраженную тенденцию к дальнейшему повышению по мере старения сетей. В связи с этим объемы работ по ремонту и реконструкции тепловых сетей ежегодно возрастают. Оценка состояния конструкций или диагностика на различных этапах существования тепловых сетей устанавливает признаки и причины повреждений, позволяет выявить дефектные, разрушающиеся конструкции, определить степень и границы повреждений с тем, чтобы своевременно и качественно произвести их ремонт.

Контроль за состоянием тепловых сетей необходимо осуществлять начиная с приемки их в эксплуатацию. Система контроля предусматривает создание ме-

тодов оценки приборов и средств, позволяющих определить параметры технического состояния и их соответствие нормативным характеристикам, а также позволяет на основании поступления и обработки данных о состоянии элементов эксплуатируемых тепловых сетей обеспечивать своевременные профилактические мероприятия и ремонт. Данные, полученные в результате оценки состояния конструкций эксплуатируемых тепловых сетей, могут служить основой для решения вопроса о их ремонте, реконструкции и модернизации.

§ 1.3. Виды ремонтов тепловых сетей

Ремонт тепловых сетей представляет собой комплекс технических мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных качеств, а также на модернизацию как отдельных конструкций и элементов, так и тепловой сети в целом. Своевременно и качественно проведенный ремонт тепловых сетей повышает их долговечность, возвращает утерянное в период эксплуатации первоначальное или близкое к нему их техническое состояние, предупреждает неожиданный выход их из строя. Поэтому бесперебойная и экономичная работа систем теплоснабжения зависит не только от правильной технической эксплуатации, но и от своевременного проведения планово-предупредительного ремонта тепловых сетей, оборудования тепловых станций и абонентских вводов.

В состав планово-предупредительного ремонта тепловых сетей входят периодические осмотры, профилактические, текущие и капитальные ремонты. *Периодические осмотры* проводят по утвержденному плану через определенные промежутки времени. Во время осмотров устанавливают состояние тепловых сетей и необходимость в их текущем или капитальном ремонте. *Профилактический ремонт* выполняют в процессе эксплуатации сетей с кратковременным отключением отдельных участков с ликвидацией течей, мелким ремонтом запорно-регулирующей арматуры, креплением опор, ремонтом тепловой изоляции, очисткой грязевиков, набивкой сальников, смазкой и т. п. Хорошо поставленная профилактическая работа способствует увеличению межремонтного периода, обеспечи-

вает более экономичную и надежную работу тепловых сетей.

Разделение ремонта тепловых сетей на текущий и капитальный зависит от степени неисправностей, объема работ и материальных затрат. Объемы работ по текущему и капитальному ремонту устанавливаются на основании описей неисправностей систем теплоснабжения, составляемых в процессе эксплуатации. Все работы по *техническому обслуживанию и текущему ремонту* производят за счет эксплуатационных расходов предприятия. *Капитальный ремонт* производят за счет амортизационных отчислений в размерах, предусматриваемых существующими положениями.

Основным содержанием системы планово-предупредительного ремонта тепловых сетей является определение трудовых затрат на выполнение ремонтных работ, длительности простоя при ремонтах, длительности и структуры ремонтных циклов, а также определение видов ремонтных работ, категорий сложности ремонта, организация снабжения запасными частями и узлами, оснащение ремонтных работ соответствующими материалами, механизмами и приспособлениями.

Система планово-предупредительного ремонта предполагает также создание необходимой ремонтной базы, организацию контроля качества ремонта и эксплуатации, разработку и внедрение мероприятий, обеспечивающих проведение ремонтных работ в возможно короткие сроки с наименьшими затратами труда и материалов, определение необходимого числа персонала для нормального технического обслуживания, ремонта и эксплуатации тепловых сетей. Ремонт тепловых сетей и тепловых пунктов следует производить по мере необходимости на основе результатов периодических осмотров, испытаний и ежегодных опрессовок и шурфовок. График выполнения ремонтных работ разрабатывают исходя из условия одновременного ремонта трубопроводов сети и тепловых пунктов.

До недавнего времени ремонт тепловых сетей и тепловых пунктов планировался и осуществлялся в соответствии с установленными нормами, которыми регламентировался межремонтный срок эксплуатации отдельных элементов. Практика эксплуатации показала,

что при такой системе планирования значительные материальные и трудовые ресурсы отвлекались на выполнение ремонтных работ, не имевших первостепенной важности для обеспечения надежной работы тепловых сетей. При этом действительно нуждавшееся в ремонте оборудование и конструкции тепловых сетей оставались без такового, что порой являлось причиной повреждений и аварий.

Например, согласно действующим нормам запорные задвижки подлежали ежегодному ремонту с притиркой колец и дисков. При нормальной эксплуатации и использовании задвижек только в качестве запорного, а не регулирующего органа межремонтный период для них может быть продлен до двух-трех лет. То же относится к ремонту трубопроводов, компенсаторов и другого оборудования. Поэтому в настоящее время учитывается, что объем ремонтных работ определяется на основе фактических данных эксплуатации и испытаний.

Ремонты тепловых сетей, как правило, проводятся в летний период, после окончания отопительного периода. Основная задача организации ремонтных работ заключается в сокращении сроков, удешевлении работ и обеспечении высокого качества ремонтов. Одно из важнейших условий сокращения сроков ремонта — подготовка к его проведению, поскольку время проведения работ всегда ограничивается. Для сокращения сроков ремонта рекомендуется применять поагрегатный и узловой методы ремонта путем замены дефектного оборудования и отдельных узлов заранее отремонтированными или изготовленными в центральных ремонтных механических мастерских или на заводах. Для успешного проведения ремонтных работ важное значение имеет заблаговременная подготовка запасных частей, материалов, инструмента и приспособлений.

Годовые и месячные планы капитальных и текущих ремонтов тепловых сетей составляет эксплуатирующая организация не позднее чем за 4 мес, планы модернизации — за 6 мес до начала планируемого года. Планы-графики отключения тепловых сетей для производства ремонтных работ согласовывают с местными органами районных Советов и утверждают у главного инженера теплосети. Ввиду того что нагрузка горяче-

го водоснабжения в настоящее время составляет значительную величину, а резервирование не обеспечено, задача резкого сокращения сроков простоя тепловых сетей в ремонте является важнейшей. При составлении плана-графика ремонта необходимо учитывать, что максимальная длительность отключения горячего водоснабжения не должна превышать 12 дней.

Капитальный и текущий ремонты тепловых сетей производят специально скомплектованные ремонтные бригады, включающие в свой состав помимо ремонтного персонала теплосети весь эксплуатационный персонал района, высвобождающийся от обычной работы по текущей эксплуатации тепловых сетей и тепловых пунктов. Руководство ремонтной бригадой в зависимости от характера и значительности работ возлагается на мастера районной теплосети. Общее руководство ремонтными работами в каждом районе теплосети осуществляет начальник района.

Организация труда персонала по ремонту и техническому обслуживанию тепловых сетей включает: выполнение работ по демонтажу, монтажу, ремонту, профилактике, обходам и осмотрам оборудования с применением машин, механизмов, средств малой механизации, такелажной оснастки, измерительных приборов и средств безопасности персонала. Капитальный и текущий ремонт тепловых сетей выполняет служба ремонтов, которая в условиях мастерских изготовляет простейшие узлы, приспособления, заготовки, запасные части и детали для производства ремонтных работ.

На ремонтные участки персонал службы выезжает на спецмашине, укомплектованной спецоборудованием и приборами, а также инструментами, приспособлениями, мелкими запасными узлами, заготовками, деталями, необходимыми для ведения работ на месте. Грузоподъемные, землеройные механизмы и другие средства механизации направляются службой ремонтов предприятий к месту и назначенному времени по заявке ответственного руководителя работ.

Количественный и качественный состав бригад, звеньев устанавливают в зависимости от характера, объема и трудоемкости выполняемых работ. Ремонт и замену участков трубопроводов, крупной арматуры, компенсаторов производят с применением механизмов

(экскаваторов, автокранов, лебедок, талей и т. д.) на подготовленных площадках. При наличии дренажных вод последние откачивают насосами с электрическим или механическим приводом.

Для планирования и управления ремонтом применяют графики планирования и управления, в которых отражены весь комплекс процесса ремонтов, изготовления узлов, технология производства работ, очередность, сроки окончания отдельных процессов и контроль за ходом ремонтов. Там же указаны потребность в рабочих и сроки завоза материалов, обеспечение механизмами, инструментом и т. п.

Текущий ремонт тепловых сетей представляет собой комплекс профилактических мероприятий, который осуществляется в процессе эксплуатации тепловых сетей для гарантированного обеспечения их работоспособности, предупреждения износа отдельных элементов системы теплоснабжения и устранения мелких дефектов на период до следующего капитального ремонта. Текущий ремонт проводится по мере необходимости по утвержденному графику. Перечень основных работ, проводимых при текущем ремонте тепловых сетей, включает следующие операции.

I. По трубопроводам, оборудованию сетей, насосных подстанций, тепловых пунктов и т. д.:

а) смену отдельных труб, отводов, тройников, переходов;

б) сварку или подварку отдельных стыков труб;

в) частичный ремонт тепловой изоляции в проходных каналах и камерах;

г) вскрытие, ревизию и ремонт со сменой отдельных деталей запорной, дренажной, воздухоопускной и регулирующей арматуры; притирку дисков или золотников; набивку или смену сальниковых уплотнений; смену прокладок и подтяжку болтов фланцевых соединений;

д) ревизию и мелкий ремонт насосов;

е) ревизию и мелкий ремонт электрических, электромагнитных и гидравлических приводов запорной и регулирующей арматуры, электродвигателей насосов и пусковой аппаратуры к ним;

ж) смену и ремонт гильз для термометров и кранов для контрольно-измерительных приборов;

з) вскрытие и очистку грязевиков, фильтров и аккумуляторных баков;

и) мелкий ремонт автоматической аппаратуры и самопишущих приборов контроля и учета.

II. По строительным конструкциям (каналам, камерам, павильонам, эстакадам, опорам и т. д.):

а) восстановление отдельных разрушений частей стен проходных каналов и камер и закрепление отдельных конструкций;

б) смену и ремонт отдельных лестниц (ходовых скоб), площадок и ограждений с подваркой металлоконструкций;

в) восстановление окраски металлоконструкций;

г) очистку ершами дренажных трубопроводов от отложений ила;

д) восстановление и заделку разрушенных люков.

Мелкий ремонт, как правило, ликвидацию течей сальниковых уплотнений, фланцевых соединений, чистку дренажей, воздушников, правку и закрепление опор, смазку трущихся узлов и другие операции выполняют без отключения теплопроводов. Текущий ремонт более крупного оборудования выполняют при кратковременном отключении участков тепловой сети.

Капитальный ремонт тепловых сетей предназначен для полного восстановления изношенных тепловых сетей или их частей и их модернизации с применением более экономичного и современного оборудования. Капитальный ремонт также включает реконструкцию с целью присоединения новых потребителей и дальнейшего увеличения мощности тепловых сетей на перспективную нагрузку. Перечень основных работ при капитальном ремонте тепловых сетей включает следующие операции:

1) по трубопроводам, оборудованию сетей, насосных подстанций, тепловых пунктов и т. д.:

а) смену или замену на больший диаметр вышедших из строя отдельных участков теплопроводов с установкой нового оборудования (опор, компенсаторов, задвижек и т. д.);

б) полную или частичную замену тепловой изоляции трубопроводов;

в) восстановление или нанесение вновь гидроизоляционного покрытия;

г) смену запорной, регулировочной и предохранительной арматуры, компенсаторов и фасонных частей или их ремонт со сменой вышедших из строя деталей. Ликвидацию перекосов арматуры и оборудования, образовавшихся в результате осадок трубопроводов (особенно при бесканальной прокладке);

д) смену или ремонт с заменой деталей электрических, электромагнитных, гидравлических и других приводов задвижек, регуляторов, насосов, а также пусковой аппаратуры к ним;

е) смену или ремонт с заменой деталей насосов, грязевиков, подогревателей, элеваторов, аккумулирующих емкостей и другого теплотехнического оборудования, тепловых станций и абонентских вводов;

ж) смену и ремонт с заменой деталей силовой, контрольно-измерительной и осветительной аппаратуры;

з) ремонт или установку вновь на действующих сетях устройств для защиты от электрокоррозии;

и) очистку внутренней поверхности и тепломеханического оборудования от накипи и продуктов коррозии механическим или химическим методом с последующей гидропневматической промывкой;

III. По строительным конструкциям (каналы, камеры, павильоны, эстакады, опоры и т. д.):

а) восстановление поврежденных или смену пришедших в негодное состояние конструкций каналов, камер, павильонов и опор надземных прокладок;

б) восстановление поврежденных, смену вышедших из строя или прокладку дополнительных дренажных устройств из камер и каналов, а также попутных дренажей для понижения уровня грунтовых вод в действующих тепловых сетях;

в) восстановление или устройство нового защитного слоя в железобетонных конструкциях каналов, камер, павильонов, а также штукатурки конструкций;

г) полную или частичную замену гидроизоляции каналов, камер и павильонов;

д) восстановление или замену подвижных и неподвижных опор, а также системы креплений при надземных прокладках;

е) вскрытие и очистку каналов от нанесенного в процессе эксплуатации ила;

ж) смену металлических лестниц в камерах и на эстакадах или ходовых скоб;

з) смену люков.

Ремонтные работы, которые соответствуют текущему, но выполняются на данном участке тепловой сети одновременно с капитальным ремонтом, относятся к капитальному ремонту. Капитальный ремонт и выполняемые одновременно с ним работы по текущему ремонту, как правило, производят в летний период по заранее составленному плану-графику. План-график ремонтных работ следует составлять из условия поочередного ремонта магистральных теплопроводов. Ремонт ответвлений осуществляют одновременно с ремонтом соответствующей магистрали, а капитальный ремонт подстанций и тепловых пунктов производят одновременно с ремонтом тепловых сетей.

Для улучшения качества ремонта и сокращения сроков простоя оборудования в ремонте, а также снижения затрат на капитальный ремонт в целом рекомендуется применять скоростные методы ремонта. Работы по капитальному ремонту тепловых сетей следует выполнять индустриальным методом с предварительной заготовкой и сборкой укрупненных узлов и элементов трубопроводов в заготовительных мастерских или на заводах. По окончании капитального ремонта тепловые сети испытывают и промывают до полного осветления теплоносителя.

Совершенствование управления капитальным ремонтом водяных тепловых сетей — важный фактор повышения его эффективности. В решении этой задачи ведущее место занимает улучшение центрального звена — планирования. Система планирования капитального ремонта тепловых сетей представляет собой один из функциональных блоков в единой системе эксплуатации и ремонта. В ней техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты являются взаимосвязными и взаимообусловленными элементами. При этом должна достигаться полная сбалансированность планов с учетом обеспеченности финансовыми ресурсами, производственными мощностями ремонтно-строительных организаций, материально-техническими ресурсами.

§ 1.4. Цели и задачи реконструкции тепловых сетей

Под сроком службы тепловых сетей подразумевается календарное время, за которое под воздействием различных факторов они приходят в состояние, когда дальнейшая эксплуатация становится невозможной, а восстановление — экономически нецелесообразным. Необходимо различать *физическую долговечность* тепловых сетей, зависящую от физических и технических характеристик их конструкций, и *технологическую*, зависящую от соответствия теплосети функциональному процессу обеспечения тепловой энергией требуемого количества потребителей.

Состояние тепловых сетей во времени можно представить в виде двух крайних состояний: исправное и неисправное и некоторых промежуточных состояний, соответствующих разным уровням утраты исправности. В восстановлении тепловых сетей, доведении их технических характеристик до уровня, обеспечивающего надежность, безопасность и экономичность эксплуатации всей системы централизованного теплоснабжения, важную роль играют реконструкция и модернизация. Кроме того, в процессе эксплуатации схемы теплоснабжения тепловых сетей должны систематически пересматриваться. Каждая вновь разрабатываемая схема помимо создания новых источников теплоты и строительства новых сетей должна предусматривать реконструкцию действующих установок и сетей.

Реконструкция тепловых сетей может производиться с изменением трассировки, диаметров труб, строительных конструкций, с заменой труб, заменой и усилением несущих конструкций, с применением индустриальных конструкций тепловой изоляции труб заводского изготовления, с применением индустриальных узлов и элементов повышенной заводской готовности (каналов, камер, узлов камер и т. д.). Обеспечение надежности и высокого качества теплоснабжения требует изменения самих принципов проектирования новых крупных систем, особенно при коренной реконструкции действующих сетей. Вместе с тем сложность проблемы реконструкции систем централизованного теплоснабжения водяных тепловых сетей требует

комплексного подхода к ее решению, разработки научного обоснования.

Общей задачей реконструкции водяных тепловых сетей является их обновление с целью приведения их в соответствие с потребностью теплоиспользующих систем. При реконструкции тепловых сетей достигают повышения: пропускной способности, надежности, долговечности, а также экономии топливно-энергетических ресурсов и т. д. Реконструкция часто сопровождается присоединением новых тепловых потребителей. При реконструкции водяных тепловых сетей производится не только их восстановление, но и комплексная модернизация. Модернизация включает прокладку резервных связей, а иногда и дополнительных тепловых магистралей, сооружение районных КРП и реконструкцию тепловых пунктов и т. д. Реконструкция действующих сетей — процесс всегда длительный и достаточно трудоемкий. Поэтому весьма важно определить правильную очередность проведения работ. Реконструкция прежде всего должна коснуться сетей наименее надежных, пораженных наружной коррозией в наибольшей степени. Именно в этих сетях наиболее вероятны повреждения, приводящие к перерывам в теплоснабжении и связанные с возможностью размыва дорог и строений.

Сопоставление и выбор вариантов реконструкции водяных тепловых сетей производят на основе технико-экономических расчетов. Важным этапом при выборе вариантов реконструкции тепловых сетей являются разработка единого методического подхода к оценке эффективности рассматриваемых проектных решений и определение составляющих показателей приведенных затрат на реконструкцию тепловых сетей. Большинство методических документов при определении эффективности капитальных вложений базируется на методике сравнительной эффективности вариантов по минимуму приведенных затрат на создание и функционирование сопоставимых объектов. Вместе с тем капитальные вложения в реконструкцию и ремонт тепловых сетей создают многоплановый эффект в том числе и социальный.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

§ 2.1. Общие вопросы проектирования тепловых сетей при реконструкции

Проектирование тепловых сетей при реконструкции осуществляют аналогично проектированию вновь сооружаемых сетей: в одну стадию — рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости для технически несложных объектов; в две стадии — проект со сводным сметным расчетом стоимости и рабочая документация со сметами для крупных и сложных объектов. Проекты на реконструкцию крупных тепловых сетей должны проходить экспертизу в установленном порядке. Заказчик проекта согласовывает с генеральной подрядной строительно-монтажной организацией раздел проекта по организации реконструкции объекта, а также сметы, составленные по рабочим чертежам.

Генеральная подрядная строительно-монтажная организация рассматривает с привлечением субподрядных организаций указанные материалы проекта и сметы и представляет заказчику замечания в срок не позднее 45 дней со дня получения материалов. При неполучении замечаний в этот срок проектно-сметная документация считается согласованной и может быть утверждена заказчиком. Конструктивные проектные решения тепловых сетей и сводный сметный расчет стоимости реконструкции предъявляются заказчиком подрядной организации на заключение.

Для проектирования тепловых сетей при реконструкции также необходимы исходные данные, определяющие: топографические условия местности; характер планировки и застройки городских районов; размещение подземных и надземных инженерных сооружений и коммуникаций; характеристику свойств грунтов и глубину их залегания; режим и физико-химические свойства подземных вод и др. Получение этих данных является задачей инженерных изысканий, которые выполняют специализированные организации или отделы изысканий проектных институтов, ведущие проектирование тепловых сетей.

Производство натурных инженерных изысканий в городских условиях сопряжено со значительными

трудностями, связанными с наличием зданий, дорожно-транспортных сооружений, подземной сети коммуникаций и др. В то же время выполнение изысканий в районах существующей застройки, где построены надземные и подземные сооружения, значительно облегчается использованием имеющихся геодезических и геологических материалов. При проектировании тепловых сетей на территории сложившихся городских районов используют имеющиеся архивные геодезические материалы и готовые планы, снятые при строительстве ранее построенных объектов.

С целью подготовки или уточнения задания на проектирование реконструкции тепловых сетей рекомендуется проводить их предпроектное обследование по следующим основным направлениям: а) состав и ориентировочные объемы работ; б) последовательность и сроки их выполнения; в) условия выполнения работ. Для выявления состава и ориентировочных объемов работ в ходе предпроектных и последующих обследований необходимо устанавливать: техническое состояние конструкций существующих тепловых сетей для решений о возможности их использования в ходе реконструкции путем усиления, замены, модернизации или ремонта.

В качестве методов предпроектных обследований рекомендуются: изучение исполнительной строительной и эксплуатационной технической документации; визуальный осмотр конструкций, сопровождающийся при необходимости вскрытиями, шурфованиями, разборками оборудования, измерениями, включая нивелирование, снятие характеристик приборами неразрушающих методов, экспертные оценки с привлечением соответствующих специалистов и др. Предпроектное обследование проводит группа специалистов в составе представителей заказчика, проектной организации, генподрядчика, субподрядных организаций.

Группу предпроектного обследования, как правило, возглавляет представитель заказчика. При необходимости в состав группы привлекаются представители местных Советов народных депутатов, госгортехнадзора, санэпидемстанции и других ведомств. Результаты обследования оформляют в виде документа «Материалы обследования тепловых сетей в связи с реконструкцией», используемого для проектной проработки.

Проектирование тепловых сетей при реконструкции следует увязывать с условиями как сложившейся застройки и подземного хозяйства города, так и с перспективами его дальнейшего развития. Принципиальное направление трасс магистральных тепловых сетей выбирают с учетом генеральной схемы централизованного теплоснабжения города, что позволяет увязать реконструкцию тепломагистралей с реконструкцией городских инженерных сооружений на трассе. Проектирование тепловых сетей при реконструкции осуществляют с учетом технологии их возведения. В первую очередь это относится к выбору конструкций с учетом их возведения при высокой степени строительной технологичности. И, во-вторых, учитывают стесненные условия производства работ при реконструкции тепловых сетей в крупных городах. При этом необходимо учитывать возможность использования механизмов, густую сеть существующих подземных коммуникаций и другие факторы.

При реконструкции стремятся к сооружению групповых тепловых пунктов с большой тепловой нагрузкой. Для этого объединяют ответвления с небольшими тепловыми нагрузками, сооружая на таком ответвлении общий пункт управления. Для обеспечения надежного теплоснабжения каждое ответвление к групповому тепловому пункту должно обеспечиваться двухсторонним питанием, для чего его выполняют с обеих сторон секционных задвижек на магистралях.

Важной задачей является модернизация централизованного теплоснабжения в направлении обеспечения автономности гидравлических режимов абонентских установок и их надежности в аварийных режимах, полноценного использования связей между различными магистралями, более широкого использования местного группового регулирования в дополнение к центральному, осуществляемому на ТЭЦ или в котельных. Наиболее полно и просто все эти задачи решаются при использовании независимой системы присоединения, которая находит в последние годы широкое применение в Москве и других городах.

Для повышения надежности систем теплоснабжения может быть использована предложенная Н. К. Громовым схема присоединения распределительных тепловых сетей к магистральным через контрольно-

распределительные пункты (КРП). Схема с КРП предусматривает укрупнение центральных тепловых пунктов с доведением их расчетной тепловой нагрузки до 35—60 МВт, что примерно соответствует нагрузке одного или двух небольших микрорайонов. На КРП устанавливают секционирующие задвижки (для разделения сети на участки), головные задвижки распределительных сетей, задвижки на блокирующих связях, регуляторы давления и температуры, насосные подкачивающие или смесительные установки, а также при необходимости и водоподогреватели. Устанавливаемое оборудование позволяет создавать в распределительных сетях на КРП требуемые режимы.

Секционирующие задвижки необходимо устанавливать не более чем через 1 км теплотрассы. Распределительные сети при этом присоединяют к магистральным сетям в КРП с обеих сторон секционирующих задвижек. Магистрали соединены между собой блокировочными перемычками, диаметры которых рассчитывают на пропуск аварийного расхода воды, обеспечивающего резервирование подачи теплоты в соответствии со СНиП 2.04.07 86. Перемычки в целях сокращения капитальных вложений могут быть однотрубными и использоваться попеременно как подающие, так и обратные линии, для чего предусматривается соответствующее переключение. Однако однотрубные перемычки могут включаться только при авариях, и присоединение к ним тепловых потребителей исключено. Расчеты показывают, что удорожание магистральных сетей от сооружений однотрубных резервирующих перемычек не превышает 10 % капиталовложений, но зато значительно снижает ущерб у потребителей при перерывах и от недостатка теплоты.

Секционирование магистралей и устройство блокировочных перемычек позволяет производить ремонтные работы на отключенном участке сети без прекращения подачи тепла потребителям на других участках. Таким образом может быть создана надежная схема транспортирования теплоты, гидравлический и тепловой режимы которой отвечают требованию резервирования сетей и потребителей, а также позволяют легко осуществлять совместную работу нескольких ТЭЦ и районных котельных.

При реконструкции систем теплоснабжения может

быть также использована разработанная во ВНИПИ-Энергопроме схема теплоснабжения, при которой магистральные водяные тепловые сети работают как закрытые, а распределительные — как открытые. При этой схеме двухтрубные распределительные сети присоединены к двухтрубным магистральным сетям через водоподогреватели, установленные в районном тепловом пункте (РТП), в котором предусмотрена также установка оборудования химводоочистки, деаэрации и аккумулирования подпиточной воды, идущей на восполнение расхода воды в системах горячего водоснабжения потребителей и утечек. В этом случае местные системы отопления и горячего водоснабжения присоединены к двухтрубным распределительным сетям, работающим аналогично тепловым сетям с непосредственным водоразбором, т. е. по открытой системе.

Данная схема независимого присоединения распределительных тепловых сетей к магистральным обеспечивает: а) полную гидравлическую изоляцию магистральных тепловых сетей от распределительных; б) исключение строительства ЦТП и четырехтрубных распределительных тепловых сетей в микрорайонах; в) стабилизацию гидравлического и температурного режимов в тепловых сетях и абонентских установках; г) защиту трубопроводов систем горячего водоснабжения от коррозии; д) стабилизацию режимов работы оборудования ТЭЦ; е) частичную разгрузку водопроводной сети города в часы максимального водопотребления за счет аккумулирования горячей воды.

Для повышения надежности теплоснабжения кроме кольцевания и сооружения перемычек применяют дублирование магистралей, т. е. укладку по одной трассе двух подающих и двух обратных трубопроводов одного диаметра, а иногда только трех трубопроводов, причем третий может включаться как подающий либо как обратный. При реконструкции существующих тепловых сетей дублирование магистралей часто является наиболее эффективным способом увеличения их пропускной способности.

При реконструкции систем теплоснабжения успешно используют переброску значительных количеств теплоты по специальным транзитным магистралям из района действия источника, имеющего резерв теплоты, в район соседнего источника, чья производительность

или техническое состояние не обеспечивает надежной работы существующей или реконструируемой системы *теплоснабжения.*

§ 2.2. Выбор способа прокладки реконструируемых тепловых сетей

Способ прокладки тепловых сетей при реконструкции выбирают в соответствии с указаниями СНиП 2.04.07—86 «Тепловые сети». В настоящее время в нашей стране около 84 % тепловых сетей прокладывают в каналах, около 6 % — бесканально, остальные 10 % — надземно. Выбор того или иного способа определяется местными условиями, как, например, характером грунта, наличием и уровнем грунтовых вод, требуемой надежностью, экономичностью строительства, а также эксплуатационными затратами на содержание тепловой сети. Способы прокладки разделяются на надземные и подземные.

Надземную прокладку тепловых сетей применяют редко, так как она нарушает архитектурный ансамбль местности, имеет при прочих равных условиях более высокие в сравнении с подземной прокладкой тепловые потери, не гарантирует от замерзания теплоносителя при неполадках и авариях, стесняет проезды. При реконструкции тепловых сетей ее рекомендуется применять при высоком уровне грунтовых вод, в условиях вечной мерзлоты, при неблагоприятном рельефе местности, на территориях промышленных предприятий, на площадках, свободных от застроек, вне пределов города или в местах, где она не влияет на архитектурное оформление и не мешает движению транспорта.

Преимущества надземной прокладки: доступность осмотра и удобство эксплуатации; возможность в кратчайшие сроки обнаружить и ликвидировать аварию в теплопроводах; отсутствие электрокоррозии от блуждающих токов и коррозии от агрессивных грунтовых вод; меньшая стоимость сооружения по сравнению со стоимостью подземных прокладок тепловых сетей. Надземную прокладку тепловых сетей осуществляют: на отдельно стоящих опорах (мачтах); на эстакадах с пролетным строением в виде прогонов, ферм или подвесных (вантовых) конструкций; по стенам зданий. Отдельно стоящие мачты или опоры могут

быть выполнены из стали или железобетона. При небольших объемах строительства надземных тепловых сетей применяют стальные мачты из профильной стали, однако они дороги и трудоемки и поэтому вытесняются железобетонными. Мачты из железобетона особенно целесообразно применять при массовом строительстве тепловых сетей на промышленных площадках, когда рентабельно организовать их изготовление в заводских условиях.

Для совместной прокладки тепловых сетей с другими трубопроводами различного назначения применяют эстакады, изготовляемые из металла или железобетона. В зависимости от количества одновременно прокладываемых трубопроводов пролетные строения эстакад могут быть одноярусными и многоярусными. Теплопроводы обычно прокладывают на нижнем ярусе эстакады, при этом трубопроводы с более высокой температурой теплоносителя размещают ближе к краю, обеспечивая тем самым лучшее расположение П-образных компенсаторов, имеющих различные размеры. При прокладке тепловых сетей на территории промышленных предприятий применяют также способ надземной прокладки на кронштейнах, укрепляемых в стенах зданий. Пролет теплопроводов, т. е. расстояния между кронштейнами, выбирают с учетом несущей способности конструкций здания.

В городах и населенных пунктах для тепловых сетей применяют в основном *подземную* прокладку, которая не портит архитектурного облика, не мешает движению транспорта и позволяет снизить теплопотери за счет использования теплозащитных свойств грунта. Промерзание грунта не опасно для теплопроводов, поэтому их можно прокладывать в зоне сезонного промерзания грунта. Чем меньше глубина заложения тепловой сети, тем меньше объем земляных работ и ниже стоимость строительства. Подземные тепловые сети чаще всего прокладывают на глубине от 0,5 до 2 м и ниже поверхности земли.

Недостатками подземных прокладок теплопроводов являются: опасность увлажнения и разрушения тепловой изоляции вследствие воздействия грунтовых или поверхностных вод, что приводит к резкому увеличению тепловых потерь, а также опасность внешней коррозии труб вследствие воздействия блуждающих

электрических токов, влаги и агрессивных веществ, содержащихся в грунте. Подземные прокладки теплопроводов связаны с необходимостью вскрытия улиц, проездов и дворов.

Конструктивно подземные тепловые сети делятся на два принципиально различных вида: *канальные* и *бесканальные*. *Конструкция канала* полностью разгружает теплопроводы от механического воздействия массы грунта и временных транспортных нагрузок и ограждает трубопроводы и тепловую изоляцию от коррозийного влияния почвы. Прокладка в каналах обеспечивает свободное перемещение трубопроводов при температурных деформациях как в продольном (осевом), так и в поперечном направлении, что позволяет использовать их самокомпенсирующую способность на угловых участках трассы тепловой сети.

Прокладка в *проходных каналах (тоннелях)*— наиболее совершенный способ, так как при этом обеспечивается постоянный доступ обслуживающего персонала к трубопроводам для осуществления контроля за их работой и производства ремонта, что наилучшим способом обеспечивает их надежность и долговечность. Однако стоимость прокладки теплопроводов в проходных каналах весьма высокая, а сами каналы имеют большие габариты (высота в свету — не менее 1,8 м и проход — 0,7 м). Проходные каналы устраивают обычно при прокладке большого числа труб, укладываемых в одном направлении, например на выводах с ТЭЦ.

В больших городах *подземную прокладку* тепловых сетей допускается применять совместно с другими инженерными сетями: в городских и внутриквартальных тоннелях с водопроводами диаметром до 300 мм, кабелями связи, силовыми кабелями напряжением до 10 кВ, а в городских тоннелях также с трубопроводами сжатого воздуха давлением до 1,6 МПа и напорной канализацией. Во внутриквартальных тоннелях допускается совместная прокладка водяных сетей диаметром не более 250 мм с газопроводами природного газа давлением до 0,005 МПа, диаметром до 150 мм. Тепловые сети под городскими проездами и площадями с усовершенствованным покрытием, а также при пересечении крупных автомагистралей следует прокладывать в тоннелях или футлярах. Применение *городских*

тоннелей позволяет: организовать комплексное проектирование, строительство и эксплуатацию инженерных коммуникаций; вести строительство индустриальными методами с применением комплексной механизации, узлов и конструкций повышенной заводской готовности, монтажа с колес. При ремонте коммуникаций исключается разрытие городских территорий. Все это значительно улучшает систему инженерного оборудования городов и поселков в целом.

Непроходные каналы получили наибольшее распространение в практике строительства тепловых сетей. Этот тип прокладки применяют в любых грунтовых условиях, в том числе с устройством в зоне высоких грунтовых вод попутного дренажа. Насчитывается большое количество различных конструкций непроходных каналов, каждая из которых имеет те или иные преимущества и недостатки. Применяемые конструкции непроходных каналов отличаются большим разнообразием как по форме (прямоугольные, полуцилиндрические, цилиндрические), так и по материалу (кирпичные, бетонно-блочные, железобетонные).

Все конструкции теплопроводов в непроходных каналах можно разбить на две группы: с воздушным зазором между поверхностью тепловой изоляции и стенками канала и *без воздушного зазора.* Применение теплопроводов без воздушного зазора между тепловой изоляцией и стенками канала, равно как и бесканальных прокладок, возможно в условиях, когда тепловая деформация трубопроводов происходит только в осевом направлении. На участках, где наблюдается боковое перемещение трубопровода при тепловой деформации, следует применять прокладки в каналах *с воздушными зазорами.* Теплопроводы без воздушного зазора не нашли широкого применения и вследствие интенсивной наружной коррозии стальных трубопроводов, развивающейся в условиях высокой влажности тепловой изоляции, так как отсутствие воздушного зазора ухудшает вентиляцию воздуха и подсушку изоляции.

В непроходных каналах с воздушным зазором между поверхностью тепловой изоляции и стенками канала тепловая изоляция в меньшей степени подвержена увлажнению, поэтому и коррозия трубопроводов в таких каналах значительно меньше. Габариты непроход-

ных каналов определяются в основном диаметрами прокладываемых теплопроводов, расстоянием между осями труб и зазоров между поверхностью тепловой изоляции трубопроводов и внутренней поверхностью каналов.

Условия работы теплопроводов в непроходных каналах резко отличаются от условий в проходных каналах. Отсутствие вентиляции приводит к высокой влажности воздуха в канале. Влага конденсируется на холодном потолке канала и, падая с него в виде капель, увлажняет тепловую изоляцию труб, а затем снова испаряется. Для защиты от капе́ли следует отводить капли в сторону от тепловой изоляции. Сводчатая форма перекрытия наиболее удобна для организованного стока влаги на дно канала. Для этой цели может применяться также устройство наклона в одну сторону плоского перекрытия канала.

Наряду с прокладкой в непроходных каналах все большее развитие получают *бесканальные* прокладки теплопроводов. Отказ от применения каналов при прокладке тепловых сетей весьма перспективен и является одним из путей удешевления их стоимости. Однако в бесканальных прокладках теплоизолированный трубопровод из-за непосредственного контакта с грунтом находится в условиях более активных физико-механических воздействий (влажность грунта, давление грунта и внешних нагрузок и т. п.), чем в канальных прокладках. Бесканальная прокладка тепловых сетей возможна при использовании механически прочной теплогидроизоляционной оболочки, способной защитить трубопроводы от потерь теплоты и выдерживать нагрузки, передаваемые грунтом. Тепловые сети с диаметром трубопроводов до 400 мм включительно рекомендуется прокладывать преимущественно бесканальным способом.

Среди бесканальных прокладок наибольшее распространение за последние годы получили прогрессивные прокладки с использованием в качестве монолитной теплоизоляции армопенобетона, битумоперлита, асфальтокерамзитобетона, фенольного поропласта, пенополимербетона, пенополиуретана и других теплоизоляционных материалов. Некоторое распространение при реконструкции сельских систем теплоснабжения получила бесканальная прокладка тепловых сетей из

асбестоцементных труб. Бесканальные прокладки тепловых сетей продолжают совершенствоваться и получают все более широкое распространение в практике строительства и реконструкции. При реконструкции внутриквартальных тепловых сетей имеются более широкие возможности прокладки тепловых сетей по подвальным помещениям, чем при новом строительстве, так как строительство новых сетей часто опережает строительство зданий.

При выборе трассы тепловых сетей допускается пересечение водяными сетями диаметром 300 мм и менее жилых и общественных зданий, кроме детских дошкольных, школьных и лечебно-профилактических учреждений, при условии прокладки сетей в технических подпольях, технических коридорах и тоннелях (высота не менее 1,8 м) с устройством дренирующего колодца в нижней точке на выходе из здания. Соединением технических коридоров зданий проходными подземными каналами можно со временем создать тоннельную сеть для прокладки инженерных коммуникаций.

§ 2.3. Определение присоединяемых тепловых нагрузок

При реконструкции тепловых сетей одним из основных этапов проектирования является правильное уточнение тепловых нагрузок с учетом вновь присоединяемых к системе централизованного теплоснабжения потребителей. При этом необходимо определить тепловые нагрузки в расчетном режиме, при котором сумма расходов теплоты всеми потребителями системы достигает максимального значения.

За счет отпуска теплоты из систем централизованного теплоснабжения могут быть удовлетворены следующие виды теплоиспользования. *Сезонные тепловые нагрузки:* а) использование теплоты в системах отопления здания; б) использование теплоты в системах вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях. *Круглогодовые тепловые нагрузки:* а) использование теплоты в системах горячего водоснабжения; б) использование теплоты для технологических целей промышленных предприятий.

Расчеты теплового потребления на первую очередь и перспективу выполняют на основе перспективного

плана развития, титульных списков по развитию промышленных предприятий, перспективной численности населения, планируемого роста жилищного фонда и обеспеченности его инженерным оборудованием и перспективных удельных норм теплопотребления.

Расчетными называются максимальные тепловые нагрузки, на которые предусмотрены системы. Максимальные тепловые потоки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых, общественных и производственных зданий и сооружений при реконструкции систем теплоснабжения принимают так же, как и при проектировании вновь сооружаемых систем, по расчетным расходам теплоты, проведенным в типовых или индивидуальных проектах соответствующих зданий и сооружений. Максимальные тепловые потоки на технологические процессы принимают по проектам присоединяемых или реконструируемых промышленных предприятий.

При проектировании тепловых сетей данные по расчетным расходам теплоты на технологические нужды обычно получают от организаций, разрабатывавших проекты соответствующих предприятий. Тепловые потоки при отсутствии проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий и сооружений, а также технологических проектов производств определяются: а) для предприятий — по укрупненным ведомственным нормам или по проектам аналогичных предприятий; б) для жилых районов городов и других населенных пунктов — по укрупненным показателям согласно СНиП 2-04-07-86.

Максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий, Вт, равен:

$$Q_0 = q_0 A (1 + k_1), \qquad (2.1)$$

где q_0 — укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади, Вт; A — общая площадь жилых зданий, м²; k_1 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий (при отсутствии данных принимается $k_1 = 0{,}25$).

Максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, Вт, равен

$$Q_в = k_1 k_2 q_0 A, \qquad (2.2)$$

где k_2 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий (при отсутствии данных принима-

ется $k_2=0{,}4$ — для общественных зданий, построенных до 1985 г., $k_2=0{,}6$ — после 1985 г.).

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, Вт,

$$Q_{\text{г.в.ср}}=\frac{1{,}2m\,(a+b)\,(55-t_{\text{х.з}})}{24.3{,}6}\,c; \qquad (2.3)$$

где m — число человек; a — норма расхода воды на горячее водоснабжение при температуре 55 °С на одного человека в сутки, проживающего в здании с горячим водоснабжением, принимаемая в зависимости от степени комфортности зданий в соответствии со СНиП 2.04.01—85, л; b — норма расхода воды на горячее водоснабжение, потребляемая в общественных зданиях при температуре 55 °С, принимаемая в размере 25 л/сут на 1 чел; $t_{\text{х.з}}$ — температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5 °С): c — удельная теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 4,187 кДж/(кг·°С)

Максимальный тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{\text{гв.макс}}=2{,}4Q_{\text{г.в.ср}}. \qquad (2.4)$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в неотопительный (летний) период, Вт,

$$Q^{\text{л}}_{\text{гв.ср}}=Q_{\text{г.в.ср}}\,\frac{55-t_{\text{х.л}}}{55-t_{\text{х.з}}}\,\beta, \qquad (2.5)$$

где $t_{\text{х л}}$ — температура холодной (водопроводной) воды в неотопительный период (при отсутствии данных принимается равной 15 °С); β — коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотопительный период по отношению к отопительному периоду, принимаемый при отсутствии данных для жилищно-коммунального сектора равным 0,8 (для курортных и южных городов $\beta=1{,}5$), для предприятий — 1,0.

При определении суммарных расходов теплоты жилых и общественных зданий, присоединяемых при реконструкции к тепловым сетям, следует учитывать также расход теплоты на горячее водоснабжение существующих зданий, не имеющих до этого централизованных систем горячего водоснабжения или оборудованных газовыми колонками.

§ 2.4. Определение расходов теплоносителя

Расчетные расходы теплоносителя (воды) при гидравлических расчетах реконструируемых тепловых сетей определяют в зависимости от назначения тепловой сети, вида системы теплоснабжения (открытая

и закрытая), применяемого графика температур, а также от схемы включения подогревателей горячего водоснабжения при закрытых системах теплоснабжения. За расчетные расходы для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических нужд промышленных предприятий принимают наибольшие расходы соответствующих графиков расходов теплоносителя. Расчетный расход теплоносителя для тепловой сети представляет собой максимальную сумму расходов для всех потребителей. Расчетные расходы сетевой воды для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты определяют по данным СНиП 2.04.07—86.

Расчетные расходы сетевой воды, кг/ч, для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях могут быть определены по формулам:

на отопление

$$G_0 = \frac{3{,}6Q_0}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \qquad (2.6)$$

где Q_0 — максимальный тепловой поток на отопление при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, Вт; c — удельная теплоемкость воды, применяемая в расчетах равной 4,187 кДж/(кг·°С);

на вентиляцию

$$G_в = \frac{3{,}6Q_в}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \qquad (2.7)$$

где $Q_в$ — максимальный тепловой поток на вентиляцию при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, Вт.

на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения:

$$G_{г.в.ср} = \frac{3{,}6Q_{г.в.ср}}{c(t_г - t_{х.з})}; \qquad (2.8)$$

$$G_{г.в.макс} = \frac{3\ 6Q_{г.в.макс}}{c(t_г - t_{х.з})}, \qquad (2.9)$$

где $Q_{г.в.ср}$ — средний тепловой поток на горячее водоснабжение в средние сутки за неделю за отопительный период, Вт; $Q_{г.в.макс}$ — максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение в сутки наибольшего водоснабжения за отопительный период, Вт; $t_г$ — температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения потребителей, °С; $t_{х.з}$ — температура холодной (водо-

проводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5 °С).

На горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения:

средний расход сетевой воды при параллельной схеме присоединения подогревателей

$$G_{\text{г.в.ср}} = \frac{3{,}6Q_{\text{г.в.ср}}}{c\,(\tau_1 - \tau_3)}\ ; \qquad (2.10)$$

максимальный расход сетевой воды при параллельной схеме присоединения подогревателей

$$G_{\text{г в.макс}} = \frac{3{,}6Q_{\text{г.в.макс}}}{c\,(\tau_1' - \tau_3')}\ , \qquad (2.11)$$

где τ_1' — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома температурного графика, °С; τ_3' — температура воды после параллельно включенного водоподогревателя горячего водоснабжения в точке излома температурного графика (рекомендуется принимать τ_3'=30 °С).

средний расход сетевой воды при двухступенчатых схемах присоединения

$$G_{\text{г.в.ср}} = \frac{3{,}6Q_{\text{г.в.ср}}}{c\,(\tau_1' - \tau_2')}\left(\frac{55 - t_{\text{п}}}{55 - t_{\text{х.з}}} + 0{,}2\right), \qquad (2.12)$$

где $t_{\text{п}}$ — температура воды после первой ступени подогрева при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей, °С; τ_2' — температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети после системы отопления в точке излома температурного графика, °С.

максимальный расход сетевой воды при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей

$$G_{\text{г.в.макс}} = \frac{3{,}6 \cdot 0{,}55Q_{\text{г.в.макс}}}{c\,(\tau_1' - \tau_2')}\ . \qquad (2.13)$$

Суммарные расчетные расходы сетевой воды, кг/ч, в двухтрубных тепловых сетях в открытых и закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты определяют по формуле

$$G_{\text{р}} = G_0 + G_{\text{в}} + k_3 G_{\text{г.в.ср}}. \qquad (2.14)$$

Коэффициент k_3, учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по нагрузке отопления, принимают по табл. 2.1.

При регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения коэффициент k_3 принимают равным 0.

Таблица 2.1. Значения коэффициента k_3

Системы теплоснабжения	Коэффициент k_3
Открытая с тепловым потоком, МВт:	
100 и более	0,6
менее 100	0,8
Закрытая с тепловым потоком, МВт:	
100 и более	1,0
менее 100	1,2

Примечание. Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по нагрузке отопления и тепловом потоке менее 100 МВт при наличии баков-аккумуляторов у потребителей коэффициент k_3 следует принимать равным 1.

Для потребителей при $Q_{г.в.макс}/Q_0 > 1{,}0$ при отсутствии баков-аккумуляторов, а также с тепловым потоком 10 МВт и менее суммарный расчетный расход воды определяют по формуле

$$G_р = G_0 + G_в + G_{г.в.макс}. \qquad (2.15)$$

Расчетный расход воды, кг/ч, в двухтрубных водяных тепловых сетях в неотопительный период находят по формуле

$$G_р = \beta G_{г.в.макс}, \qquad (2.16)$$

где β — коэффициент (*см. формулу* 2.5).

При этом максимальный расход воды на горячее водоснабжение, кг/ч, определяют для открытых систем теплоснабжения по формуле (2.9) при температуре холодной воды в неотопительный период, а для закрытых систем при всех схемах присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения — по формуле (2.11). Расход воды в обратном трубопроводе двухтрубных водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения принимают в размере 10 % расчетного расхода воды, определяемого по формуле (2.16).

§ 2.5. Выбор оптимальной трассировки тепловых сетей

При проектировании тепловых сетей первоначальной задачей является выбор оптимальной трассировки. Начертание тепловой сети в плане зависит от расположения кварталов населенного пункта, размещения источника теплоснабжения, топографии местности и других местных условий. Основная задача трассирования тепловой сети состоит в том, чтобы обеспечить теплотой потребителей в требуемых в данный момент количествах в соответствии с температурой наружного воздуха.

Водяные тепловые сети по назначению и диаметрам труб подразделяют на магистральные и распределительные. К *магистральным сетям* обычно относятся теплопроводы, соединяющие источники теплоты (ТЭЦ или котельные) с районами теплового потребления, а также соединяющие источники теплоты (ТЭЦ или котельные) между собой. Общее направление трассы магистральных тепловых сетей принимают с учетом ее минимальной протяженности, при прокладке в районах с наиболее плотной тепловой нагрузкой и при условии, чтобы ее сооружение не создавало трудностей существующей и перспективной застройке, а также системе транспорта города. Теплоноситель поступает из магистральных тепловых сетей в распределительные сети и по распределительным сетям подается через центральные или местные тепловые пункты к теплопотребляющим установкам абонентов.

Магистральные тепловые сети прокладывают из труб большего диаметра (400—1400 мм). Как правило, мелких ответвлений от магистральных тепловых сетей не делают, для этого используются *распределительные сети,* которые обычно имеют диаметр от 100 до 300 мм. Непосредственно к магистральным тепловым сетям допускается присоединение крупных промышленных предприятий. Диаметр труб ответвлений, ведущих к потребителям, в зависимости от величины тепловой нагрузки колеблется от 50 до 150 мм и выше.

Подразделение тепловых сетей на магистральные и распределительные является вполне четким и однозначным только в тех случаях, когда магистральные сети имеют более высокие расчетные параметры, чем принятые для присоединенных к ним распределитель-

ных сетей. Другим признаком магистральных тепловых сетей является транзит теплоты в них, т. е. транспортирование теплоты без его попутного отпуска потребителям. Однако оба эти признака в тепловых сетях выражены гораздо слабее, чем, например, в газовых или электрических сетях. Снижение параметров воды при переходе от магистральных тепловых сетей к распределительным требует сооружения специальных тепловых пунктов.

Магистральные тепловые сети по конфигурации, особенностям расчета и эксплуатации могут быть радиальными и кольцевыми. Радиальная (или тупиковая) сеть предусматривает прокладку отдельных магистралей от одного источника теплоты в районы размещения тепловых потребителей. Радиальные сети сооружаются с постепенным уменьшением диаметров труб в направлении от источника теплоты. Такие сети наиболее просты, дешевы по начальным затратам, требуют наименьшего расхода металла на сооружение и удобны в эксплуатации. Но при аварии на магистрали радиальной сети прекращается теплоснабжение абонентов, присоединенных за аварийным участком. Неудобны радиальные сети и при ремонте магистральных линий, так как на весь период ремонтных работ все потребители за ремонтируемым участком должны быть отключены. Этот недостаток частично может быть устранен, если в радиальную схему будут введены резервные перемычки, соединяющие отдельные лучи попарно.

При теплоснабжении крупных городов от нескольких ТЭЦ целесообразно предусматривать взаимную блокировку ТЭЦ путем соединения их магистралей блокировочными связями. В этом случае может быть создана в принципе объединенная кольцевая тепловая сеть с несколькими источниками питания. Кольцевая схема образуется прокладкой от источника теплоты к одной группе потребителей не менее двух магистралей, соединяющихся между собой в районе размещения потребителей, обеспечивая двухстороннюю подачу теплоты. Кольцевые сети самые дорогие, поэтому они сооружаются в крупных городах. Технико-экономические исследования показали, что дополнительные затраты на сооружение кольцевых сетей, выполненных из труб постоянного диаметра, зачастую

компенсируются снижением капитальных вложений на установку меньших суммарных резервов мощностей тепловых станций.

При двухтрубных водяных тепловых сетях отпуск теплоносителя в системы теплоиспользования определяется не давлением его в подающем трубопроводе на входе в эти системы, а разностью между этим давлением и соответствующим в обратном трубопроводе на выходе из системы. Регулирование отпуска теплоты в тепловых сетях является в основном качественным (изменением температуры теплоносителя), так как при значительном сокращении расходов подаваемого теплоносителя резко нарушается нормальная работа систем теплоиспользования, в особенности водяного отопления. Эти обстоятельства существенно затрудняют применение закольцованных схем при нормальных режимах эксплуатации двухтрубных водяных тепловых сетей, а поэтому такие схемы пока не нашли широкого распространения.

В результате применяемые схемы как небольших, так и крупных двухтрубных тепловых сетей могут быть охарактеризованы как радиальные, обычно с частичным кольцеванием за счет устройства перемычек между магистралями. Эти перемычки при нормальных режимах отключены и включаются в работу только при авариях или в летний период во время ремонта отдельных участков тепловой сети. Поэтому сети с перемычками фактически работают по тупиковой схеме.

Трассирование тепловых сетей на плане и профиле города начинают с магистральных сетей, от которых зависит правильное построение распределительных и внутриквартальных сетей. Для правильного выбора трассы тепловых сетей на плане города следует учитывать ряд технико-экономических соображений. В каждом конкретном случае выявляют и всесторонне анализируют все возможности и условия трассирования тепловых сетей с выполнением соответствующих технико-экономических расчетов.

Архитектурно-планировочное задание на строительство тепломагистрали выполняет городская проектно-планировочная организация или проектный институт, проектирующий тепломагистраль, затем задание утверждается архитектурно-планировочным управлением или отделом горисполкома. В архитектурно-плани-

ровочном задании намечаются рекомендуемые для детальной проработки варианты трассы, устанавливаются основные условия использования городской территории с учетом характера существующей и перспективной застройки, указываются красные линии, отметки вертикальной планировки, поперечные профили проездов с размещением подземных инженерных коммуникаций.

Для обеспечения условия теплоснабжения того или иного города, района, поселка и т. д. существует большое число вариантов трассировки и конструктивных решений тепловых сетей. В настоящее время при проектировании процесс выбора трассы тепловых сетей включает ориентировочный расчет по 2—3 намеченным вариантам и из них выбирают лучший. При этом в качестве критерия оптимальности тепловых сетей используются в основном приведенные затраты, которые определяют как

$$З = ЕК + И \to min, \qquad (2.17)$$

где З — приведенные затраты; К — капитальные вложения; Е — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (величина, обратная нормативному сроку окупаемости $Е = 1/Т$); И — издержки на эксплуатацию.

При этом намечаемые для сравнения варианты зависят в основном от опыта и интуиции проектировщика и не гарантируют выбора действительно самого оптимального варианта.

Другими показателями, характеризующими сложность строительства, являются параметры строительной технологичности того или иного варианта тепловой сети, которые необходимо учитывать при выборе вариантов. При анализе строительной технологичности конструктивных решений вариантов тепловых сетей основными технологическими характеристиками тепловых сетей являются: трудоемкость θ, машиноемкость M и срок строительства Т.

$$\theta_{к.р} = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} \theta_{ij} V_{ij}; \qquad (2.18)$$

$$М_{кр} = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} М_{ij} V_{ij}; \qquad (2.19)$$

$$Т_{к.р} = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} \frac{\theta_{ij} V_{ij}}{N_{ij}} \qquad (2.20)$$

где θ_{ij} — трудовые затраты на единицу работ по ЕНиР; V_{ij} — объем работ; M_{ij} — машиноемкость на единицу работ; N_{ij} — состав исполнителей по ЕНиР; $i=1, 2, 3, ..., n$ типоразмеров; $j=1, 2, 3, ... m$ видов конструкций.

В качестве критерия оценки строительной технологичности конструктивных решений тепловых сетей, как правило, принимается минимум трудовых затрат, связанных с выполнением технологических процессов при их строительстве. Таким образом, в качестве функции цели принимается минимум трудовых затрат

$$\Phi(\text{ц}) = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} \theta_{ij} V_{ij} \to min. \qquad (2.21)$$

Для учета параметра машиноемкости $M_{к.р}$ трудовые затраты на единицу работ θ_{ij} принимаются по ЕНиР при использовании средств механизации. Данную функцию цели можно минимизировать при следующих ограничивающих условиях:

$$V_{ij} \geqslant 0; \quad T_{к.р} < T,$$

где $T=\text{const}$ — директивный срок строительства.

Таким образом, в математическом отношении задача поиска трассировки тепловой сети, для которой трудовые затраты минимальны, ничем не отличается от задачи минимизации приведенных затрат. Необходимость бесперебойного снабжения потребителей теплотой предъявляет повышенные требования к надежности тепловых сетей. Следовательно, надежность работы варианта тепловой сети также должна использоваться в качестве критерия оптимальности.

Надежность тепловых сетей оценивают показателем надежности $R_{сист(t)}$, величину которого определяют по формуле

$$R_{сист(t)} = 1 - \sum_{j=1}^{j=l} \frac{\Delta Q_j}{Q_0} \frac{\omega_i}{\Sigma \omega_i} (1 - e^{-\varepsilon \omega_i t}), \qquad (2.22)$$

где ω_i — параметр потока отказов; Q_0 — расчетный расход теплоты; ΔQ_j — недоподача теплоты; t — время.

Величина показателя надежности должна быть не менее установленного уровня. Для обеспечения надежности теплоснабжения необходимо изменить сам принцип проектирования городских тепловых сетей.

Магистральные, а в некоторых случаях и распределительные сети должны иметь взаимное резервирование. Любое резервирование приводит к повышению начальных капиталовложений, но снижает ущерб от недодачи теплоты. Тем более важно, чтобы при минимуме дополнительных капиталовложений на резервирование обеспечивалось значительное повышение надежности.

Следовательно, задача поиска оптимального варианта тепловой сети должна рассматриваться в комплексе, с учетом приведенных выше критериев. Естественно, что качественное проектирование, задача которого состоит в том, чтобы найти именно оптимальную трассу тепловой сети, возможно лишь при условии математического описания и решения возникающих проблем с использованием при необходимости соответствующих средств вычислительной техники.

Эффективным методом исследования тепловых сетей является их анализ на основе *теории графов.* В этом случае использование эффективных алгоритмов, существующих в теории графов и реализуемых на современных ЭВМ, позволяет найти конструктивное решение рассматриваемой задачи. Например, граф может изображать сеть улиц в городе, вершины графа — перекрестки. В этом случае план города (района, поселка) удобно в упрощенном виде изображать в виде сетки, которая в зависимости от плана может быть разной конфигурации: квадратной, прямоугольной, косоугольной, криволинейной или комбинированной. Примеры сеток показаны на рис. 2.1.

На сетке требуется нанести тепловую сеть. Разветвленная (тупиковая) тепловая сеть представляет собой *связный граф,* не содержащий циклов (колец), т. е. *дерево.* С точки зрения теории графов изучаемый массив (район, город, поселок) может быть представлен как конечный, плоский, связный граф, вершинами (узлами) которого являются пересечения улиц, а ребрами — участки улиц между вершинами. Однако этот общий граф является слишком сложным для составления схемы теплопроводов и из него нужно выделить некоторый частный граф, дерево которого представляет трассу тепловой сети. Деревом в этом случае является связный подграф, содержащий все вершины частного графа и не имеющий замкнутых контуров.

Метод упорядоченного перебора для получения всех

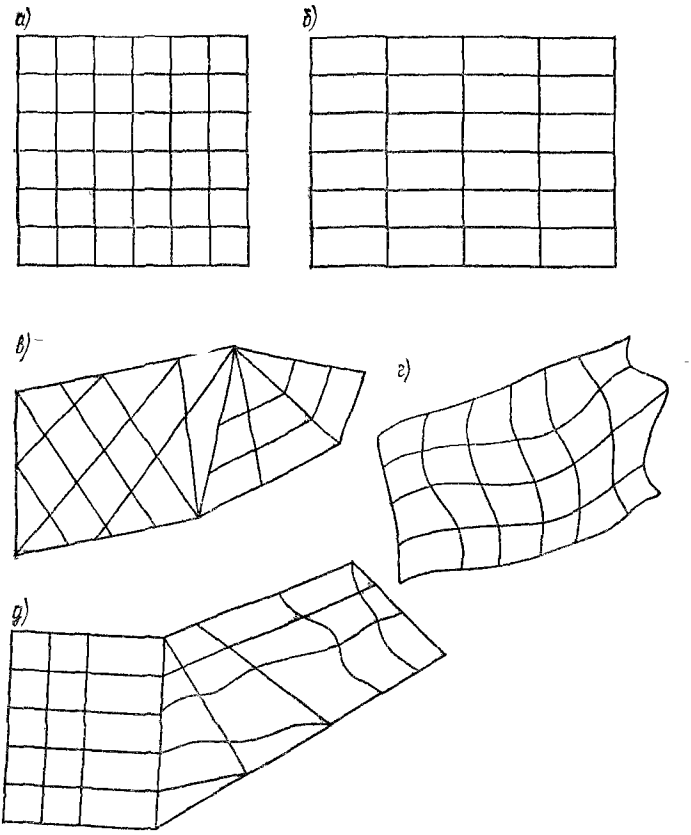


Рис. 2.1. Виды сеток

а — квадратная; *б* — прямоугольная; *в* — косоугольная; *г* — криволинейная; *д* — комбинированная

деревьев в какой-либо из сеток осуществляют следующим образом: 1) по известным алгоритмам строят произвольное дерево сетки; 2) составляют список ребер сетки, не вошедших в дерево (список хорд) и список элементарных контуров. При этом в каждом контуре оказывается одна хорда; 3) упорядоченный перебор осуществляют заменой в каждом контуре каждого ребра на хорду. Сложность при выборе и построении трассировки тепловых сетей заключается в том, что

число вариантов, получаемых при переборе, весьма велико. Полный технико-экономический анализ такого числа вариантов даже при использовании ЭВМ практически невозможен.

В настоящее время среди методов нахождения оптимального решения экстремальных комбинаторных задач ведущее место занимает метод *«ветвей и границ»*, сущность которого состоит в замене случайного перебора целенаправленным. При этом очень важным является наличие априорных критериев, с помощью которых имеется возможность в процессе перебора отбрасывать множества решений, в которых нет оптимального. Однако в данном случае при переборе вариантов трассировки меняется стоимостная характеристика участков в зависимости от выбора трассы (т. е. от потокораспределения) и поэтому метод «ветвей и границ» не может быть использован в традиционной постановке.

Вместе с тем второй основной момент в методе ветвей и границ, а именно процесс «ветвления» исходного множества в соответствии с выбранным правилом ветвления (т. е. процесс последовательного разбиения подмножества решений), может быть весьма эффективным для выбора наиболее перспективного подмножества с целью сужения области поиска оптимального решения. В связи с этим необходимо выполнить априорную, т. е. дорасчетную оптимизацию теплосети с целью уменьшения числа ее вариантов.

Для уменьшения числа рассматриваемых трассировок тепловой сети необходимо выработать критерии их предварительного отбора. Принятыми критериями отбора можно назвать следующие: выбор трасс с наименьшей суммарной длиной трубопроводов; прохождение магистральных трубопроводов через массивы тепловой нагрузки; минимальное число углов поворота; удовлетворение требованиям надежности теплосети и т. д. Однако и после такого отбора остается очень большое число равноценных по этим критериям вариантов.

Установлено, что трассировка не является оптимальной, если в ней существуют участки, в которых теплоноситель движется таким образом, что расстояние по радиусу-вектору от него до источника теплоты уменьшается. Будем называть участки с таким движе-

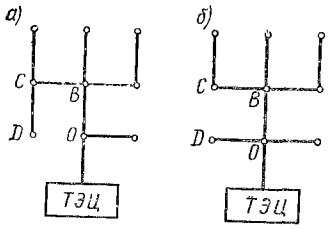


Рис. 2.2. Варианты трассировки тепловой сети

а — с обратным ходом; *б* — без обратного хода

нием теплоносителя обратными ходами. Рассмотрим варианты трассировки на рис. 2.2. Очевидно, что схема, показанная на рис. 2.2, *а*, при прочих равных условиях хуже схемы, показанной на рис. 2.2, *б*, так как, чтобы попасть в точку *D*, теплоноситель в первом случае должен пройти по ребрам *OB*, *BC* и *CD*, в то время как во втором случае он проходит только по ребру *OD*. Участок сети *CD* является обратным ходом. Метод исключения вариантов трассировки с обратными ходами легко реализуется на ЭВМ. В процессе упорядоченного перебора проверяют все ребра, и, если появляется обратный ход, этот вариант дальше не рассматривают.

Исключение деревьев с обратными ходами существенно уменьшает число расчетных вариантов трассировки теплосети, что допускает проведение технико-экономического анализа на ЭВМ. Выбранная в плане трасса должна быть привязана к существующим постоянным точкам (знакам государственной сети и полигонометрии), красным линиям, капитальным зданиям и сооружениям или другим предметам на местности. Привязку трассы производят камерально, но в отдельных случаях требуется выполнение контрольных измерений в натуре.

Трассу тепловых сетей в городах и других населенных пунктах располагают в отведенных для инженерных сетей технических полосах параллельно красным линиям улиц, дорог и проездов, вне проезжей части и полосы зеленых насаждений. Трассу тепловых сетей внутри микрорайонов и кварталов следует предусматривать вне проезжей части дорог. По выбранной в плане трассе тепловой сети разрабатывают продольный профиль теплотрассы с указанием всех надземных сооружений, пересекаемых трассой. На продольном про-

филе наносят геологический разрез, а также дают абсолютные отметки поверхности земли, вертикальной планировки, уровня грунтовых вод, подземных коммуникаций и других пересекаемых сооружений. При проектировании продольного профиля показывают принятые уклоны трубопроводов тепловых сетей между основными точками трассы, отметки оси трубопроводов, места размещения камер, неподвижных опор, компенсаторных ниш, дренажных колодцев и пр.

Заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия принимают не менее: а) до верха перекрытий каналов и тоннелей — 0,5 м; б) до верха перекрытий камер — 0,3 м; в) до верха оболочки бесканальной прокладки — 0,7 м. Уклон тепловых сетей независимо от направления движения теплоносителя и способов прокладки должен быть не менее 0,002. Минимальные расстояния по горизонтали и вертикали от тепловых сетей до зданий, сооружений и инженерных сетей принимают в соответствии со СНиП 2.04.07—86 «Тепловые сети».

§ 2.6. Гидравлический расчет и режим

Гидравлический расчет водяных тепловых сетей является необходимым этапом проектирования при реконструкции. В задачу этого этапа входит определение: диаметров трубопроводов, падения давления (напора), давлений (напоров) в различных точках сети, а также увязка всей системы при статическом и динамическом режимах. При решении вопросов, связанных с реконструкцией, может быть поставлена задача определения пропускной способности трубопроводов при известном их диаметре и заданной потере давления.

Падение давления за счет трения воды о стенки определяют по формуле Дарси — Вейсбаха, Па:

$$\Delta p_{тр} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2} \rho = \frac{0{,}812 \lambda G^2}{d^5 \rho}, \qquad (2.23)$$

где λ — коэффициент трения; d — внутренний диаметр трубопровода, м; l — длина трубопровода, м; v — скорость движения воды, м/с; ρ — плотность жидкости, кг/м³; G — массовый расход, кг/с.

В переходной области, т. е. в области перехода от гидравлически гладких труб к области квадратичного

сопротивления, коэффициент трения зависит от числа Рейнольдса Re и шероховатости труб. Для этой области коэффициент трения определяют по формуле Кольбрука — Уайта.

$$\lambda = \frac{1}{\left[-2\lg\left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} + \frac{K_э}{3{,}7d}\right)\right]^2} \qquad (2.24)$$

где $K_э$ — эквивалентная шероховатость внутренней поверхности труб (для водяных тепловых сетей $K_э$=0,0005 м, для сетей горячего водоснабжения и конденсатопроводов $K_э$=0,001 м).

Для области квадратичного закона коэффициент трения не зависит от числа Re, а зависит только от шероховатости труб. Коэффициент λ определяют по формуле Прандтля — Никурадзе

$$\lambda = \frac{1}{\left(1{,}14 + 2\lg\frac{d}{K_э}\right)^2}. \qquad (2.25)$$

Полученная опытным путем зависимость коэффициента трения λ стальных труб от числа Re и относительной шероховатости $K_э$ описывается универсальным уравнением, предложенным А. Д. Альтшулем:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{k_э}{d} + \frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{0{,}25}. \qquad (2.26)$$

При $K_э$=0 формула Альтшуля совпадает с формулой Блазиуса. При Re=∞ формула Альтшуля переходит в формулу проф. Б. Д. Шифринсона

$$\lambda = 0{,}11\,(K_э/d)^{0{,}25}. \qquad (2.27)$$

Границу переходной области и области квадратичного закона можно определить с помощью предельного числа Рейнольдса

$$\mathrm{Re}_{пр} = 568d/K_э. \qquad (2.28)$$

При $\mathrm{Re} \geqslant \mathrm{Re}_{пр}$ наблюдается область квадратичного закона. В этой области, как правило, и работают тепловые сети. Подбор диаметров труб участков реконструируемой теплосети можно производить в зависимости от расчетных расходов воды и удельных потерь давления (напора) по таблицам или номограммам. Согласно СНиП 2.04.07—86, удельные потери давления (напора) на трение определяют на основании технико-

экономических расчетов. Величину удельных потерь давления для расчета действующих тепловых сетей допускается принимать на основании результатов испытаний.

Падение давления на местном сопротивлении

$$\Delta p_{\text{м}} = \zeta \frac{V^2}{2} \rho, \qquad (2.29)$$

где ζ — коэффициент местного сопротивления.

Коэффициенты местных сопротивлений определены экспериментально и приведены в справочниках. Суммарное падение давления на участке тепловой сети, Па, равно:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta\right) \frac{V^2}{2} \rho. \qquad (2.30)$$

Водяные тепловые сети рассчитывают в два этапа—предварительный и окончательный. При предварительном гидравлическом расчете потери давления в местных сопротивлениях определяют, задаваясь долей от потерь давления по длине, по формуле

$$\Delta p_{\text{м}} = \alpha \Delta p_{\text{тр}}, \qquad (2.31)$$

где α — коэффициент, учитывающий долю потерь давления местных сопротивлений. Определяют по СНиП 2.04.07—86 (прилож. 5).

Окончательный гидравлический расчет отличается от предварительного тем, что падение давления на местных сопротивлениях учитывается более точно, т. е. после разработки монтажной схемы на основе эквивалентных длин фактических узлов местных сопротивлений. Эквивалентная длина местных сопротивлений может быть определена по формуле, м,

$$l_{\text{э}} = \Sigma\zeta d/\lambda, \qquad (2.32)$$

или по таблицам и номограммам, приведенным в справочниках. Гидравлический расчет выполняют для подающего трубопровода; диаметр обратного трубопровода и падение давления (напора) в нем принимают таким же, как и в подающем.

Для создания необходимых давлений в подающем и обратном трубопроводах реконструируемых водяных тепловых сетей, подбора или уточнения характеристик насосов (циркуляционных, подпиточных, подкачивающих и т. п.), выбора или уточнения схем присоедине-

ния потребителей и решения ряда других вопросов строят пьезометрические графики. *Пьезометрические графики* реконструируемых сетей, как и при проектировании новых, строят для статического и динамического режима работы тепловых сетей.

Статическое давление в водяных системах теплоснабжения должно обеспечивать заполнение их водой и не должно превышать допустимого давления в оборудовании источника теплоты, в водяных тепловых сетях, в оборудовании тепловых пунктов и в местных системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Если статическое давление превышает допустимые пределы, то следует предусматривать деление на независимые зоны с различным статическим давлением.

При динамическом режиме давление воды в подающих трубопроводах водяных тепловых сетей принимают из условий невскипания воды при ее максимальной температуре в любой точке подающего трубопровода, в оборудовании источника теплоты и в приборах систем потребителей, непосредственно присоединенных к тепловой сети. Давление воды в обратных трубопроводах водяных тепловых сетей при динамическом режиме должно быть избыточным (не менее 0,05 МПа), должно обеспечивать заполнение местных систем и не превышать допускаемого давления в системах потребителей. Пьезометрические графики разрабатывают для отопительного и неотопительного периодов, а также для аварийных режимов.

Для открытых систем теплоснабжения помимо режима при отсутствии водоразбора дополнительно разрабатывают еще два режима: при максимальном водоразборе из подающего и обратного трубопровода в отопительный период. Расходы воды в тепловых сетях открытых систем теплоснабжения для разработки гидравлических режимов при максимальном водоразборе из подающего или обратного трубопроводов определяют по формуле, кг/ч;

$$G_{\text{р}} = G_{\text{о}} + G_{\text{п}} + k_4 G_{\text{г.в.ср}}, \qquad (2.33)$$

где k_4 — коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в зависимости от температурного графика отпуска теплоты и режима водоразбора из тепловой сети, определяемый по табл. 2.2.

Таблица 2.2. Значения коэффициента k_4

Режим водоразбора	Трубопровод	Коэффициент k_4 при центральном качественном регулировании	
		по нагрузке отопления	по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения
Максимальный из подающего трубопровода	Подающий	1	1,4
	Обратный	—1,4	—1
Максимальный из обратного трубопровода	Подающий	0,6	1,2
	Обратный	—1,8	—1,2

На современном этапе развития систем теплоснабжения протяженность теплопроводов от источников теплоты до тепловых пунктов в крупных городах такова, что возникает необходимость в установке по трассе тепловых сетей насосно-подкачивающих подстанций. Расширение районов теплоснабжения приводит к увеличению разности геодезических отметок в отдельных точках теплосети, а следовательно к необходимости сооружения дополнительных насосно-подкачивающих подстанций. Напор подкачивающих насосов на подающем и обратном трубопроводах определяют по пьезометрическим графикам при максимальных расходах воды в трубопроводах с учетом гидравлических потерь в оборудовании и трубопроводах источника теплоты.

§ 2.7. Выбор труб и их соединений

Трубопроводы являются основным и наиболее ответственным видом конструкций тепловых сетей. К трубам, применяемым для теплопроводов, предъявляются следующие основные требования: высокая механическая прочность и герметичность при рабочих параметрах теплоносителя; малая шероховатость внутренней поверхности; малый коэффициент линейного температурного удлинения; высокое сопротивление теплопередачи стенок труб; коррозионная стойкость; неизменя-

емость свойств материала труб при длительном воздействии теплоносителя; простота, надежность и герметичность соединений отдельных элементов; простота хранения, транспортировки и монтажа; небольшая стоимость и др. Однако все изготовляемые промышленностью и применяемые в строительстве типы труб отвечают далеко не всем предъявляемым требованиям.

В настоящее время для строительства тепловых сетей в основном применяются стальные трубы из спокойной стали. Преимущественное применение стальных труб для тепловых сетей обусловлено их высокими механическими качествами и эластичностью, а также возможностью применения сварки, которая обеспечивает надежность и герметичность соединения. Выбор материалов для трубопроводов и арматуры тепловых сетей производят в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» Госгортехнадзора СССР. Согласно этим правилам, подбор труб, запорно-регулирующей арматуры, фланцев и других устройств производят по условным давлениям и проходам.

Под условным давлением $p_у$ понимают 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. Рабочее (расчетное) давление — это наибольшее давление при заданной температуре среды. Для температуры теплоносителя до 200 °С условное давление равно рабочему.

Под условным проходом $D_у$ подразумевают номинальный внутренний диаметр трубы или изделия. Трубы с определенным условным диаметром имеют постоянный наружный диаметр и отличаются лишь толщиной стенки. Трубы, применяемые для трубопроводов тепловых сетей, приведены в табл. 2.3. Толщину стенок труб для тепловых сетей определяют расчетом на прочность в зависимости от принятых параметров теплоносителя, типа труб и марок стали. Возможность поставки труб необходимого качества и типоразмеров следует проверять по товарному сортаменту труб, выпускаемых промышленностью. Принимают ближайшую большую толщину стенки трубы по сравнению с полученной толщиной по расчету.

Для сетей горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения и от котельных применяют оцинкованные водогазопроводные или эмалированные стальные трубы. Для сетей горячего водоснабжения в открытых системах теплоснабжения используют неоцинкованные трубы. Для трубопроводов тепловых сетей при температуре воды до 115 °С и ниже при давлении до 1,6 МПа включительно в соответствии со СНиП 2.04.07—86 допускается применять неметаллические трубы, если качество этих труб удовлетворяет санитарным требованиям и соответствует параметрам теплоносителя в тепловых сетях. Однако, по мнению специалистов, из неметаллических труб пока только асбестоцементные могут вполне заменить металлические, особенно при реконструкции тепловых сетей в сельской местности.

В настоящее время асбестоцементные трубы составляют около 70 % всех неметаллических, выпускаемых в нашей стране. Более подробно применение асбестоцементных напорных труб при реконструкции водяных тепловых сетей будет рассмотрено в гл. IV. Рабочее давление и температуру теплоносителя для выбора труб, арматуры, оборудования и деталей трубопроводов, а также для расчета трубопроводов на прочность для подающего и обратного трубопроводов водяных тепловых сетей определяют следующим образом: давление — по наибольшему давлению в подающем трубопроводе за выходными задвижками на источнике теплоты при работе сетевых насосов с учетом рельефа местности (без учета потерь давления в сетях), но не менее 1,0 МПа, а для тепловых сетей от источников теплоты с расчетной тепловой мощностью 1000 МВт и более — не менее 1,7 МПа для труб $D_у \geqslant 500$ мм; температуру в подающем трубопроводе при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления.

Для подающего и циркуляционного трубопроводов сетей горячего водоснабжения: давление — по наибольшему давлению в подающем трубопроводе при работе насосов с учетом рельефа местности; температуру — 75 °С. Рабочее давление и температуру теплоносителя в реконструируемых сетях следует принимать едиными для всего трубопровода независимо от его протяженности от источника теплоты до теплового пункта каж-

Таблица 2.3. Трубы стальные для водяных тепловых сетей

Трубы	ГОСТ или ТУ	Марка стали по ГОСТ или ТУ на сталь	Условный проход труб D_y, мм	Предельные параметры применения		
				Условное давление P_y, МПа	Температура воды t, °С	Расчетная температура стенки трубопровода, °С
1	2	3	4	5	6	7
Электросварные прямошовные термообработанные группы В	ГОСТ 10705—80* ГОСТ 10704—76*	10, 20 ГОСТ 1050—74** Вст3сп5 ГОСТ 380—71*	400	1,6	200	—40
Электросварные прямошовные термообработанные	ТУ 14—3—377—75	10, 20 ГОСТ 1050—74** Вст3сп5 ГОСТ 380—71*	200—400	1,6	200	—40
[illegible] холоднодеформированные группы В, термически обработанные с испытаниями по п. 1.8—1.10 ГОСТ	ГОСТ 8733—87* ГОСТ 8734—75*	10, 20 ГОСТ 1050—74**	15—40	2,5	200	—40
[illegible] горячедеформированные	ТУ 14—3—190—82	10, 20 ГОСТ 1050—74**	50—400	2,5	200	—40

Бесшовные термообработанные группы Б, горячедеформированные с испытанием по п. 2.7 ГОСТ 550—75*	ГОСТ 550—75*	10, 20 ГОСТ 1050—74** 10Г2 ГОСТ 4543—71*	25—300	2,5	200	—40
Бесшовные горячедеформированные	ТУ 14—3—1128—82	09Г2С ГОСТ 19282—73*	50—400	2,5	200	—60
Водогазопроводные оцинкованные высшего качества	ГОСТ 3262—75*	10 ГОСТ 1050—74** Вст3сп5 ГОСТ 380—71*	25—150	1,6	75	—40
Электросварные спиральношовные термически упрочненные	ТУ 14—3—954—80	Вст3сп5 ТУ 14—1—1451—75	500, 600 700, 800, 1000, 1200, 1400	2,5	200	—40
Электросварные спиральношовные	ТУ 14—3—808—78	20 ТУ—14—3—808—78	500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400	2,5	200	—40
Электросварные прямошовные	ТУ 14—3—1138—82	17Г1С—У ТУ 14—3—1138—82	1000, 1200	2,5	200	—50
Электросварные термообработанные прямошовные	ГОСТ 20295—85	17ГС, 17Г1С ГОСТ 19282—73*	500, 600, 700, 800	2,5	200	—50

Примечание. Предельные расчетные температуры наружного воздуха приняты из условия, что трубопроводы принимают температуру окружающей среды при отсутствии в них давления.

дого потребителя или до установок на тепловой сети, меняющих параметры теплоносителя, как например, водоподогреватели, насосные, регуляторы давления и температуры и т. д. Рабочие параметры для частично реконструируемых водяных тепловых сетей принимают по параметрам в существующих сетях.

Стальные трубы при монтаже тепловых сетей, как правило, соединяют с помощью электрической или газовой сварки. Соединение стальных трубопроводов на фланцах применяют только при установке фланцевой арматуры. При изготовлении и монтаже стальных трубопроводов используют приварные детали, которые предназначены для изменения направления потока теплоносителя (отводы) или изменения диаметра трубопровода (переходы) устройства ответвлений (тройники), закрытия свободных концов трубопроводов (заглушки). Все детали для тепловых сетей следует использовать преимущественно заводского изготовления. Детали трубопроводов типовой серии приведены в табл. 2.4. Толщина стенок фасонных деталей не должна превышать толщину стенки трубы более чем на 3 мм; в противном случае усложняется подгонка торцов трубы и деталей при сварке.

Отводы бывают гнутыми и сварными. Для гибких компенсаторов, поворотов и других гнутых элементов трубопроводов необходимо применять *крутоизогнутые* отводы заводского изготовления с радиусом гиба не менее одного диаметра трубы. Их изготовляют на заводах протяжкой отрезка трубы гидравлическими домкратами в горячем состоянии через специальную изогнутую насадку.

Допускается использовать нормально изогнутые отводы с радиусом гиба, равным 3,5 диаметра трубы. Их изготовляют при нагреве трубы порядка 1100 °С и с набивкой песком. Отводы с радиусом гиба более 3,5 диаметра трубы изготовляют на трубогибочных станках путем изгиба труб в холодном состоянии и без набивки песком.

В пространственных конструкциях трубопроводов между гладкими нормальными отводами необходимо предусматривать прямой отрезок трубы длиной больше $D_у$, а при $D_у$ меньше 100 мм прямой отрезок трубы следует принимать не менее 100 мм. Крутоизогнутые отводы допускается сваривать между собой без пря-

Таблица 2.4. Детали трубопроводов, рассчитанные на $p_у$=2,5 МПа, t≤200 °С (серия 4.903—10, выпуск 1)

Деталь	Условный проход $D_у$, мм	Обозначение
Отвод крутоизогнутый 45°, 60°, 90°	40—600	Т50
Отвод сварной 20°30′, 30°, 45°, 60°, 67°30′ и 90°	150—1400	Т51
Отвод с гибом 15°—180°	25—400	Т54
Труба с косым срезом	150—700	Т55
Переход сварной листовой концентрический и эксцентрический	50—1400	Т57
Переход сварной лепестковый на $p_у$≤1,6 МПа	150—1400	Т58
Диффузор	600—1400	Т59
Конфузор	600—1400	Т60
Ответвление трубопроводов врипрык (тип А) врезное (тип Б)	20—1400	Т93
с усиленным штуцером врипрык с накладкой	150—1400	Т94
Тройник сварной равнопроходный	400—1400	Т96
Тройник сварной переходный	400—1400	Т98
Заглушка штампованная	40—500	Т114
Заглушка плоская приварная	40—450	Т115
Заглушка плоская приварная с ребрами	450, 500	Т116

мого участка. Вваривать отводы непосредственно в трубу без штуцера запрещается.

Для трубопроводов тепловых сетей бо́льших диаметров ($D_у$>400 мм) с рабочим давлением теплоносителя до 2,5 МПа и температурой до 350 °С допускается применять *сварные секторные отводы*. Отводы изготовляют из электросварных труб и собирают на сварке из секторов с углами скоса: 11°15′ и 15°. Гидравлическое сопротивление сварных колен с углами скоса 11°15′ несколько меньше, чем с углами 15°. Радиусы отводов принимают равными $R=(1\div3)\ D_н+50$ мм. По гибкости сварные отводы мало уступают гладкоизогнутым, а по компактности намного превосходят их.

Переходы. Для стыкования труб различных диаметров применяют переходы. По конструкции они подразделяются на концентрические и эксцентрические. *Концентрические* переходы используют преимущественно для линий трубопроводов, расположенных вер-

тикально, а *эксцентрические* — для расположенных горизонтально. Применение эксцентрических переходов облегчает удаление теплоносителя из трубопровода при его отключении. Переходы должны быть плавными, внезапное изменение диаметра трубопровода не допускается. Угол наклона поверхности переходов не должен превышать 15°. При подземной прокладке тепловых сетей переходы от труб одного диаметра к трубам другого диаметра должны находиться в тепловой камере.

Тройники и ответвления по конструкции подразделяют на *равнопроходные* — без изменения диаметра ответвления и *переходные* — с уменьшением диаметра ответвления. Заглушки используются для отключения участков теплопроводов и ответвлений на период ремонтов или гидравлических испытаний сетей, а также для заглушения торцов труб. В зависимости от назначения заглушки бывают концевые и промежуточные. *Концевые* заглушки устанавливают на конечных и тупиковых участках трубопроводов, они могут быть фланцевыми и приварными. *Промежуточные* заглушки представляют собой стальной диск и применяются лишь при ремонте трубопроводов и оборудования. Их устанавливают на любом фланцевом соединении, они имеют специальный «хвостик», показывающий место установки заглушки. После окончания ремонта заглушки убирают. Приварные заглушки по конструкции подразделяют на эллиптические, плоские и плоские ребристые. Заглушки эллиптические изготовляют из листовой стали холодной и горячей вытяжкой в штампах. Заглушки *плоские* и *плоские ребристые* изготовляют вырезкой из листовой стали с последующей сваркой на месте монтажа трубопровода.

Фланцы применяют для присоединения на трубопроводах различной фланцевой арматуры или элементов тепловых сетей (грязевиков, элеваторов, подогревателей и др.). Типы существующих фланцев приведены в табл. 2.5. Фланцы выбирают по условному проходу трубы или арматуры и условному давлению. Тип фланцев для присоединения трубопроводной арматуры должен соответствовать типу входных фланцев этой арматуры.

Крепежные детали (болты, шпильки, гайки и шайбы) предназначены для сборки фланцевых соеди-

Таблица 2.5. Типовые рабочие плоскне приварные фланцы с патрубкамн и фланцевые соединения (серия 4.903—10, выпуск 1)

Условный проход $D_у$, мм	Обозначение	Фланец	Пределы применения		
			Температура теплоносителя (не более), °С	Условное давление $p_у$, МПа	
				трубопровода	арматуры
1	2	3	4	5	6
10—1600 10—1000 10—600 10—500	Т105	Фланец плоскнй приварной $p_у \leqslant 2{,}5$ МПа с патрубком	300	0,2 0,25 0,6 1,0; 1,6 2,5	0,2 0,25 0,6 1,0; 1,6 2,5
1200—1400 700—1400 600—1400	Т106	Фланец плоский приварной $p_у \leqslant 2{,}5$ МПа (по чертежам) Т 106.00.00.001 с патрубком	300	0,6 1,0; 1,6 2,5	0,6 1,0; 1,6 2,5
15—300 50—400	Т108	Фланцевое соединение трубопровода $p_у \leqslant 2{,}5$ МПа с арматурой $p_у = 4{,}0$ и $p_у = 6{,}2$ МПа, имеющей фланцы с впадиной. Для фланцевого соединения применен фланец плоский приварной по чертежам Т 108.00.00.001 с патрубком	300	2,5	6,4 4,0

Продолжение табл. 25

Условный проход D_y, мм	Обозначение	Фланец	Пределы применения		
			Температура теплоносителя (не более), °С	Условное давление p_y, МПа	
				трубопровода	арматуры
1	2	3	4	5	6
15—400	Т108	То же, с арматурой p_y=4,0 МПа, имеющей фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью	300	2,5	4,0
500, 600 / 600, 800	Т109	Фланцевое соединение трубопровода $p_y \leqslant 2{,}5$ МПа с арматурой $p_y \leqslant 6{,}2$ МПа. Для фланцевого соединения применен фланец плоский приварной по чертежам Т 109.00.00.001 с патрубком	300	2,5 / 1,0	4,0; 6,4 / 2,5

нений арматуры и оборудования. Для фланцев и фланцевых заглушек, рассчитанных на p_y до 2,5 МПа включительно и температуру до 300 °С, применяют *болты* с шестигранной головкой или *шпильки* и *гайки*. Шпильки имеют преимущества перед болтами, так как у шпилек при затяжке напряжения распределяются более равномерно, а у болтов в местах перехода стержня в головку происходит концентрация напряжений. Кроме того, шпильки можно устанавливать в труднодоступных местах.

Прокладочные материалы и прокладки применяют для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов и арматуры. Они должны обладать достаточной упругостью и прочностью для восприятия внутреннего давления и температурных удлинений трубопровода, а также теплостойкостью. Тип и материал прокладок выбирают в зависимости от параметров теплоносителя. Формы и размеры прокладок определяются конфигурацией уплотняемых соединений и их типоразмерами.

Плотность фланцевых соединений при давлении до 4 МПа и температуре до 450 °С в основном 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.

§ 2.8. Выбор компенсаторов

Компенсаторы служат для восприятия деформаций стальных трубопроводов при изменениях температуры теплоносителя и для разгрузки их от возникающих температурных напряжений, а также для предохранения от разрушения установленной на теплопроводах арматуры. Для восприятия дополнительных нагрузок, возникающих при изменении температуры, трубопроводы тепловых сетей проектируют и конструктивно выполняют так, чтобы они имели возможность свободно удлиняться при нагревании и укорачиваться при охлаждении без перенапряжения материала и соединений трубопровода. Температурные удлинения трубопроводов при температуре теплоносителя от 50 °С и выше

должны восприниматься специальными компенсирующими устройствами, предохраняющими трубопровод от возникновения недопустимых деформаций и напряжений. Надежность и безаварийность работы тепловых сетей во многом зависят от правильного решения вопросов компенсации температурных удлинений теплопроводов, выбора способа прокладки тепловых сетей и других местных условий.

Для безаварийной работы тепловых сетей необходимо, чтобы компенсирующие устройства были рассчитаны на максимальные удлинения трубопроводов. Поэтому при расчете удлинений температуру теплоносителя принимают максимальной, а температуру окружающей среды — минимальной (отрицательной) и равной: 1) расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления для надземной прокладки тепловых сетей на открытом воздухе; 2) расчетной температуре воздуха в канале для канальной прокладки сетей; 3) температуре грунта на глубине заложения бесканальных теплопроводов при расчетной температуре для проектирования отопления.

Способы компенсации температурных удлинений, применяемые в тепловых сетях, весьма разнообразны. По принципу работы компенсаторы делятся на две группы: 1) *радиальные или гибкие устройства,* воспринимающие удлинения теплопроводов изгибом (плоских), кручением (пространственных) криволинейных участков труб или изгибом специальных эластичных вставок различной формы; 2) *осевые устройства скользящего и упругого типов,* в которых удлинения воспринимаются телескопическим перемещением труб или сжатием пружинящих вставок.

Радиальную компенсацию выполняют с помощью П-образных компенсаторов, углов поворота трубопроводов, z-образных участков и др.; осевую — с помощью осевых (сальниковых, линзовых, волнистых) компенсаторов. Гибкие компенсаторы из стальных труб (П-образные и др.), а также углы поворотов трубопроводов от 90 до 130° (самокомпенсация) применяют для компенсации тепловых удлинений трубопроводов независимо от параметров теплоносителя, способа прокладки и диаметров труб. Все части гнутых компенсаторов соединяются сваркой. Диаметр, толщина стенки и марка стали труб для гнутых компенсаторов должны

быть такими, как для трубопроводов основных участков.

Наиболее надежной в эксплуатации является так называемая естественная компенсация, или самокомпенсация, которая допускается к применению для всех способов прокладки тепловых сетей и находит широкое применение на практике. Естественная компенсация температурных удлинений достигается на поворотах и изгибах трассы теплопровода за счет гибкости самих труб. Преимуществами ее над другими видами компенсации являются: простота устройства, надежность, отсутствие необходимости в надзоре и уходе, разгруженность неподвижных опор от усилий внутреннего давления. Для устройства естественной компенсации не требуется дополнительного расхода труб и специальных строительных конструкций. Недостатком естественной компенсации является поперечное перемещение деформируемых участков трубопровода, требующее увеличение ширины непроходных каналов и затрудняющее применение засыпных изоляций и бесканальных конструкций.

Расчетное тепловое удлинение трубопроводов Δx, мм, для определения размеров гибких компенсаторов определяют по формуле

$$\Delta x = \varepsilon \Delta l, \qquad (2.34)$$

где $\varepsilon = 0{,}5$ — коэффициент, учитывающий релаксацию компенсационных напряжений и предварительную растяжку компенсаторов в размере 50 % полного теплового удлинения Δl при температуре теплоносителя $t \leqslant 400$ °С; Δl — полное тепловое удлинение расчетного участка трубопровода, мм, определяемое по формуле

$$\Delta l = \alpha \Delta t L, \qquad (2.35)$$

где α — средний коэффициент линейного расширения стали при нагреве от 0 до t °С, мм/(м·°С); Δt — расчетный перепад температур, принимаемый как разность между рабочей температурой теплоносителя и расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления, °С; L — расстояние между неподвижными опорами, м.

Габариты гибких компенсаторов и длины плеч трубопровода при самокомпенсации определяют расчетом на компенсацию. Полученные в результате расчета длины плеч проверяют на боковое тепловое смещение трубопровода, которое должно быть не более величины зазора (с учетом запаса около 50 мм) между наружными поверхностями тепловой изоляции или меж-

ду строительной конструкцией и наружной поверхностью изоляции. Максимальное боковое смещение будет в точке поворота трассы. В бесканальных прокладках для использования естественной компенсации на участках поворотов теплотрассы сооружают непроходные каналы соответствующих поперечных размеров. При сооружении теплопроводов следует максимально использовать все естественные повороты и изгибы трубопроводов для компенсации температурных удлинений.

К устройству искусственных компенсаторов следует обращаться лишь после использования всех возможностей естественной компенсации. Такие компенсаторы применяют в случаях, когда не представляется возможным осуществление естественной компенсации трубопроводов — при наличии длинных прямых участков и стесненных условий.

К преимуществам *гибких компенсаторов* относятся: большая компенсирующая способность, надежность работы, передача на неподвижные опоры только сил упругости компенсаторов, отсутствие необходимости в сооружении камер для размещения компенсаторов. Эти компенсаторы просты в изготовлении и не нуждаются в постоянном обслуживании и ремонте. Случаи повреждения гибких компенсаторов наблюдаются в эксплуатации довольно редко, как правило из-за дефектов сварных швов или наружной коррозии стальных труб. К недостаткам гибких компенсаторов относятся: дополнительный расход труб на их сооружение, что увеличивает стоимость тепловых сетей; повышенное гидравлическое сопротивление сетей; значительные габаритные размеры, затрудняющие их применение в городских условиях при насыщенности трассы другими подземными инженерными коммуникациями; боковое смещение трубопроводов, приводящее к сходу корпусов скользящих опор с опорных конструкций.

Наибольшее распространение получили *компенсаторы П-образной формы.* Они применяются во всех случаях, когда по условиям местности невозможно применить естественную компенсацию, а другой вид компенсации менее целесообразен. Устройство П-образных компенсаторов предусматривают независимо от вида прокладки, диаметра трубопровода и параметров теплоносителя. П-образные компенсаторы имеют пре-

имущественное применение для труб диаметром до 200 мм. Это объясняется тем, что на трубах малого диаметра вследствие большой гибкости осевые компенсаторы работают неудовлетворительно.

П-образные компенсаторы изготовляют с применением гнутых, крутоизогнутых и сварных отводов. Их различают по соотношению длины прямого участка спинки l и длины прямого участка вылета h; компенсаторы с большим вылетом при $l=0{,}5\ h$, со средним при $l=h$ и с малым при $l=2h$. Большей компенсирующей способностью обладают компенсаторы с большим вылетом.

Компенсаторы гнутые и сварные с крутоизогнутыми отводами допускается устанавливать на трубопроводах для любых давлений и температур. При этом компенсационная способность компенсаторов с крутоизогнутыми отводами при тех же габаритных размерах выше, чем гнутых, за счет более длинного участка h. П-образные компенсаторы из сварных отводов используют преимущественно для трубопроводов с D_y более 500 мм. П-образные компенсаторы, как правило, следует устанавливать в горизонтальном положении с соблюдением необходимого уклона трубопровода. При ограниченной площади компенсаторы можно устанавливать в вертикальном и наклонном положении петлей вверх или вниз, при этом они должны быть снабжены дренажными штуцерами и воздушниками.

Конструкцию П-образных компенсаторов, размеры и максимальную компенсирующую способность обычно указывают в проекте.

Компенсирующая способность П-образных компенсаторов может быть увеличена вдвое при предварительной растяжке их в холодном состоянии во время монтажа на величину, равную половине теплового удлинения теплопровода. Для размещения П-образных компенсаторов предусматривается устройство специальных ниш, представляющих собой расширение каналов. Размеры ниш по высоте точно соответствуют размерам канала, а в плане определяются размерами компенсаторов и зазоров, необходимых для свободных перемещений при температурной деформации компенсатора.

На магистральных и распределительных трубопроводах тепловых сетей при невозможности использовать

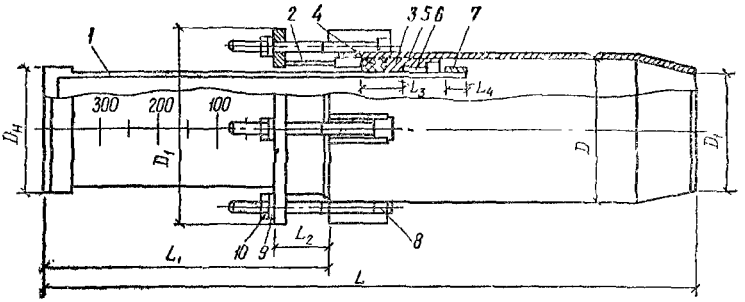


Рис. 2.3. Компенсатор сальниковый

1 — патрубок; *2* — грундбукса; *3* — набивка-шнур; *4* — кольцо уплотнительное; *5* — корпус; *6* — контрбукса; *7* — кольцо; *8* — болт; *9* — шайба; *10* — гайка

естественную компенсацию и гибкие компенсаторы широко используют *стальные сальниковые компенсаторы*. Сальниковые компенсаторы относятся к осевым скользящего типа. Они работают строго вдоль оси теплопровода; какое-либо смещение их продольной оси по отношению к оси трубы компенсирующего участка недопустимо. Сальниковые компенсаторы по своей конструкции делятся на односторонние и двусторонние. Их устанавливают на трубопроводах *диаметром* $D_у \geqslant$ $\geqslant$100 мм при подземной прокладке и надземной прокладке на низких опорах с параметрами теплоносителя $p_у \leqslant 2{,}5$ МПа и $t \leqslant 300$ °С. Основные параметры сальниковых компенсаторов приведены в табл. 2.6.

Односторонний стальной сальниковый компенсатор, состоящий из патрубка (стакана), грундбуксы, контрбуксы и корпуса, показан на рис. 2.3. Между наружной стенкой патрубка и внутренней стенкой корпуса размещен сальник, в который уложена набивка из прографиченного асбестового шнура и теплостойкой резины в виде колец. Скосы кромок на буксах способствуют более плотному прижатию набивки к поверхности стакана. Набивку и наружную поверхность стакана периодически смазывают, что способствует удлинению срока службы компенсаторов. Компенсирующая способность одностороннего сальникового компенсатора равна 250—400 мм. Двусторонний сальниковый компенсатор имеет удлиненный корпус и два подвижных

Таблица 2.6. Компенсаторы сальниковые, серии 4.903—10, вып. 7

Условный проход $D_у$	Пределы применения		Компенсаторы односторонние		Компенсаторы двухсторонние	
	условное давление $p_у$, МПа	температура t, °С	обозначение	компенсирующая способность Δ, мм	обозначение	компенсирующая способность Δ, мм
100—175	2,5		Т1.01—Т1.04	250	Т1.51—Т1.54	2×250
200—350	2,5		Т1.05—Т1.12	200 и 400	Т1.55—Т1.62	2×200 и 2×400
400—450	2,5		Т1.13—Т1.16	300 и 500	Т1.63—Т1.66	2×300 и 2×500
500—800	1,6	300	Т1.17—Т1.24	300 и 500	Т1.67—Т1.74	2×300 и 2×500
900—1400	1,6		Т1.25—Т1.32	350 и 600	—	—
500—800	2,5		Т1.33—Т1.40	300 и 500	Т1.75—Т1.82	2×300 и 2×500
900—1400	2,5		Т1.41—Т1.48	350 и 600	—	—

Пример обозначения одностороннего сальникового компенсатора $D_у$=500 мм, $p_у$=1,6 МПа, компенсирующей способности 300 мм; компенсатор 500—1,6 Т1.17.

стакана. Его компенсирующая способность в 2 раза больше, чем у одностороннего.

Перед присоединением сальникового компенсатора к трубопроводу необходимо тщательно выверить линию во избежание перекоса и заеданий стакана в корпусе. Компенсатор непосредственно вварпвают в трубопровод, поэтому его установка не приводит к увеличению числа фланцевых соединений. Для того чтобы предупредить возникновение растягивающих усилий в трубопроводе в случае понижения температуры его ниже температуры воздуха в период монтажа, необходимо при установке компенсатора оставлять монтажный зазор между буртом стакана и упорным кольцом корпуса компенсатора, учитывающий возможное растяжение после монтажа. При этом согласно СНиП 2.04.07—86 «Тепловые сети» компенсирующую способность, предусмотренную конструкцией сальникового компенсатора, необходимо уменьшать на 50 мм.

Сальниковые компенсаторы имеют высокую компенсирующую способность, небольшие габариты и малое гидравлическое сопротивление. Вследствие малых габаритов сальниковые компенсаторы легко размещаются в камерах и проходных каналах (тоннелях). Основным недостатком сальниковых компенсаторов является необходимость систематического наблюдения и ухода за ними в процессе эксплуатации. Набивка со временем изнашивается, теряет упругость и начинает пропускать теплоноситель. Для восстановления плотности конструкции производят подтяжку сальника, причем подтяжка грундбукс в компенсаторах большого диаметра требует очень больших усилий. Многократные подтяжки значительно увеличивают силы трения в сальнике, в результате частично или полностью утрачивается компенсирующая способность, поэтому через определенные периоды времени сальники приходится ремонтировать (перебивать).

Сальниковые компенсаторы обладают повышенной чувствительностью к перекосам осей, всегда возможных как при монтаже, так и во время эксплуатации. Практика эксплуатации показала, что несовпадение геометрических осей корпуса и стакана компенсатора приводит к его «заклиниванию». При подземной прокладке для сальниковых компенсаторов сооружают специальные камеры с люками, необходимые для их

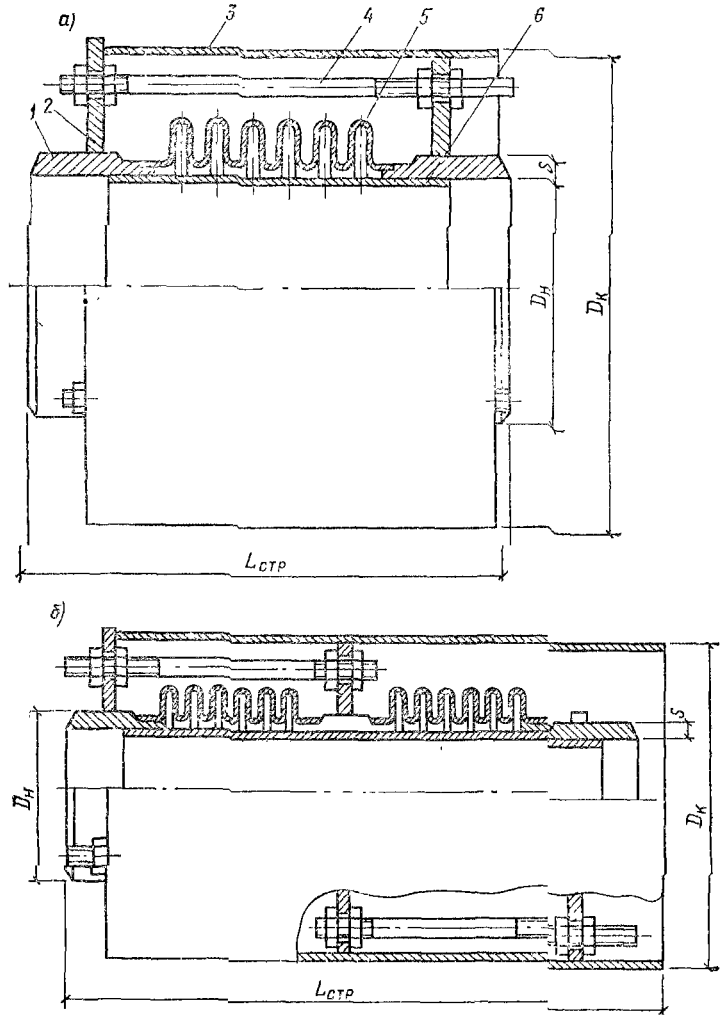


Рис. 2.4. Компенсаторы сильфонные осевые неразгруженные

а — односекционный; *б* — двухсекционный; *1* — патрубок; *2* — стойка; *3* — кожух; *4* — стяжка; *5* — гибкий элемент; *6* — внутренняя обечайка, $L_{стр}$ — строительный размер

обслуживания. Устройство камер удорожают стоимость строительства тепловых сетей. В случае же использования существующих камер компенсаторы требуют увеличения их габаритов и увеличения расстояния между трубами (подающей и обратной) для возможности их обслуживания (завертывания и развертывания шпилек) при устранении утечек и для смены уплотнений.

В целях уменьшения числа камер предусмотрены двусторонние сальниковые компенсаторы. Устройство одного двустороннего компенсатора дешевле устройства двух односторонних. Кроме того, гидростатические усилия и усилия от трения в сальниках компенсаторов вызывают необходимость строить сложные и дорогие конструкции неподвижных опор.

Для теплопроводов, особенно при бесканальной прокладке, рекомендуется применять *сильфонные (волнистые) компенсаторы* как осевого, так и шарнирного типа, которые получили за последние годы широкое распространение в трубопроводном строительстве, особенно за рубежом. Эти компенсаторы отличаются компактностью и легко размещаются в стесненных условиях камер тепловых сетей, имеют малую массу, но требуют регулярного обслуживания.

Осевые сильфонные (волнистые) компенсаторы с защитными футлярами устанавливают непосредственно в грунт, что позволяет избежать устройства камер. Осевые неразгруженные сильфонные (волнистые) компенсаторы (рис. 2.4) делают для трубопроводов диаметром от 50 до 1000 мм. Основные параметры и размеры компенсаторов приведены в табл. 2.7 и 2.8. Осевые сильфонные компенсаторы применяют только на прямолинейных участках трубопроводов, ограниченных неподвижными опорами. Конструкция компенсаторов позволяет применять их в районах строительства с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления не ниже —40°С для компенсаторов, изготовленных по ТУ 3-120-81, и не ниже —30 °С для компенсаторов, изготовленных по ТУ 5.551-19702-82, и при содержании в сетевой воде хлоридов не более 30 мг/кг. Сильфонные компенсаторы допускается применять при всех способах прокладки тепловых сетей.

Сильфонные (волнистые) компенсаторы пока не по-

Таблица 2.7. Осевые неразгруженные сильфонные (волнистые) компенсаторы (по ТУ 3-120-81)

Условный проход D_y, мм	Пределы применения		Исполнение	
	условное давление p_y, МПа	температура t, °С	односекционное	двухсекционное
			компенсирующая способность Δ, мм	
50—80	1,0; 1,6; 2,5	200	25 (±12,5)	50 (±25)
100—200			50 (±25)	100 (±50)

Пример обозначения компенсатора сильфонного волнистого осевого неразгруженного D_y=150 мм, p_y=1,0 МПа с компенсирующей способностью 50 мм; КВО 150—10—50 (ТУ 3—120—81).

Таблица 2.8. Осевые неразгруженные сильфонные (волнистые) компенсаторы (по ТУ 5.551—19702—82)

Условный проход D_y, мм	Пределы применения		Исполнение	Компенсирующая способность Δ, мм
	условное давление p_y, МПа	температура t, °С		
250 и 400	0,6; 1,0	200	Односекционное	100 (±50)
300 и 350	0,6			
250 и 400	1,6; 2,5		Двухсекционное	
300 и 350	1,0; 1,6			
	2,5			
500 и 1000	2,5			

Пример обозначения компенсатора сильфонного приварного осевого неразгруженного с компенсирующей способностью 100 (+50), мм, p_y=1,6 МПа, D_y=250 мм: 2 К4 100.16 250.

лучили широкого распространения в практике строительства тепловых сетей по причине ограниченного выпуска их отечественной промышленностью. При более широком выпуске волнистых компенсаторов их применение в тепловых сетях может дать значительный экономический эффект.

§ 2.9. Выбор опорных конструкций

Опоры служат для восприятия усилия от трубопроводов и передачи их на несущие конструкции или грунт, а также для обеспечения организованного совместного перемещения труб и изоляции при температурных деформациях. Опоры являются одними из ответственных деталей теплопроводов. От конструктивного решения и качества выполнения опорных конструкций во многом зависит надежность работы стальных тепловых сетей в целом.

При сооружении теплопроводов применяют опоры двух типов: подвижные и неподвижные.

Подвижные опоры воспринимают вес теплопровода и обеспечивают его свободное перемещение на строительных конструкциях при температурных деформациях. При перемещении трубопровода подвижные опоры перемещаются вместе с ним. Подвижные опоры используют при всех способах прокладки, кроме бесканальной. При бесканальной прокладке теплопровод укладывают на нетронутый грунт или тщательно утрамбованный слой песка. При этом подвижные опоры предусматривают только в местах поворота трассы и установки П-образных компенсаторов, т. е. на участках, где трубопроводы прокладывают в каналах. Подвижные опоры испытывают главным образом на вертикальные нагрузки от веса трубопроводов, но, кроме того, всегда получают и некоторые горизонтальные усилия, возникающие за счет трения. Величина этих горизонтальных нагрузок на опору будет зависеть от конструктивного решения опоры. Расстояния между подвижными опорами определяют расчетом. По принципу свободного перемещения различают опоры скольжения, качения и подвесные.

Скользящие опоры (табл. 2.9), получившие наибольшее распространение, применяют независимо от направления горизонтальных перемещений трубопроводов при всех способах прокладки и для всех диаметров труб. Эти опоры просты по конструкции и надежности в эксплуатации.

Диэлектрические скользящие опоры (табл. 2.10) предназначены для электроизоляции трубопровода от влияния источников блуждающих токов. Эти опоры существуют двух типов: опора скользящая хомутовая

Таблица 2.9. Опоры трубопроводов скользящие высотой $H=100$, 150, 200 мм (серия 4.903—10, выпуск 5)

Условный проход труб $D_у$, мм	Обозначение	Длина опоры L, мм	Максимально допустимое осевое тепловое перемещение трубопровода Δ, мм
25—150	Т13.01—Т13.12	170	90
	Т14.01—Т14.12	340	260
175—600	Т13.13—Т13.39	170	90
	Т14.13—Т14.39	340	260
	Т15.01—Т15.27	680	600
700—1400	Т14.40—Т14.57	340	220
	Т15.28—Т15.45	680	560

Пример обозначения скользящей опоры для трубопроводов $D_н=76$ мм, $H=100$ мм; опора скользящая 76Т 13.04.

Таблица 2.10. Опоры трубопроводов скользящие диэлектрические высотой $H=100$, 150, 200 (серия 4.903—10, выпуск 5)

Условный проход $D_у$, мм	Обозначение	Длина опоры L, мм	Максимально допустимое осевое тепловое перемещение трубопровода Δ, мм
175—350	Т16.01—Т16.15	170	90
	Т17.01—Т17.15	340	260
	Т18.01—Т18.15	680	600
350—600	Т16.16—Т16.30	170	90
	Т17.16—Т17.30	340	260
	Т18.16—Т18.30	680	600
700—1400	Т17.31—Т17.48	340	220
	Т18.31—Т18.48	680	560

Пример обозначения скользящей диэлектрической опоры для трубопроводов $D_н=194$ мм, $H=200$ мм; опора диэлектрическая 194 Т16.03.

и опора скользящая бугельная. Для электроизоляции трубопровода применен листовой паронит. При монтаже трубопроводов опоры устанавливают на железобетонные подушки, в верхней части которых закреплены специальные металлические закладные элементы, выступающие из бетона на высоту до 20 мм и обеспечивающие беспрепятственное скольжение стальных опор. Размеры подушек в плане и их армирование

определяют расчетом на прочность из условия передачи нагрузки от труб с изоляцией и теплоносителем через бетонное дно канала на грунт.

Катковые опоры (качения) (табл. 2.11) при-

Таблица 2.11. Опоры трубопроводов катковые (серии 4.903—10, *выпуск 5*)

Тип опоры	Условный проход труб $D_у$, мм	Обозначение	Длина опоры L, мм	Максимально допустимое осевое тепловое перемещение трубопровода Δ, мм
Однокатковая	175—250	Т19.01—Т19.06 (высота H = =150 мм, для стальных опор H = =200 мм)	170—340	180—520
	300—600	Т19.17—Т19.08	170—340	100—440
	700—1400	Т19 19—Т19.24	340	440
Двухкатковая	700—1400	Т20.01—Т20.12	340—680	200—800

Пример обозначения однокатковой опоры для трубопроводов $D_н$=219 мм, Δ=180 мм; опора однокатковая 219 Т19.03.

меняют для труб диаметром 200 мм и более при осевом перемещении труб при прокладке в тоннелях, на кронштейнах, на отдельно стоящих опорах и эстакадах. Применение катковых опор в непроходных каналах нецелесообразно, так как без надзора и смазки они быстро корродируют, перестают вращаться и начинают работать фактически как скользящие опоры. Катковые опоры обладают меньшим трением, чем скользящие, однако при плохом уходе катки перекашиваются и могут заклиниваться. Поэтому им необходимо дать правильное направление. Для этого в катках пересматривают кольцевые выточки, а на опорной плите — направляющие планки.

Катковые опоры надежно работают на прямолинейных участках сети. На поворотах трассы трубопро-

воды перемещаются не только в продольном, но и в поперечном направлении. Поэтому установка катковых опор на криволинейных участках не рекомендуется. В этом случае используют шариковые опоры (табл. 2.12), которые, как и катковые, используют при про-

Таблица 2.12. Опоры трубопроводов шариковые (серии 4.903—10, вып. 5)

Условный проход труб $D_у$, мм	Обозначение	Высота опоры, мм		Максимально допустимое осевое тепловое перемещение трубопровода Δ, мм
		H_1	H_2	
175—400	Т21.01—Т21.12	150	250	200 и 400
480—600	Т21 13—Т21.18	200	300	200 и 400
700	Т21.19—Т21.20	150	250	200 и 400
700—1400	Т21.21—Т21.42	200	300	200 и 400

Пример обозначения опоры шариковой $D_н$=194 мм: опора шариковая 194 Т21.01.

кладке в тоннелях, на кронштейнах, на отдельно стоящих опорах и эстакадах для труб диаметром 200 мм и более, но при горизонтальных перемещениях труб под углом к оси трассы. В этих опорах шарики свободно перемещаются вместе с башмаками по подкладному листу, удерживаются от выкатывания за пределы опоры выступами опорного листа и башмака. Установка шариковых опор весьма рациональна на самокомпенсирующихся участках теплопроводов, так как участки около углов поворота всегда имеют перемещения не только в продольном, но и в поперечном направлениях.

Если по местным условиям прокладки теплопроводов относительно несущих конструкций скользящие и катковые опоры не могут быть установлены, применяют подвесные опоры (табл. 2.13).

На участках с простыми подвесными опорами следует применять компенсаторы, не чувствительные к перекосам, — естественную компенсацию, П-образные компенсаторы и др. Подвесные опоры по сравнению со скользящими создают на горизонтальных участках значительно меньшие усилия вдоль оси трубы. Длину жестких подвесок следует принимать для водяных теп-

Таблица 2.13. Опоры подвесные (серия 4.903—10, выпуск 6)

Назначение	Условный проход труб D_y, мм	Обозначение
Пружинные для горизонтальных трубопроводов	150—400 350—1400 700—1400	Т27 01—Т27.14 Т28 01—Т28 22 Т29.01—Т29 06
Пружинные для вертикальных трубопроводов	150—1400	Т41 01—Т41 25
Жесткие для горизонтальных трубопроводов	25—70 80—300 250—600	Т22 01—Т22.35 Т23 01—Т23 56 Т24.01—Т24.56

Пример обозначения подвесной опоры использования 1 для трубопроводов $D_н$=194 мм: опора подвесная 1—194Т23.30.

ловых сетей не менее десятикратного теплового перемещения подвески, наиболее удаленной от неподвижной опоры. Для обеспечения регулирования высоты подвески труб применяют подвесные опоры с регулировочной муфтой. В некоторых случаях во избежание перекосов подвесные опоры снабжают пружинами, разгружающими теплопровод от неравномерного напряжения. Подвесные опоры применяют большей частью при воздушной прокладке тепловых сетей, при прокладке на мостах, по стенам и колоннам промышленных сооружений и в других случаях.

Неподвижные опоры делят трубопроводы на самостоятельные участки в отношении компенсации температурных удлинений. Они жестко закрепляют трубы в определенных точках трассы между компенсаторами или участками с естественной компенсацией температурных деформаций и воспринимают кроме вертикальных нагрузок от массы теплопровода с теплоносителем и теплоизоляцией значительные горизонтальные усилия, направленные на оси трубопроводов и складывающиеся из неуравновешенных сил внутреннего давления, сил сопротивления свободных опор и реакции компенсаторов. Наибольшее значение имеют силы внутреннего давления. Поэтому для облегчения конструкции опоры стараются расположить ее на трассе таким образом, чтобы внутренние давления в трубопроводе были уравновешены и не передавались на опору.

Те опоры, на которые реакции внутреннего давления не передаются, называются разгруженными неподвижными опорами; те же опоры, которые должны воспринимать неуравновешенные силы внутреннего давления, называются неразгруженными опорами.

Существуют промежуточные и концевые опоры. На промежуточную опору действуют усилия с обеих сторон, на концевую — с одной. Горизонтальную осевую нагрузку на неподвижную опору определяют: а) на концевую опору — как сумму сил, действующих на опору; б) на промежуточную опору — как разность сумм сил, действующих с каждой стороны опоры; при этом меньшую сумму сил, за исключением неуравновешенных сил внутреннего давления, принимают с коэффициентом 0,7.

Неподвижные опоры труб рассчитывают на наибольшую горизонтальную нагрузку при различных режимах работы теплопроводов, в том числе при открытых и закрытых задвижках. При кольцевой схеме тепловых сетей необходимо учитывать возможность движения теплоносителя с любой стороны. Кроме усилий на неподвижные опоры часто передаются также изгибающие и крутящие моменты, действующие на трубопровод. Величины этих силовых моментов определяют в каждом конкретном случае для заданной схемы и режима работы теплопровода. Тип неподвижной опоры и ее конструкцию определяют на основании усилий, действующих на нее.

Неподвижные опоры предусматривают на трубопроводах при всех способах прокладки тепловых сетей. От правильного размещения неподвижных опор по длине трассы тепловых сетей во многом зависит величина температурных деформаций и напряжений в трубах. Неподвижные опоры устанавливают на ответвлениях трубопроводов, в местах размещения запорной арматуры, сальниковых компенсаторов. На трубопроводах с П-образными компенсаторами неподвижные опоры размещают между компенсаторами. При бесканальных прокладках тепловых сетей, когда не используется самокомпенсация трубопроводов, неподвижные опоры рекомендуется устанавливать на поворотах трассы. Расстояние между неподвижными опорами определяют исходя из заданной конфигурации трубопроводов, тем-

пературных удлинений участков и компенсирующей способности устанавливаемых компенсаторов.

Неподвижные закрепления трубопроводов выполняют различными конструкциями, которые должны быть достаточно прочными и жестко удерживать трубы, не допуская их перемещения относительно поддерживающих конструкций. Конструкции неподвижных опор состоят из двух основных элементов: несущих конструкций (балок, железобетонных плит), на которые передаются усилия от трубопроводов, и собственно опор, при помощи которых осуществляется неподвижное закрепление труб (приварные косынки, хомуты).

В зависимости от способа прокладки и места установки применяют неподвижные опоры: упорные — при всех способах прокладки трубопроводов; щитовые — при бесканальной прокладке и прокладке в непроходных каналах при размещении опор вне камер; хомутовые — при надземной прокладке и прокладке в тоннелях (на участках с гибкими компенсаторами и самокомпенсации). В зависимости от воспринимаемой осевой силы применяют двухупорные лобовые опоры с вертикальным или горизонтальным расположением оси упоров, а также четырехупорные с вертикальным и горизонтальным расположением осей или под углом 45°. Для больших величин осевых нагрузок предусмотрены двух- и четырехупорные лобовые опоры с усиленными упорами, отличающимися наличием подкладок, позволяющих уменьшить местные напряжения в стенках трубопроводов. Типы неподвижных лобовых опор приведены в табл. 2.14. Применяются также двухупорные лобовые опоры для двусторонних сальниковых компенсаторов (табл. 2.15).

Щитовые опоры (табл. 2.16) в зависимости от величины воспринимаемой осевой нагрузки применяют в обычном исполнении (полукольца с ребрами) и в усиленном исполнении (с дополнительным усиливающим кольцом).

Щитовые неподвижные опоры представляют собой вертикальные железобетонные щиты с отверстиями для прохода труб. Осевые усилия передаются на железобетонный щит приваренными к трубопроводу с обеих сторон кольцами, усиленными ребрами жесткости. Нагрузка от трубопроводов тепловых сетей через щитовые опоры передается на днище и стенки канала, а при

Таблица 2.14. Опоры трубопроводов неподвижные лобовые (серия 4.903—10, выпуск 4)

Тип опоры	Наружный диаметр трубопровода $D_н$, мм	Обозначение
Двухупорные, тип I, II Двухупорные с защитой от электрокоррозии, тип III, IV	108—1420	Т4.01—Т4.18
Четырехупорные, тип I, II, V Четырехупорные с защитой от электрокоррозии, тип III, IV	133—1420	Т5.02—Т5.18
Двухупорные усиленные: тип I, II тип V, VI Двухупорные усиленные с защитой от электрокоррозии: тип III, IV тип VIII, VIII	 108—1420 194—1420 108—1420 194—1420	 Т6.01—Т6.18 Т6.19—Т6.33 Т6.01—Т6.18 Т6.19—Т6.33
Четырехупорные, усиленные, тип I, II Четырехупорные усиленные с защитой от электрокоррозии, тип III, IV	426—1420	Т7.09—Т7.16

Пример обозначения опоры неподвижной лобовой двухупорной усиленной для трубопровода $D_н$=325 мм, тип 1: опора 325—1 Т6.07.

Таблица 2.15. Опоры трубопроводов неподвижные лобовые для сальниковых компенсаторов (серия 4.903—10, выпуск 4)

Тип опоры	Наружный диаметр трубопровода $D_н$, мм	Обозначение
Тип I Тип II с защитой от электрокоррозии Тип III Тип IV с защитой от электрокоррозии	530—820	Т46.11—Т46.14

Примечание. Опоры разработаны для тех диаметров трубопроводов, для которых корпус компенсатора выполнен из труб, не вошедших в номенклатуру труб для тепловых сетей.

Пример обозначения неподвижной опоры для сальникового компенсатора $D_н$=630 мм, тип 1: опора 630—1 Т46.12.

Таблица 2.16. Опоры трубопроводов неподвижные щитовые (серия 4.903—10, выпуск 4)

Тип опоры	Наружный диаметр трубопровода $D_н$, мм	Обозначение
Тип I, III Тип III, IV с защитой от электрокоррозии	108—1420	Т8.01—Т8.26
Тип I, II усиленные	426—1420	Т9.09, Т9.10, Т9.12, Т9.14

бесканальной прокладке — на вертикальную плоскость грунта. Щитовые опоры выполняют с двойным симметричным армированием, так как действующие усилия от труб могут быть направлены в противоположные стороны. В нижней части щита делаются отверстия для прохода воды (в случае попадания ее в канал).

Для восприятия боковых нагрузок предусмотрены боковые опоры (табл. 2.17). Основным элемен-

Таблица 2.17. Опоры трубопроводов неподвижные боковые (серия 4.903—10, выпуск 4)

Тип опоры	Наружный диаметр трубопровода $D_н$, мм	Обозначение
Тип I Тип III с защитой от электрокоррозии Тип III	194—1420	Т10.04—Т10.18
Тип IV с защитой от электрокоррозии	377—1420	Т10.19—Т10.28

Пример обозначения боковой неподвижной опоры для трубопровода $D_н$=194 мм, тип 1: опора боковая 194—1 Т10.04.

том боковых опор является подушка, привариваемая к трубопроводу и свободно прилегающая к опорной конструкции. Для больших величин боковых нагрузок предусмотрены укрепляющие элементы.

Таблица 2.18. Опоры трубопроводов неподвижные с хомутами и бугелями (серия 4.903—10, выпуск 4)

Тип опоры	Наружный диаметр трубопровода $D_н$, мм	Обозначение	Тип опоры	Наружный диаметр трубопровода $D_н$, мм	Обозначение
Опоры неподвижные	32—219	Т3.01—Т3.11	То же, с защитой от электрокоррозии:		
			тип III	108—1020	Т11.01—Т11.16
Опоры неподвижные хомутовые бескорпусные					
тип I		Т11.01—Т11.16	Опоры неподвижные хомутовые	57—377	Т12.01—Т12.33
тип II		Т11.17—Т11.32	То же, с бугелями	377—1420	Т44.01—Т44.33

Для всех опор подземной прокладки предусмотрены варианты с электроизоляцией, для защиты от блуждающих токов.

Хомутовые опоры простейшей конструкции состоит из двух упоров по одному с каждой стороны несущей конструкции, привариваемых при монтаже к трубопроводу, и одного или двух хомутов, привариваемых к несущей конструкции. Для больших нагрузок предусмотрены скобообразные неподвижные опоры с хомутом для $D_н = 57 \div 377$ мм и с бугелем для $D_н = 377 \div 1420$ мм. Типы неподвижных хомутовых опор приведены в табл. 2.18.

§ 2.10. Подбор арматуры

Арматура тепловых сетей служит для обеспечения управления системами теплоснабжения при их эксплуатации. По функциональному назначению арматура подразделяется на следующие основные типы: запорная, регулирующая, предохранительная, защитная и др.

Запорная арматура предназначена для перекрытия потока теплоносителя. К ней относятся краны, вентили, задвижки, клапаны и поворотные затворы. Эту арматуру применяют наиболее широко. Запорную арматуру в тепловых сетях устанавливают: на всех трубопроводных выводах тепловых сетей от источников теплоты; для секционирования магистралей; на трубопроводах ответвлений; для спуска воды и выпуска воздуха и т. д. В зависимости от режима работы тепловой сети запорная арматура должна находиться в полностью открытом или полностью закрытом положении. Регулировать запорной арматурой расход теплоносителя и дросселировать его давление запрещается. Это объясняется тем, что если остановить запорную арматуру не полностью открытой, часть притертой поверхности затвора, находясь под воздействием потока теплоносителя, будет подвергаться эрозионному разрушению, в результате чего при закрытии арматуры истертая часть затвора может не обеспечивать герметичность арматуры.

Регулирующая арматура служит для регулирования параметров теплоносителя: расхода, давления, температуры. В состав регулирующей арматуры входят регулирующие клапаны, регуляторы давления, регуляторы температуры, регулирующие вентили и т. д.

Предохранительная арматура предусмотрена для предохранения теплопроводов и оборудования от недопустимого повышения давления путем автоматического выпуска избыточного количества теплоносителя.

Защитная арматура служит для защиты трубопроводов и оборудования путем отключения защищаемого участка. К защитной арматуре относятся отсечные и обратные клапаны и другие отключающие устройства. Различие между предохранительной и защитной арматурой заключается в том, что при повышении параметров теплоносителя предохранительная арматура открывается для выпуска теплоносителя, а защитная закрывается, отсекая защищаемый участок от остальной части трубопровода.

Арматура характеризуется тремя основными параметрами: условным проходом D_y, рабочим давлением и температурой транспортируемой среды. В зависимости от способов присоединения к теплопроводам арматуру подразделяют на фланцевую, муфтовую, цапковую и приварную. *Фланцевая* арматура имеет присоединительные патрубки с фланцами, *муфтовая* — с внутренней резьбой, *цапковая* — с наружной резьбой, *приварная* — с кромками для приварки к трубопроводу. *Фланцевая* арматура в настоящее время является наиболее распространенной для трубопроводов тепловых сетей. Однако в последнее время в целях уменьшения габаритов и массы арматуры, а также в целях повышения плотности трубопроводов промышленность стала все больше выпускать *бесфланцевую* арматуру, непосредственно привариваемую к трубопроводам. Это способствует применению сварочных машин и механизмов при монтаже теплопроводов, что повышает производительность труда, качество сварочных работ и надежность теплопроводов.

Для тепловых сетей применяют премущественно стальную арматуру. Для трубопроводов тепловых пунктов и сетей горячего водоснабжения запрещается использовать арматуру из серого чугуна на спускных и дренажных устройствах и при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления ниже —10 °С, а при прокладке тепловых сетей в районах с расчетной температурой наружного

воздуха для проектирования отопления ниже —30 °С не допускается применять арматуру из ковкого чугуна. При установке чугунной арматуры в тепловых сетях следует предусматривать защиту ее от изгибающих усилий. В районах с рабочей температурой наружного воздуха —40 °С и ниже при применении арматуры из углеродистой стали необходимо предусматривать мероприятия, исключающие возможность снижения температуры стали ниже —30 °С (при транспортировке, хранении, монтаже и эксплуатации), а при прокладке тепловых сетей на низких отдельно стоящих опорах для задвижек и затворов $D_y \geqslant 500$ мм предусматривать павильоны с электроотоплением, исключающим снижение температуры воздуха в павильонах ниже —30 °С при остановке сетей. На трубопроводах тепловых сетей допускается применение арматуры из латуни и бронзы.

Запорную арматуру в тепловых сетях следует предусматривать:

а) на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источников теплоты независимо от параметров теплоносителя и диаметров трубопроводов; при этом не допускается дублирование арматуры внутри и вне здания;

б) на трубопроводах водяных тепловых сетей $D_y \geqslant 100$ мм на расстоянии не более 1000 м друг от друга (секционирующие задвижки с устройством перемычки между подающим и обратным трубопроводами диаметром, равным 0,3 диаметра трубопровода, но не менее 50 мм; на перемычке надлежит предусматривать две задвижки и контрольный вентиль между ними $D_y = 25$ мм).

Допускается увеличивать расстояние между секционирующими задвижками для трубопроводов $D_y = 400$—500 мм до 1500 м, для трубопроводов $D_y \geqslant 600$ мм до 3000 м, а для трубопроводов надземной прокладки $D_y \geqslant 900$ мм до 5000 м при обеспечении спуска воды или заполнения секционного участка одного трубопровода за время, соответствующее нормативному;

в) в водяных тепловых сетях в узлах ответвлений на трубопроводах $D_y \geqslant 100$ мм, а также в узлах ответвлений на трубопроводах к отдельным зданиям. При длине ответвлений к отдельным зданиям до

30 м и при $D_y \leqslant 50$ мм допускается запорную арматуру на этих ответвлениях не устанавливать; при этом не следует предусматривать запорную арматуру, обеспечивающую отключение группы зданий с суммарной тепловой нагрузкой, не превышающей 0,6 МВт.

В нижних точках трубопроводов водяных тепловых сетей, а также секционируемых участков применяют штуцера с запорной арматурой для спуска воды (спускные устройства). Спускные устройства водяных тепловых сетей предусматривают исходя из обеспечения продолжительности спуска воды и заполнения секционированного участка (одного трубопровода): для трубопроводов $D_y \leqslant 300$ мм — не более 2 ч; для трубопроводов $D_y = 350—500$ мм — не более 4 ч; для трубопровода $D_y \geqslant 600$ мм — не более 5 ч.

Диаметры спускаемых устройств водяных тепловых сетей определяют в соответствии со СНиП 2.04.07—86 и применяют не менее указанных в табл. 2.19.

Задвижки имеют наибольшее применение при строительстве тепловых сетей. Рекомендуемые и допускаемые типы задвижек приведены в табл. 2.20. По конструктивному исполнению их разделяют на клиновые и параллельные, с выдвижным и невыдвижным шпинделем. Стальные задвижки имеют клиновое уплотнение, а чугунные — параллельное.

Положительным качеством задвижек является их малое гидравлическое сопротивление. Это достигается тем, что при полном выдвижении шпинделя затвор выходит из потока теплоносителя в верхнюю часть корпуса задвижки. Для закрытия или открытия прохода необходимо сделать большое число оборотов шпинделя, поэтому задвижки, особенно больших диаметров ($D_y \geqslant 500$ мм), снабжают электроприводами.

На водяных тепловых сетях для задвижек и затворов $D_y \geqslant 500$ мм при $p_y \geqslant 1{,}6$ МПа и $D_y \geqslant 300$ мм при $p_y \geqslant 2{,}5$ МПа следует предусматривать обводные трубопроводы (разгрузочные байпасы) с запорной арматурой, предназначенные для уменьшения перепада давлений при открывании задвижек. Этим достигается снижение усилий, необходимых для откры-

Таблица 2.19. Условный проход штуцера и запорной арматуры для спуска воды в зависимости от условного прохода трубопровода

Условный проход трубопровода $D_у$, мм	До 65 включ.	80—125	150	200—250	300—400	500	600—700	800—900	1000—1400
Условный проход штуцера и запорной арматуры для спуска воды, мм	25	40	50	80	100	150	200	250	300

Таблица 2.20. Задвижки

Обозначение задвижки	Условный проход $D_у$, мм	Пределы применения (не более)				Присоединение к трубопроводу	Материал корпуса
		по каталогу		в тепловых сетях			
		$p_у$, МПа	t, °С	$p_у$, МПа	t, °С		
Рекомендуемые задвижки							
30ч47бр	50, 80, 100, 125 150, 200	1,0	225	1,0	200	Фланцевое	Серый чугун
31ч6нж (И13061)	50, 80, 100, 125, 150	1,0	225	1,0	200		
31ч6бр	80	1,6	225	1,0	200		
30с14иж1	200	1,0	200	1,0	200	Фланцевое	Сталь
30ч6бр (ГЛ16003)	200, 250, 300	1,0	225	1,0	200		Серый чугун
	350, 400	1,0	225	0,6	120		

30ч915бр	500, 600, 800, 1200	1,0	100	0,6 0,25	100	Фланцевое	Серый чугун
30ч930бр	1000	1,0	120	0,25	120		
30с64бр	200	2,5	225	2,5	225	Фланцевое и с концами под приварку	Сталь
ИА12015	400	2,5	200	2,5	400	С концами под приварку	
Л12014 (30с924нж)	1000, 1200, 1400	2,5	200	2,5	200		
30с64нж (ПФ—11010—00)	100	2,5	225	2,5	225	Фланцевое и с концами под приварку	Сталь
30с76нж	50, 80, 100, 150, 200, 250/200	6,4	300	6,4	300	Фланцевое	Сталь
30с97нж (ЗЛ11025сп1)	150, 200, 250	2,5	300	2,5	300	Фланцевое и с концами под приварку	Сталь
30с65нж (НА11053—00)	150, 200, 250	2,5	250	2,5	250		
30с564нж (МА11022.04)	300	2,5	300	2,5	300		
30с572нж	400/300	2,5	300	2,5	300	Фланцевое и с концами под приварку	Сталь
30с927нж	500, 600, 800	2,5	300	2,5	300		
30с964нж	1000/800	2,5	300	2,5	300		

Продолжение табл. 2.20

Обозначение задвижки	Условный проход $D_у$, мм	Пределы применения (не более)				Присоединение к трубопроводу	Материал корпуса
		по каталогу		в тепловых сетях			
		$p_у$, МПа	t, °С	$p_у$, МПа	t, °С		
Допускаемые задвижки							
30ч6бр (ГЛ16003)	50, 80, 100, 125, 150	1,0	225	1,0	200		Серый чугун
30ч930бр	600, 1200, 1400	0,25	120	0,25	120		
31ч6бр	50	1,6	225	1,0	200		
ЗКЛ2—16	50, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600	1,6	450	1,6	450	Фланцевое	Сталь
30с64нж	200	2,5	300	2,5	300	Фланцевое и с концами под приварку	Сталь
30с567нж (ИА 11072—12)	400	2,5	300	2,5	300	Под приварку	
300с964нж	500	2,5	300	2,5	300	Фланцевое и с концами под приварку	
30с967нж (ИАЦ072—09)	500, 600	2,5	300	2,5	300	Под приварку	

Примечание. Задвижки ИА12015, Л12014 (30с924нж) и 30с927нж — с невыдвижным шпинделем, остальные — с выдвижным шпинделем.

вания задвижек. Условный проход разгрузочного байпаса принимают в зависимости от условного прохода задвижки (табл. 2.21). При дистанционном телеуправлении задвижками арматуру на байпасах также снабжают электроприводом.

Таблица 2.21. Диаметры обводов для задвижек и тип запорной арматуры в зависимости от ее условного прохода

Параметр	Условный проход запорной арматуры D_y, мм				
	300	350—600	800	1000	1200, 1400
Условный проход разгрузочного бассейна D_y, мм (не менее)	25	50	80	100	150
Тип запорной арматуры на байпасе	15с17нж1	15с22нж 30с76нж	15с22нж 30с64нж		15с22нж 30с97нж

Задвижки с электроприводом при подземной прокладке размещают в камерах с надземными павильонами или в подземных камерах с естественной вентиляцией, обеспечивающей параметры воздуха в соответствии с требуемыми условиями. При надземной прокладке тепловых сетей задвижки с электроприводами размещают в помещениях или заключают в кожухи, защищающие арматуру и электроприводы от атмосферных осадков. Задвижку устанавливают на горизонтальных теплопроводах вертикально маховиком, редуктором или приводом вверх. В некоторых случаях допускается установка задвижек в диапазоне 90° между вертикальным и горизонтальным положением шпинделя или в любом рабочем положении, кроме положения шпинделем вниз, так как при открытых задвижках дисковые гнезда иногда засоряются продуктами коррозии, что может привести к нарушению нормальной работы задвижки. Разработаны ЦКБА и приняты в серийное производство задвижки клиновые с невыдвижным шпинделем D_y = = 1200 и 1400 мм с электроприводом. Техническая характеристика задвижек с невыдвижным шпинделем приведена в табл. 2.22.

Таблица 2.22. Техническая характеристика стальных задвижек с невыдвижным шпинделем с электроприводом с концами под приварку, рассчитанных на p_y=2,5 МПа, $t \leqslant 200$ °С

Условный проход D_y, мм	Электродвигатель			Масса, кг	Тип запорной арматуры
	Тип	Мощность, кВт	Время открывания или закрывания, мин		
400	Б099.054сп2	—	1,04	582	—
500	14ЛС—1325—4УЗ или АОС—52—4УЗ	8,5 или 7	2,8 или 1,2	1543	30с927нж
600			3,3	2000	30с927нж
800			5,8	4240	30с927нж
1000	—	—	—	—	30с927нж
1200	4АС—1325—4УЗ или АОС—2—42—4УЗ	8,5 или 7,5	5,5	11 615	30с924нж
1400				12 365	30с924нж

Примечание: Изготовители: D_y=400 — Иваново — Франковский арматурный завод; D_y=500 — ПО «Пензтяжпромарматура». Кыштымский машиностроительный завод им. Калинина (г. Кыштым Челябинской обл.); D_y=600 — Алексинский завод «Тяжпромарматура»; D_y=800, D_y=1000 — ПО «Пензтяжарматура»; D_y=1200, 1400 — изготовитель ПО «Казтяжпромарматура» (г. Усть-Каменогорск, Казахской ССР).

Более современным оборудованием являются поворотные затворы для водяных тепловых сетей $p_у \leqslant 2{,}5$ МПа, $t \leqslant 200$ °С, $D_у = 200—1400$ мм (технические требования по ОСТ 26-07-224-81) с концами под приварку, разработанные ЦКБА. Уплотнение затвора — термостойкое резиновое кольцо. Допустимый перепад давления на затвор — не более 1,6 МПа. Направление подачи среды — любое. Управление затвором — ручное рукояткой ($D_у = 200$ мм); ручное от редуктора ($D_у = 250$, 300, 400 мм); от электропривода ($D_у = 500$, 600, 800, 1000, 1200, 1400 мм). Основные габаритные размеры, тип электродвигателя и масса затворов приведены в табл. 2.23 и 2.24.

Поворотные затворы устанавливают на трубопро-

Таблица 2.23. Стальные поворотные дисковые затворы с ручным управлением $D_у = 200 \div 400$ мм, рассчитанные на $p_у = 2{,}5$ МПа, $t \leqslant 200$ °С с концами под приварку

Условный проход $D_у$, мм	Размеры, мм		Масса, кг
	длина	высота	
200	250	385	40
250	450	410	95
300	450	435	115
400	580	515	400

Изготовитель — Ивано-Франковский арматурный завод.

Таблица 2.24. Стальные поворотные дисковые затворы с электроприводом $D_у = 500 \div 1400$ мм, рассчитанные на $p_у = 2{,}5$ МПа, $t \leqslant 200$ °С с концами под приварку

Условный проход $D_у$, мм	Электродвигатель		Время открытия или закрытия затвора, с	Масса, кг
	тип	мощность, кВт		
500	4АХС80А4 или	1,3	57	54 5
600	АОЛС2—21—4УЗ		66	620
800	4АСТ005493 или	3,2 или 3	66	1480
1000	АОЛС2—31—4УЗ		86	1750
1200	4АС13254 или	8,5	80	1580
1400	АОС2—42—4УЗ	7,5	80	3500

Изготовители: Ивано-Франковский арматурный завод ($D_у = 500 \div 1000$ мм); Уст-Каменогорский арматурный завод $D_у = 1200$, 1400 мм)

Таблица 2.25. Клапаны

Обозначение клапана	Условные проходы $D_у$, мм	Пределы применения				Присоединение к трубопроводу	Материал корпуса
		по каталогу (не более)		в тепловых сетях (не более)			
		$p_у$, МПа	t, °С	$p_у$, МПа	t, °С		
1	2	3	4	5	6	7	8
Рекомендуемые клапаны							
15Б1бк(п)	15, 20, 25, 32, 40, 50	1,6	225	1,6	115	Муфтовое	Латунь
15ч96р(п2)	25, 32, 40, 50	1,6	225	1,0	200	Фланцевое	Серый чугун
15ч96р(п2)	65, 80	1,6	225	1,0	115	Муфтовое	
15ч86р(п2)	100, 125, 150, 200	1,6	225	1,0	200	Фланцевое	
15ч14бр(п)	25, 32, 40, 50	1,6	225	1,6	225	»	
15кч19пI(п2)	40, 50	1,6	200	1,6	200	»	
15кч19п	65, 80	2,5	225	1,6	225	Фланцевое	Ковкий чугун
15кч16п1 (У21205)	32, 40, 50, 65, 80	2,5	300	1,6	300	»	
15кч16нж (У21205)	40, 50, 65, 80, 100, 150, 200	4,0	425	4,0	425	Фланцевое	Сталь
15с22нж (ГЛ21003М)	15, 20, 25, 32, 40	6,4	425	6,4	425	Фланцевое	
15с27нж1 (К32191)							
Допускаемые каналы							
15ч8бр(п2)	15, 20, 25, 32, 40, 50	1,6	225	1,0	115	Муфтовое	Серый чугун
15кч18п1(п2)	15, 20, 25, 32, 40, 50	1,6	225	1,6	115		Ковкий чугун

15кч16п1 (У21205)	32, 40, 50	2,5	225	1,6	225	Фланцевое	Ковкий чугун
15кч2п (У22053)	65	1,6	225	1,6	115	Муфтовое	
15кч22бр	40, 50, 65, 80	4,0	225	1,6	225	Фланцевое	
15с58нж	25, 32, 40, 50 80, 100	1,6	425	1,6	425	»	Сталь

Примечание. При применении клапана прямоточного типа 15с58нж1 требуется согласование с ЛПОА «Знамя» труда».

Таблица 2.26. Клапаны обратные подъемные

Обозначение	Условный проход $D_у$, мм	Пределы применения (не более)				Присоединение к трубопроводу	Материал корпуса
		по каталогу		в тепловых сетях			
		$p_у$, МПа	t, °С	$p_у$, МПа	t °С		
1	2	3	4	5	6	7	8
16ч3бр	25	1,6	225	1,0	200	Фланцевое	Серый чугун
16ч6бр	80, 100, 150	2,5	225	1,0	200		
16кч9п1	40, 50, 65, 80	2,5	225	1,6	225		
16кч9нж (Л41007)	32, 40, 50, 65, 80	2,5	300	1,6	300		
16Б1бк	15, 20, 25, 40, 50	1,6	225	1,0	115	Муфтовое	Латунь
16Б5нж (П341001)	15, 25, 32	1,6	225	1,6	225	Фланцевое	Сталь
16с13нж	25, 40, 50, 65, 80, 100, 150, 200	4,0	425	4,0	425	»	
922 (3с26—1)	20	10,0	450	10,0	450	Под приварку	Сталь
923 (3с—6—2)	25	10,0	450	10,0	450		
924 (3с—6—3)	32	10,0	450	10,0	450		

Таблица 2.27. Клапаны обратные поворотные

Обозначение	Условный проход $D_у$, мм	Пределы применения (не более)				Присоединение к трубопроводу	Материал корпуса
		по каталогу		в тепловых сетях			
		$p_у$, МПа	t, °С	$p_у$, МПа	t, °С		
1	2	3	4	5	6	7	8
19ч16бр (КА44004.000)	50, 80, 100, 150	1,6	225	1,0	200	Фланцевое	Серый чугун
19ч21бр (Л44075.03)	200, 250	1,6	225	1,0	200	Фланцевое	Серый чугун
19ч16р	300	1,0	80	1,0	80	Фланцевое	Серый чугун
19ч16р	400, 500, 600	1,0	80	0,6	80	Фланцевое	Серый чугун
19ч19р (ПФ44003)	800, 1000	1,0	120	0,25	120	Фланцевое	Серый чугун
19с38нж	50, 80, 100	6,4	450	6,4	450	Фланцевое	Сталь
19с17нж (ГЛ44001)	150, 200, 250	4,0	450	4,0	450	Фланцевое	Сталь
19с47нж (по типу 19с36нж2) (ИА44078)	200, 250, 300, 400, 600	4,0	450	4,0	450	Под приварку	Сталь
19с35нж1 (ПТ44070—02, ИА44004.01)	800, 1000	2,5	425	2,5	425	Фланцевое	»

водах тепловых сетей в любом рабочем положении. Основными достоинствами поворотных затворов являются: простота конструкции и управления, низкая металлоемкость, компактность. Однако из-за небольшого объема выпуска промышленностью поворотные затворы пока еще находят ограниченное применение в трубопроводном строительстве. Опыт применения их в тепловых сетях дал положительные результаты.

На участках, требующих особо надежного и плотного отключения, рекомендуется устанавливать клапаны, обеспечивающие большую плотность отключения. Рекомендуемые и допускаемые типы клапанов приведены в табл. 2.25. Обратные клапаны предназначены для автоматической защиты трубопроводов от обратного потока теплоносителя, что может в некоторых случаях привести к аварии. Их подразделяют на подъемные (табл. 2.26) и поворотные (табл. 2.27). Подъемные клапаны проще по устройству, однако при попадании продуктов коррозии возможно заедание тарелки клапана в направляющей. Их обычно используют при небольших диаметрах теплопроводов. Кроме того, подъемные клапаны могут работать только в горизонтальном положении. Поворотные клапаны менее чувствительны к загрязнению теплоносителя и могут работать как в горизонтальном, так и в вертикальном положении.

Обратные клапаны устанавливают на нагнетательных патрубках каждого насоса до задвижек, на обводных трубопроводах у подкачивающих насосов, а также в других случаях в зависимости от принятой технологической схемы трубопроводов. Для снижения скорости закрывания диска и уменьшения гидравлического удара обратные клапаны большого диаметра снабжают обводами, демпферами, противовесами и другими устройствами.

§ 2.11. Выбор и расчет тепловой изоляции

Выбор теплоизоляционных конструкций при реконструкции тепловых сетей необходимо производить с учетом типов прокладки теплопроводов, расположения и условий эксплуатации изолированных объектов, а также условий монтажа тепловой изоляции. Тепловую изоляцию трубопроводов тепловых сетей,

арматуры, фланцевых соединений, компенсаторов и опор труб используют при всех способах прокладки независимо от температуры теплоносителя.

Теплоизоляционные конструкции характеризуются плотностью основного теплоизоляционного слоя, предельной температурой применения и теплопроводностью, в зависимости от которой определяют толщину изоляции. При расчете тепловых сетей толщину тепловой изоляции находят исходя из норм потерь теплоты, заданного перепада температур на участке тепловой сети, допустимой температуры на поверхности конструкции и технико-экономического расчета. В задачу теплового расчета входят: определение тепловых потерь через трубопроводы и изоляцию в окружающую среду, выбор толщины тепловой изоляции теплопроводов, расчет падения температуры теплоносителя при движении его по теплопроводу, расчет температурного поля вокруг теплопровода.

При надземной прокладке тепловые потери, Вт/м, определяют по формуле

$$q = (\tau_в - t_н)/R, \qquad (2.36)$$

где $\tau_в$ — средняя температура теплоносителя, °С; $t_н$ — температура окружающей среды °С; R — суммарное термическое сопротивление, °С/(Вт/м).

Суммарное термическое сопротивление равно арифметической сумме последовательно соединенных сопротивлений

$$R = R_в + R_{тр} + R_и + R_н, \qquad (2.37)$$

где $R_в$, $R_{тр}$, $R_и$ и $R_н$ — термические сопротивления соответственно внутренней поверхности трубы, стенки трубы, слоя изоляции и наружной поверхности изоляции.

Термическое сопротивление теплоотдачи от теплоносителя к трубопроводу и термическое сопротивление стенки стального трубопровода весьма малы по сравнению с термическим сопротивлением изоляции, поэтому в практических расчетах ими можно пренебречь.

Термическое сопротивление слоя тепловой изоляции

$$R_и = \frac{1}{2\pi\lambda_и} \ln \frac{d_н}{d_в}, \qquad (2.38)$$

где $\lambda_и$ — теплопроводность слоя изоляции, Вт/(м·°С); $d_н$ и $d_в$ — наружный и внутренний диаметры слоя изоляции, м.

Термическое сопротивление наружной поверхности трубы

$$R_{\text{п}} = (\alpha_{\text{н}} \pi d_{\text{п}})^{-1}, \qquad (2.39)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции в окружающую среду, Вт/(м²·°С).

Поскольку термическое сопротивление от наружной поверхности тепловой изоляции к воздуху также невелико по сравнению с термическим сопротивлением тепловой изоляции, поэтому для практических расчетов можно пользоваться упрощенной формулой

$$\alpha_{\text{н}} = 11{,}6 + 7\sqrt{\omega}, \qquad (2.40)$$

где ω — скорость движения воздуха, м/с.

При подземной прокладке в качестве одного из последовательно включенных термических сопротивлений участвует термическое сопротивление грунта, которое может быть определено по формуле Форхгеймера

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln\left[2\frac{h}{d_{\text{н}}} + \sqrt{\left(\frac{2h}{d_{\text{н}}}\right)^2 - 1}\right], \qquad (2.41)$$

где $\lambda_{\text{гр}}$ — теплопроводность грунта, Вт/(м·°С); $d_{\text{н}}$ — наружный диаметр изоляции, мм; h — глубина заложения оси трубопровода, м.

В случаях когда $h/d_{\text{н}} > 2$, термическое сопротивление грунта может быть определено по упрощенной формуле

$$R_{\text{гр}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln\frac{4h}{d_{\text{н}}}. \qquad (2.42)$$

При небольшой глубине заложения подземных теплопроводов ($h/d_{\text{н}} < 2$) температура поверхности грунта над теплопроводом может отличаться от ее естественной температуры. В этом случае термическое сопротивление грунта определяют по приведенной глубине заложения оси теплопровода

$$h_{\text{п}} = h + h_{\text{ф}},$$

где $h_{\text{ф}}$ — толщина фиктивного слоя, м

$$h_{\text{ф}} = \lambda_{\text{гр}}/\alpha,$$

где α — коэффициент теплоотдачи на поверхности грунта.

При бесканальной прокладке однотрубных теплопроводов суммарное термическое сопротивление

$$R = R_{и} + R_{гр}. \qquad (2.43)$$

Теплопотери многотрубной бесканальной прокладки рассчитывают по методу Е. П. Шубина, который учитывает взаимное влияние соседних труб условным дополнительным термическим сопротивлением R_0. При бесканальном двухтрубном теплопроводе это сопротивление определяют по формуле

$$R_0 = \frac{1}{2\pi\lambda_{гр}} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{b}\right)^2}, \qquad (2.44)$$

где b — горизонтальное расстояние между осями труб, м.

Теплопотери подающего трубопровода, Вт/м,

$$q_1 = \frac{(\tau_1 - t_0) R_2 - (\tau_2 - t_0) R_0}{R_1 R_2 - R_0^2}. \qquad (2.45)$$

Теплопотери обратного трубопровода

$$q_2 = \frac{(\tau_2 - t_0) R_1 - (\tau_1 - t_0) R_0}{R_1 R_2 - R_0^2}, \qquad (2.46)$$

где τ_1 и τ_2 — температура теплоносителя, соответственно подающего и обратного трубопровода, °С; t_0 — естественная температура грунта, °С; R_1 — суммарное термическое сопротивление подающего трубопровода $R_1 = R_{и_1} + R_{гр}$; R_2 — то же обратного трубопровода, $R_2 = R_{и_2} + R_{гр}$.

При прокладке однотрубных теплопроводов в каналах суммарное термическое сопротивление

$$R = R_{и} + R_{в} + R_{п.к} + R_{к} + R_{гр}, \qquad (2.47)$$

где $R_{и}$, $R_{в}$, $R_{п.к}$, $R_{к}$, $R_{гр}$ — термические сопротивления соответственно слоя изоляции, наружной поверхности изоляции, внутренней поверхности канала, стенок канала, грунта.

Поскольку каналы имеют прямоугольное сечение, для расчета термического сопротивления канала и грунта используется эквивалентный диаметр

$$d_э = 4F/P, \qquad (2.48)$$

где F — площадь поперечного сечения канала м²; P — периметр канала, м.

Составляют уравнение теплового баланса исходя из того, что количество теплоты, подведенной от теп-

лоносителя в канал, равно количеству теплоты, отведенной из канала в грунт:

$$\frac{\tau_в - t_к}{R_и + R_п} = \frac{t_к - t_0}{R_{п\,к} + R_к + R_{гр}}, \qquad (2.49)$$

где $t_к$ — температура воздуха в канале, °С; t_0 — температура грунта на глубине заложения оси теплопровода, °С.

Температуру воздуха в канале определяют по формуле

$$t_к = \frac{\dfrac{\tau}{R_и + R_п} + \dfrac{t_0}{R_{п.к} + R_к + R_{гр}}}{\dfrac{1}{R_и + R_н} + \dfrac{1}{R_{п.к} + R_к + R_{гр}}}. \qquad (2.50)$$

Тепловые потери однотрубного канального теплопровода

$$q = (\tau_в - t_к)/(R_и + R_н). \qquad (2.51)$$

При расчете нескольких теплопроводов, проложенных в канале, уравнение теплового баланса будет иметь следующий вид:

$$\frac{\tau_1 - t_к}{R_1} + \frac{\tau_2 - t_к}{R_2} + \ldots + \frac{\tau_п - t_к}{R_п} = \frac{t_к - t_0}{R_{к-0}}, \qquad (2.52)$$

откуда температура воздуха в канале

$$t_к = \frac{\dfrac{\tau_1}{R_1} + \dfrac{\tau_2}{R_2} + \ldots + \dfrac{\tau_п}{R_п} + \dfrac{t_0}{R_{к-0}}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \ldots + \dfrac{1}{R_п} + \dfrac{1}{R_{к-0}}}. \qquad (2.53)$$

Зная температуру воздуха в канале, можно найти теплопотери каждого теплопровода. Суммарные тепловые потери теплопроводов складываются из линейных и местных:

$$Q_{сум} = Q_л + Q_м = ql + ql_э = ql\,(1 + \beta), \qquad (2.54)$$

где $l_э$ — эквивалентная длина, м; $\beta = l_э/l$ — коэффициент местных сопротивлений (для предварительных расчетов можно принимать $\beta = 0{,}2 \div 0{,}3$).

Толщину теплоизоляционного слоя выбирают на основе технико-экономического расчета по минимуму приведенных затрат. Суммарные годовые приведенные затраты определяют по формуле

$$З = S_{тп} + (f + E_н)K, \qquad (2.55)$$

где $S_{тп}$ — стоимость тепловых потерь; $S_{тп} = (1+\beta)qZ$ (2.56); Z —

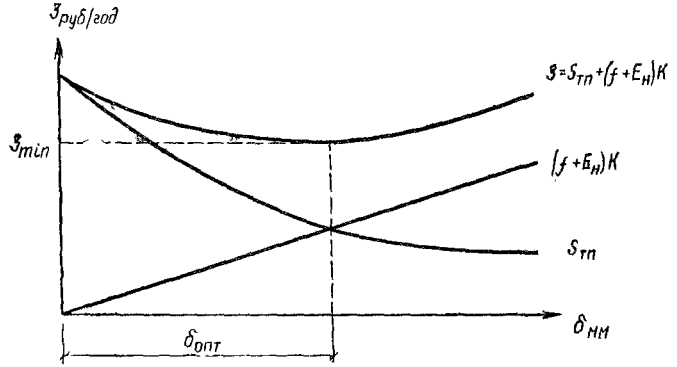


Рис 2.5 Графический метод нахождения оптимальной толщины тепловой изоляции

стоимость единицы теплоты; K — стоимость тепло- и гидроизоляции 1 м трубопровода;

$$K = C_{и} V + C_{г.с} П, \qquad (2.57)$$

где $C_{и}$ — стоимость единицы объема тепловой изоляции, руб/м^3; V — объем тепловой изоляции 1 м трубопровода, м^3; $C_{г.с.}$ — стоимость единицы поверхности гидроизоляционного слоя, руб/м^2; П — площадь поверхности гидроизоляции одного погонного метра трубопровода, м^2; $E_{н}$ — нормативный коэффициент эффективности в строительстве; f — доля ежегодных отчислений.

Задачу о нахождении оптимальной толщины тепловой изоляции теплопроводов можно решить графически (рис. 2.5). Для двухтрубного трубопровода задача нахождения экономической толщины для подающего и обратного трубопроводов может быть решена методом последовательных приближений. На первом этапе полагаем, что обратный теплопровод не имеет теплоизоляции. Исходя из этого подбираем оптимальную толщину тепловой изоляции подающего теплопровода. На следующем этапе подбираем оптимальную толщину тепловой изоляции обратного трубопровода (при предварительно выбранной толщине тепловой изоляции подающего трубопровода). На третьем этапе находим окончательное значение оптимальной толщины тепловой изоляции подающего трубопровода (при выбранной толщине тепловой изоляции обратного трубопровода). При надземной прокладке водных тепловых сетей и при прокладке

их в тоннелях и коллекторах предельную толщину тепловой изоляции в зависимости от условного прохода трубопроводов (25—1400 мм) принимают 70—200 мм, а для прокладки в непроходимых каналах — 60—120 мм. Предельная толщина тепловой изоляции при бесканальных прокладках не нормируется.

При определении толщины основного слоя теплоизоляционной конструкции по нормам потерь теплоты или на основе технико-экономических расчетов за расчетную температуру теплоносителя для водяных сетей принимают среднюю за год температуру воды. За расчетную температуру окружающей среды при этом принимают: а) в тоннелях — 40 °С; б) для надземной прокладки — среднюю за год температуру наружного воздуха; в) для подземной прокладки в непроходимых каналах или бесканальной — среднюю за год температуру грунта на глубине заложения оси трубопровода.

Условия работы теплоизоляционных конструкций подземных теплопроводов, укладываемых в непроходимых каналах и особенно бесканальным способом, крайне неблагоприятны, поскольку они характеризуются переменным температурно-влажностным режимом окружающей среды и другими явлениями. Ввиду этого теплоизоляционные материалы и конструкции должны удовлетворять целому ряду требований.

Конструкции должны иметь низкую плотность и высокие теплоизоляционные свойства. Теплопроводность не должна резко увеличиваться в процессе эксплуатации (от измерения структуры материала или его увлажнения) и превышать для надземной прокладки, прокладки в непроходимых каналах, тоннелях и коллекторах 0,07 Вт/(м·°С) (при средней плотности до 400 кг/м^3). При бесканальной прокладке средняя плотность и теплопроводность основного слоя теплоизоляционных конструкций не нормируются.

Материалы должны обладать высокой температуроустойчивостью и не терять своих свойств при длительной эксплуатации. Они должны обладать малой величиной водопоглощения и иметь небольшую высоту капиллярного подъема влаги, гидрофобность (свойство поверхностного водоотталкивания), малую коррозионную активность, высокое омическое сопро-

тивление. Материалы и конструкции должны быть огнестойкими и биостойкими, быть недефицитными, трансфортабельными и позволить проводить монтаж индустриальным методом.

Конструкция тепловой изоляции состоит из основного теплоизоляционного слоя, наружного защитного покрытия и креплений. Основной теплоизоляционный слой обеспечивает защиту изолируемой поверхности от потерь теплоты. Наружное защитное покрытие предохраняет основной теплоизоляционный слой от механических повреждений, увлажнений, воздействия агрессивных сред и т. д. Оно должно быть прочным, монолитным, без трещин. В зависимости от способа и места прокладки тепловых сетей наружное защитное покрытие выполняют из различных материалов.

При подземной прокладке в непроходимых каналах рекомендуется применять рулонный стеклопластик. Допускается применять стеклотекстолит конструкционный, стеклопластик марки ФСП, стеклорубероид, полуцилиндры асбестоцементные, асбестоцементную штукатурку по металлической сетке и другие материалы. При подземной бесканальной прокладке с изоляцией битумоперлитом, битумокерамзитом и битумовермикулитом применяют полимерную оболочку из полиэтилена высокого давления, а также ленту поливинилхлоридную липкую ПВХ или изол или бризол в два слоя по битумной мастике.

При бесканальной прокладке с изоляцией труб автоклавным пенобетоном первый гидроизоляционный слой делают из изола (2—3 слоя) на изольной мастике и второй защитный слой из асбестоцементной штукатурки по металлической сетке. При надземной прокладке в качестве защитного слоя используют листы и ленты из алюминия и алюминиевых сплавов или сталь оцинкованную и тонколистовую.

Детали крепления служат для плотного прилегания тепловой изоляции к изолируемой поверхности. В качестве крепежных изделий применяют металлические сетки, проволочные кольца и прошивки, бандажи из полосовой стали и др. Для обеспечения долговечности подвесной изоляции детали ее крепления к трубопроводу должны иметь антикоррозионное

покрытие (оцинкованное, кадмированное) или быть изготовлены из коррозионно-стойких материалов.

Конструкции тепловой изоляции можно разбить на несколько видов: засыпные, мастичные, подвесные, оберточные, монолитные. *Засыпные* (набивные) конструкции тепловой изоляции наиболее простые и дешевые. Их изготовляют из сыпучих, волокнистых или порошкообразных изоляционных материалов, засыпаемых в пространство между изолируемой поверхностью и ограждающей стенкой. В процессе эксплуатации большинство засыпных (набивных) конструкций могут легко увлажняться и слеживаться, поэтому они находят ограниченное применение в практике строительства тепловых сетей.

Мастичные конструкции выполняют из мастик, изготовленных из порошкообразных или волокнистых материалов. При этом способе теплоизоляционную мастику накладывают несколькими слоями по 10—15 мм на горячий трубопровод по мере высыхания предшествующего слоя. Высыхание каждого последующего слоя происходит все медленнее, в результате чего процесс изоляции занимает много времени. Кроме того, он требует большого количества ручного малопроизводительного труда. В силу этого мастичные конструкции тепловой изоляции находят крайне ограниченное применение, например при ремонтных работах в помещениях и в проходных каналах, на коротких участках труб малого диаметра, подверженных сотрясениям и вибрациям, или на участках с большим количеством фасонных частей и арматуры.

Подвесные теплоизоляционные конструкции выполняют из жестких или мягких формованных изделий заводского изготовления — полуцилиндров, сегментов, матов и др. Эти элементы закрепляют на трубах по слою мастик или насухо с помощью проволочной стяжки.

Оберточная изоляция состоит из прошивных матов в обкладках и без обкладок или из мягких плит на синтетической связке. Маты с обкладками прошивают мягкой отожженной проволокой или стеклонитью. На трубопроводах маты закрепляют проволочной скруткой и дополнительно сшивают продольными и поперечными швами по наружной обкладке. Оберточная изоляция широко применяется для ар-

Таблица 2.28. Основные теплоизоляционные материалы и изделия для тепловых сетей

Материалы и изделия	ГОСТы, технические условия	Применение при	
		условном проходе трубопроводе, мм	максимальной температуре теплоносителя, °С
I. Для подземной прокладки в непроходимых каналах и тоннелях и для надземной прокладки			
Ровинг (жгут) из стеклянных комплексных нитей	ГОСТ 17139—79*	До 50	440
Полотно холсто-прошивное из отходов стеклянного волокна	ТУ 6—11—454—77	До 50	440 (в непроходимых каналах до 350)
Шнуры теплоизоляционные из минеральной ваты в оплетке из нити стеклянной	ТУ 36—1695—79	50—100	440 (в непроходимых каналах до 350)
Маты из стеклянного штапельного волокна в рулонах	ГОСТ 10499—78	50—400	180
Плиты теплоизоляционные из минеральной ваты на синтетическом связующем марок 75 и 125	ГОСТ 9573—82	100—1400	400 (в непроходимых каналах до 350)
Маты минераловатные прошивные с покровным материалом из стеклоткани	ГОСТ 21880—86	250—1400	400
Маты минераловатные прошивные с покровным материалом из металлической сетки	ГОСТ 21880—86	250—1400	440 (в проходимых каналах до 350)
Плиты из стеклянного штапельного волокна полужесткие, технические	ГОСТ 10499—78	500—1400	180
II. Для надземной прокладки и подземной в тоннелях			
Изделия из пенопласта ФРП—1 и резопена группы 75 (полуцилиндры, сегменты)	ГОСТ 22546—77*	40—1000	130
Изделия из пенопласта ФРП—1 и резопена группы 100 (полуцилиндры, сегменты)	ГОСТ 22546—77*	40—1000	150

Двухслойная теплоизоляция: первый слой — изделия теплоизоляционные перлитоцементные (полуцилиндры, сегменты) второй слой — маты минераловатные прошивные с покровным материалом из металлической сетки	ГОСТ 18109—80 ГОСТ 21880—86	50—400	401—440
Двухслойная теплоизоляция: первый слой — изделия теплоизоляционные известково-кремнеземистые второй слой — маты минераловатные прошивные с покровными материалом из металлической сетки	ГОСТ 24748—81 ГОСТ 21880—86	100—1200	401—440
Сегменты, нарезанные из плит теплоизоляционных вулканитовых	ГОСТ 10179—74	150—1400	440

III Для подземной бесканальной прокладки

Битумоперлит	ТУ 480—2—1—84 ТУ 66—16—148—78 ТУ 400—2—131—75	До 400	130 (150 при качественном регулировании отпуска теплоты)
Битумокерамзит	ТУ 102—8—76 ТУ 102—344—83	До 400	130 (150 при качественном регулировании отпуска теплоты)
Битумовермикулит	ТУ 36—2501—82 ТУ 69 РСФСР—184—82	До 400	130 (150 при качественном регулировании отпуска теплоты)

Продолжение табл. 2.28

Материалы и изделия	ГОСТы, технические условия	Применение при	
		условном проходе трубопровода, мм	максимальной температуре теплоносителя, °С
Пенополиуретан	ВСН 426—85 ОСТ 6—05—455—82	100—400	120
Пенополимербетон	ВТУ 1/82МЭЭ СССР	100—400	150
Фенольный поропласт ФЛ	ТУ 401—01—(1—6)—83	—	150
Армопенобетон	ТУ 401—29—29—75 ТУ 400—1—456—79	150—800	150

Таблица 2.29. Конструкции теплоизоляционные полносборные и комплектные для тепловых сетей по ТУ 36—1180—85

Конструкции	Применение при	
	условном проходе трубопроводов, мм	максимальной температуре теплоносителя, °С
I. Для подземной прокладки в непроходных каналах и тоннелях		
Конструкции теплоизоляционные из полотна холстопрошивного ХПС с защитным покрытием из армопластмассовых материалов или стеклопластика рулонного	25—70	400 (в непроходных каналах до 350)

Конструкции теплоизоляционные из матов из стеклянного штапельного волокна с защитным покрытием из армопластмассовых материалов и стеклопластика рулонного	50—300	180
Конструкции теплоизоляционные из матов минераловатных вертикальнослоистых с защитным покрытием из армопластмассовых материалов	80—300	250
Конструкции теплоизоляционные из изделий минераловатных с защитным покрытием из армопластмассовых материалов и стеклопластика рулонного	80—300	400 (в непроходных каналах до 350)
II. Для надземной прокладки		
Конструкции теплоизоляционные из полотна холстопрошивного ХПС с защитным покрытием из ленты алюминиевой гофрированной толщиной 0,3 мм, фольги алюминиевой дублированной гофрированной, армопластмассовых материалов и стеклопластика рулонного	25—70	400
Конструкции теплоизоляционные из матов из стеклянного штапельного волокна с защитным покрытием из ленты алюминиевой гофрированной, фольги алюминиевой дублированной гофрированной, алюминиевого листа, стали оцинкованной, кровельной (армопластмассовых материалов и стеклопластика рулонного для прохода трубопроводов 50—300 мм)	50—1000	180
Конструкции теплоизоляционные из матов минераловатных вертикальнослоистых с защитным покрытием из фольги алюминиевой дублированной гофрированной и армопластмассовых материалов	80—300	250
Конструкции теплоизоляционные из изделий минераловатных с защитным покрытием из ленты алюминиевой гофрированной, фольги алюминиевой дублированной гофрированной, алюминиевого листа, стали оцинкованной, кровельной (армопластмассовых материалов и стеклопластика рулонного для условного прохода трубопроводов 50—300 мм)	80—1000	440 (от 400 до 440 следует применять конструкции полносборные с теплоизоляционным слоем из матов минераловатных прошивных в обкладке из металлической сетки)

матуры и фасонных частей теплопроводов; она удобна как съемная изоляция для фланцевых соединений.

Монолитные конструкции тепловой изоляции являются наиболее прогрессивными, так как они в наибольшей степени пригодны для организации индустриального изготовления и монтажа трубопроводов. Монолитные изоляции нанесены на трубы в основном в заводских условиях по технологии, зависящей от применяемых в каждом конкретном случае видов теплоизоляции.

При проектировании тепловых сетей следует учитывать различные специфические требования, предъявляемые к теплоизоляционным материалам и конструкциям, выбирать наиболее прогрессивные из них, обеспечивающие производство теплоизоляционных работ скоростными и индустриальными методами. Правильный выбор теплоизоляционных материалов и конструкций и высокое качество теплоизоляционных работ повышают надежность и долговечность тепловых сетей в эксплуатационных режимах. Теплоизоляционные материалы и изделия, применяемые для тепловой изоляции тепловых сетей, приведены в табл. 2.28. Для тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей, как правило, следует предусматривать полносборные и комплектные теплоизоляционные конструкции заводского изготовления, а также трубы с тепловой изоляцией полной заводской готовности. Перечень теплоизоляционных полносборных конструкций приведен в табл. 2.29.

§ 2.12. Выбор строительных конструкций

Применяемые при реконструкции водяных тепловых сетей строительные конструкции должны быть экономичными, долговечными, обеспечивать минимальные тепловые потери в сетях, обладать индустриальностью при сооружении, не требовать больших материальных и трудовых затрат при эксплуатации. Существующие конструкции теплопроводов имеют свои особенности, которые определяют области их применения. Поэтому при реконструкции важное значение имеет правильный их выбор в зависимости от местных конкретных условий.

При выборе конструкций реконструируемых тепло-

проводов необходимо учитывать: гидрогеологические условия трассы, условия расположения трассы на городской территории, условия реконструкции, эксплуатационные условия, а также возможность использования местных материалов и конструкций. Наиболее существенное значение для выбора конструкций теплопроводов имеют гидрогеологические условия трассы, поэтому они должны быть тщательно изучены и уточнены. Строительные конструкции тепловых сетей при реконструкции, как правило, сборные из унифицированных железобетонных и бетонных элементов. При расчете строительных конструкций тепловых сетей следует учитывать нагрузки, возникающие при их возведении, эксплуатации и испытаниях трубопроводов.

В настоящее время большинство строящихся теплопроводов прокладывают в непроходных железобетонных каналах. В начале развития теплофикации в период строительства первых тепловых сетей наиболее совершенными конструкциями непроходных каналов являлись: арочный двухъярусный канал конструкции инж. Гинтера и аналогичный канал Мостеплосетьстроя, в котором вместо сложного профильного основания было принято плоское, а теплопроводы располагались на высоких опорах. В последующем теплосетью Мосэнерго был разработан железобетонный полуцилиндрический канал, позволяющий снизить расход цемента и упростить конструкцию канала. Вместо кареток стали применять скользящие опоры на железобетонных подушках.

Наиболее современным типом сводчатого сборного железобетонного канала является конструкция, разработанная Мосинжпроектом (по аналогии с конструкцией теплосети Мосэнерго) и состоящая из сборных полуциркулярных сводов и опорных рам (днища). Эти каналы предназначены для труб диаметром 50—500 мм. Сводчатые каналы находили применение при строительстве тепловых сетей в Москве. По расходу материалов сводчатые железобетонные каналы по сравнению с каналами прямоугольного сечения являются более экономичными. Однако изготовление сводов требовало применения довольно сложных металлических форм и специальной завод-

ской технологии. Кроме того, своды более подвержены повреждению при перевозке и монтаже.

Затем широкое применение нашли каналы с кирпичными стенками, а также из бетонных или железобетонных блоков. В этих каналах стены выполнены из сборных бетонных блоков или кирпича, днище — из бетонных плит или монолитного бетона. Каналы перекрываются плоскими сборными железобетонными плитами. Высота каналов в свету 190—1060 мм, ширина 250—1800 мм. В конце 50-х годов стали прокладывать различные сборные железобетонные каналы заводского изготовления, как, например, конструкции, предложенные Мосэнергопроектом, Мосинжпроектом и другими организациями, в том числе непроходные каналы со стеновыми блоками таврового сечения, с применением вибропрокатных панелей или рамного типа в виде лотка.

Каналы, разработанные Харьковским отделением Промстройпроекта, в 1963 г. были утверждены Госстроем СССР в качестве типовых (серия ИС-01-04) унифицированных сборных железобетонных непроходных каналов. По конструкции каналы разделялись на два типа. Первый тип собирался из лотковых элементов и обозначался марками КЛ и КЛс. Каналы марки КЛ собирались из лотковых элементов и перекрывались плоскими плитами. Каналы марки КЛс монтировались из лотковых элементов, уложенных друг на друга. Второй тип каналов собирался из сборных железобетонных плит и обозначался маркой КС. При монтаже каналов этого типа сборные стеновые панели устанавливали в пазы сборных плит днища, замоноличивали бетоном М300 на мелком щебне и перекрывали плоскими плитами перекрытий.

В 1979 г. Госстроем СССР утверждены и введены в действие новые сборные железобетонные каналы и тоннели из лотковых элементов, разработанные Харьковским институтом Промстройпроект совместно с ЦНИИПромзданий при участии НИИЖБа Госстроя СССР (серия 3.006-2) (рис. 2.6). Настоящая серия включает в себя типы сборных железобетонных каналов и тоннелей из лотковых элементов, предназначенных для прокладки трубопроводов различного назначения, электрокабелей и электрошин. Предусмат-

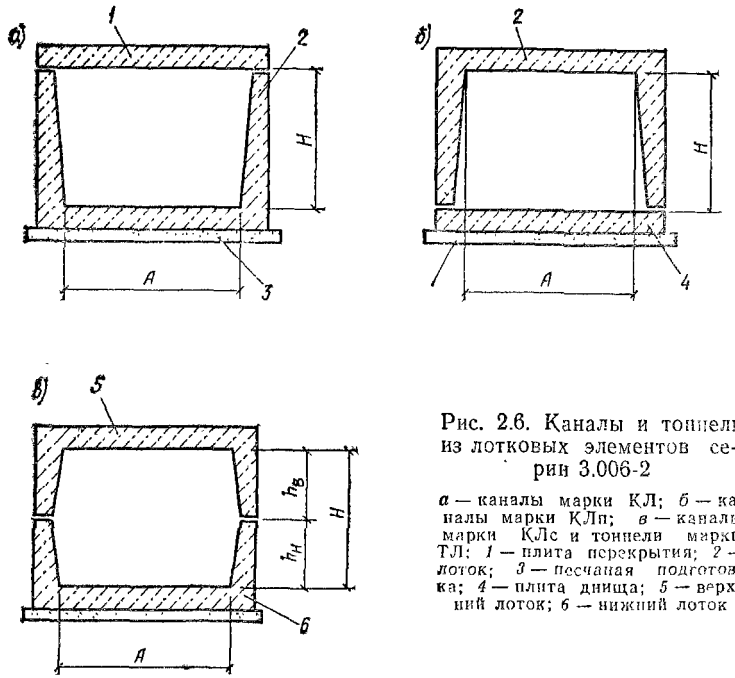


Рис. 2.6. Каналы и тоннели из лотковых элементов серии 3.006-2

а — каналы марки КЛ; *б* — каналы марки КЛп; *в* — каналы марки КЛс и тоннели марки ТЛ: *1* — плита перекрытия; *2* — лоток; *3* — песчаная подготовка; *4* — плита днища; *5* — верхний лоток; *6* — нижний лоток

ривается также применение тоннелей и в качестве подземных галерей и пешеходных переходов. Разработанные в настоящей серии подземные сооружения при высоте до 1500 мм включительно отнесены к каналам, а при высоте в чистоте 1800 мм и более — к тоннелям.

Маркировка каналов и тоннелей принята буквами и цифрами, определяющими вид конструкций, геометрические размеры и величину расчетной вертикальной равномерно распределенной эквивалентной нагрузки в уровне перекрытия. Буквами «КЛ» обозначены каналы из лотковых элементов, перекрываемых плоскими съемными плитами; буквами «КЛп» — канал из лотковых элементов, опирающихся на плиты; буквами «КЛс» — составные каналы из верхних и нижних лотковых элементов; буквами «ТЛ» — тоннели из нижних и верхних лотковых элементов. Для многосекционных каналов и тоннелей

Таблица 2.30. Габаритные размеры каналов серии 3.006—2, мм

Марка канала	A	H	Марка канала	A	H	$h_н$	$b_в$
КЛ КЛп	300, 450, 600	300	КЛс	900	900	450	450
	600, 900, 1200, 1500	450			1200	600	600
	600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100	600		1200	900	450	450
					1200	600	600
	900, 1200, 1500				1500	600	900
	1800, 2100, 2400, 3000	900			900	450	450
	900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400, 3000	1200		1500	1200	600	600
				1800	1200	600	600
	1500, 1800, 2100, 2400, 3000	1500		2100	1200	600	600

Таблица 2.31. Габаритные размеры тоннелей серии 3.006—2, мм

Марка тоннеля	A	H	$h_н$	$h_в$	Марка тоннеля	A	H	$h_н$	$h_в$
ТЛ	1500	1800	900	900	ТЛ	2400	2100	1500	600
		1800	600	1200			2100	600	1500
		1800	1200	600			2400	1200	1200
		2100	600	1500			3000	1500	1500
		2100	1500	600			1800	800	900
	1800	1800	900	900			1800	600	1200
		1800	600	1200			1800	1200	600
		1800	1200	600		3000	2100	600	1500
		2100	600	1500			2100	1500	600
		2100	1500	600			2400	1200	1200
		1800	900	900			3000	1500	1500
		1800	600	1200			1800	900	900
		1800	1200	600			2100	600	1500
	2100	2100	600	1500			2100	1500	600
		2100	1500	600		3600	2100	900	1200
		2400	1200	1200			2100	1200	900
		1800	900	900			2400	1200	1200
	2400	1800	600	1200			3000	1500	1500
		1800	1200	60					

цифра перед буквами определяет число секций. Габаритные размеры приведены в табл. 2.30, а тоннелей — в табл. 2.31.

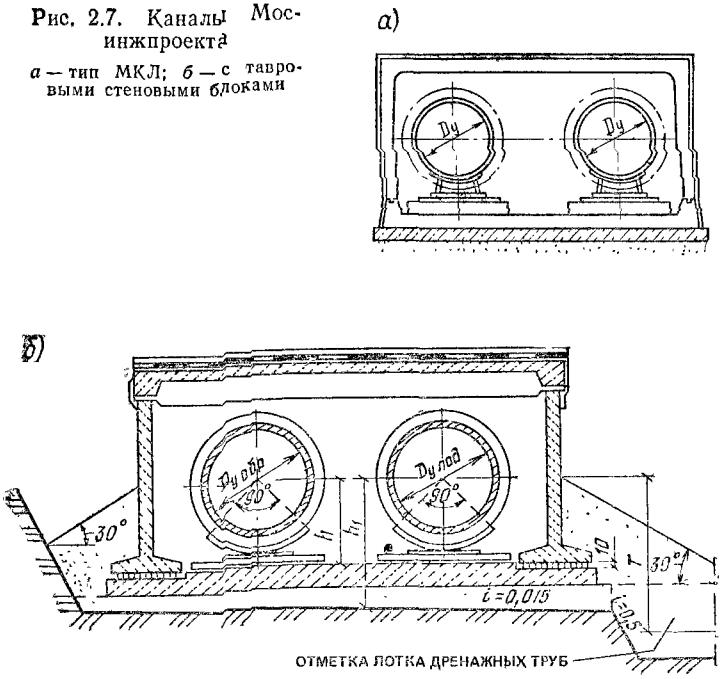
Для прокладки тепловых сетей рекомендуется применять каналы марки КЛп. Каналы марок КЛ и КЛс затрудняют производство монтажно-сварочных работ, так как стенки лотков преграждают сварщику свободный доступ к трубопроводам. При таких условиях выполнить качественную сварку поверхностных участков труб трудно, а неповоротных — невозможно. Стенки канала препятствуют приварке корпусов скользящих опор и не позволяют контролировать правильность их установки, а также размещения опорных подушек. Большие неудобства создаются при выполнении подвесной теплоизоляции на трубопроводах, уложенных в лотковых каналах. Особенно это относится к выполнению теплоизоляции в нижней части изолируемых труб.

Для отвода случайных вод днищу каналов и тоннелей придается продольный уклон не менее 0,002. Вода отводится в приямки, располагаемые в камерах, местах уширений либо на линейных участках трассы. Расстояние между приямками не должно превышать 100—150 м. Вода из приямков отводится в канализацию. В подземных каналах и тоннелях не более чем через 50 м необходимо устраивать деформационные швы. В тоннелях должны быть предусмотрены выходы и монтажные проемы, расстояния между выходами принимаются не более 200 м.

Может быть рекомендована также конструкция железобетонного канала типа МКЛ, разработанная Мосинжпроектом для труб диаметром 50—1400 мм (рис. 2.7). В табл. 2.32 приведены основные показатели каналов этой конструкции. От предыдущих конструкций она отличается тем, что корытообразную часть устанавливают сверху после того, как на днище канала уже выполнены монтажно-сварочные и изоляционные работы. Это конструкция, аналогичная применявшейся ранее в Москве конструкции непроходных прямоугольных каналов из сборных железобетонных рамных элементов, в которых плоские днища заменены [illegible] элементами с короткими вертикальными [illegible]ами. Эта конструкция вошла в Каталог

Рис. 2.7. Каналы Мосинжпроекта

а — тип МКЛ; *б* — с тавровыми стеновыми блоками



унифицированных индустриальных изделий для строительства в Москве.

Мосинжпроектом разработаны каналы с тавровыми стеновыми блоками для труб диаметром 800—1200 мм. В табл. 2.33 и на рис. 2.7, *б* приведены основные параметры каналов. При строительстве тепловых сетей для сооружения каналов при пересечении автомобильных и городских дорог используют железобетонные безнапорные трубы диаметром 2 и 2,5 м. В настоящее время применяют также железобетонные трубы с плоским основанием, разработанные Мосинжпроектом (альбом ПС-86).

Для строительства тоннелей и коллекторов используют сборные железобетонные конструкции серии 3.006-3 (рис. 2.8), разработанные Мосинжпроектом совместно с ЦНИИпромзданий при участии НИИЖБа Госстроя СССР. Эта серия включает следующие типы тоннелей: а) односекционные с приме-

Таблица 2.32. Основные размеры и расход материалов для каналов МКЛ

Марка канала	Условный диаметр труб $D_у$, мм	Размеры, мм (см. рис. 2.7 *а*)						Объем железобетона ВЗО на 1 м канала, м³
		А	*Б*	*Г*	*Н*	*В*	*Е*	
МКЛ-1	50—100	970	1090	555	715	80	80	0,245
МКЛ-2	125—200	1320	1470	705	865	80	80	0,345
МКЛ-4	250—400	1920	2100	905	1115	100	100	0,610
МКЛ-6	500—600	2410	2620	1105	1355	1200	130	0,885
МКЛ-8	700—800	2770	3060	1380	1640	120	140	1,13
МКЛ-10	900—1000	3190	3510	1580	1880	140	160	1,46
МКЛ-12	1000—1200	3600	3980	1785	2125	160	180	1,86
МКЛ-14	1400	4160	4580	2080	2505	200	230	2,67

Таблица 2.33. Основные размеры и расход железобетона для каналов с тавровыми стеновыми блоками (см. рис. 2.7 б)

Условный диаметр труб $D_у$, мм	Размеры, мм						Объем железобетона В20 на 1 м канала, м³
	А	*Б*	*Г*	*Н*	*b*	*h*	
800	2720	3550	1560	2020	1400	860	1,80
900	3120	3850	1560	2060	1620	950	1,91
1000	3120	3850	1830	2320	1670	1000	2,06
1200	3450	4250	1830	2380	1860	1170	2,17

нением уголковых элементов шириной 1,5; 1,8; 2,1; 2,4; 3; 4,2 4,8 м и высотой 2,1; 2,4; 3; 3,6 м; б) двухсекционные с применением уголковых элементов с размерами каждой секции шириной 2,4; 3; 4,2; 4,8 м и высотой 2,4; 3; 3,6 м; в) односекционные с применением объемных элементов шириной 1,5; 1,8; 2,1; 2,4 3 и высотой 2,1; 2,4; 3 м; г) двухсекционные с применением объемных элементов из соответствующих односекционных тоннелей.

Тоннели должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, которая должна обеспечивать как в зимнее, так и в летнее время температуру воздуха в тоннелях не выше 50 °С, а на время производства ремонтных работ — не выше 33 °С. Снижение температуры воздуха в тоннелях до 33 °С на период ремонтных работ допускается предусматривать с помощью мобильных передвижных вентиляционных установок. Вентиляционные шахты совмещают с входами в тоннели. Расстояние между приточными и вытяжными шахтами определяют расчетом.

Камеры тепловых сетей устраивают по трассе для установки оборудования теплопроводов (задвижек, сальниковых компенсаторов, дренажных и воздушных устройств, контрольно-измерительных приборов и др.), требующего постоянного осмотра и обслуживания в процессе эксплуатации. Кроме того, в камерах обычно устраивают ответвления к потребителям и неподвижные опоры. Переходы труб одного диаметра к трубам другого диаметра также должны находиться в пределах камер. Один из вариантов камеры показан на рис. 2.9. Всем камерам (узлам ответв-

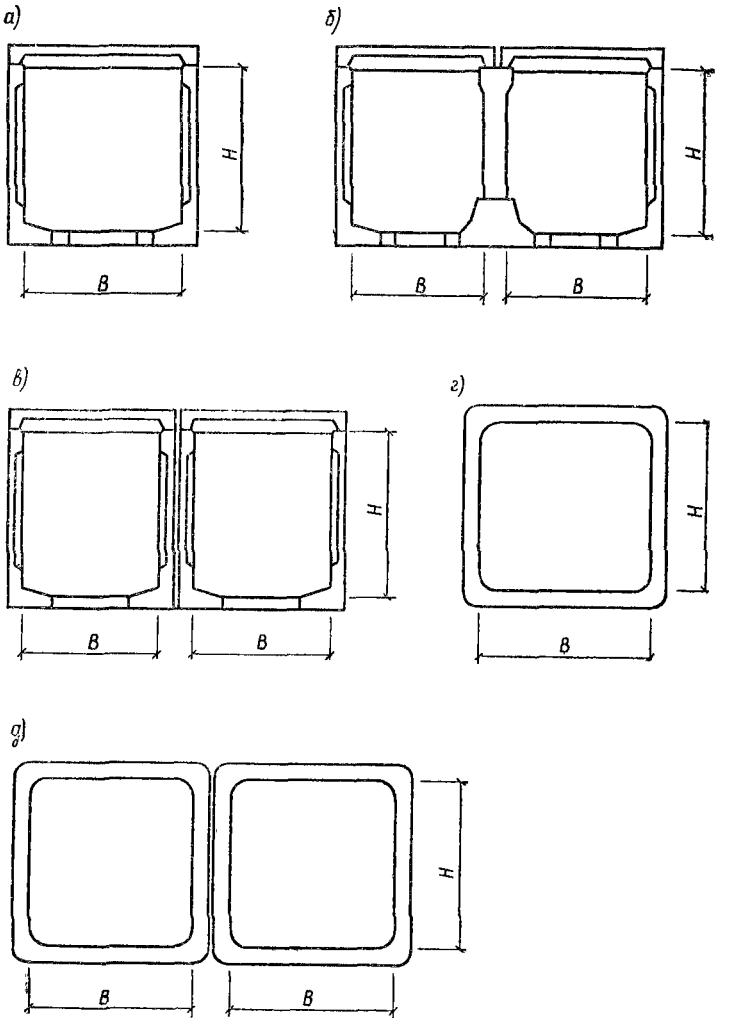


Рис. 2.8. Сборные железобетонные конструкции тоннелей

а — односекционные с применением уголковых элементов; *б* и *в* — двухсекционные с применением уголковых элементов; *г* — односекционные с применением объемных элементов; *д* — двухсекционные с применением объемных элементов

лений) по трассе тепловой сети присваивают эксплуатационные номера, которыми они обозначаются на планах, схемах и пьезометрических графиках.

Размещаемое в камерах оборудование должно быть доступно для обслуживания, что достигается обеспечением достаточных расстояний между оборудованием и между стенками камер. Высоту камер в свету выбирают не менее 1,8 м. Внутренние габариты камер в целом зависят от числа и диаметра прокладываемых труб, размеров устанавливаемого оборудования и минимальных расстояний между строительными конструкциями и оборудованием. При реконструкции водяных тепловых сетей строительную часть камер рекомендуется выполнять в основном из сборного железобетона. В настоящее время удовлетворительные конструктивные решения сборных камер получены для наиболее простых монтажных схем узлов двухтрубных теплопроводов малых и средних диаметров.

Следует отметить, что типовые сборные камеры, разработанные различными организациями и применяемые при строительстве тепловых сетей, имеют существенные конструктивные и технологические недостатки, так как трудно предусмотреть все возможные варианты узлов теплопроводов. Предпринятая попытка разработать типовые сборные железобетонные камеры тепловых сетей диаметром 50—1400 мм для большого числа монтажных схем узлов теплопроводов не привела пока к созданию конструкций, отвечающих требованиям заводского изготовления, строительства и длительной эксплуатации. При реконструкции тепловых сетей следует выбирать такие конструкции сборных камер, элементы которых могут быть выполнены заводами строительных материалов местной промышленности.

В строительстве тепловых сетей находят применение железобетонные сборные камеры размерами в плане: 1,8×1,8; 2,6×2,6; 3×3; 2,5×4; 4×4; 4×5,5; 4×7 м, высотой от 2 до 4 м (по типовому проекту 3.903-КЛ-3). Намечается выпуск унифицированных камер по типовому проекту серии 903-4-11. В тепловых сетях наибольшее применение получили сборные камеры, собираемые из железобетонных стеновых блоков и ребристых плит перекрытия коллекторов

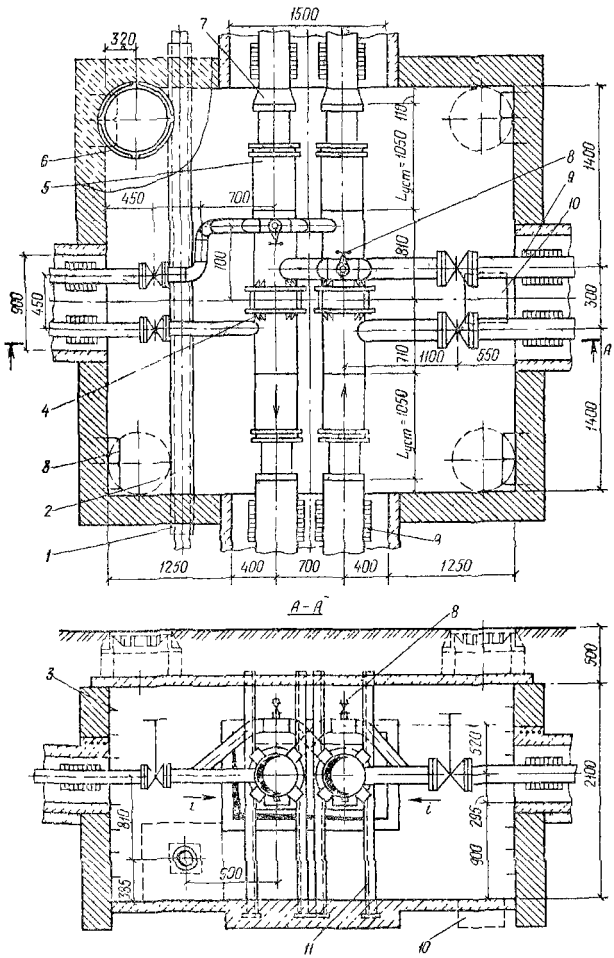


Рис. 2.9. Теплофикационная камера с двумя ответвлениями

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

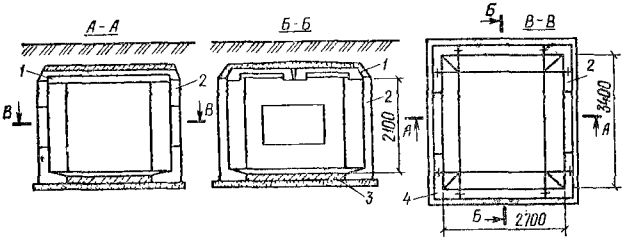


Рис. 2.10. Сборная камера из блоков коллекторов

1 — ребристый блок перекрытия; *2* — L-образный стеновой блок; *3* — бетонное днище; *4* — угловой блок

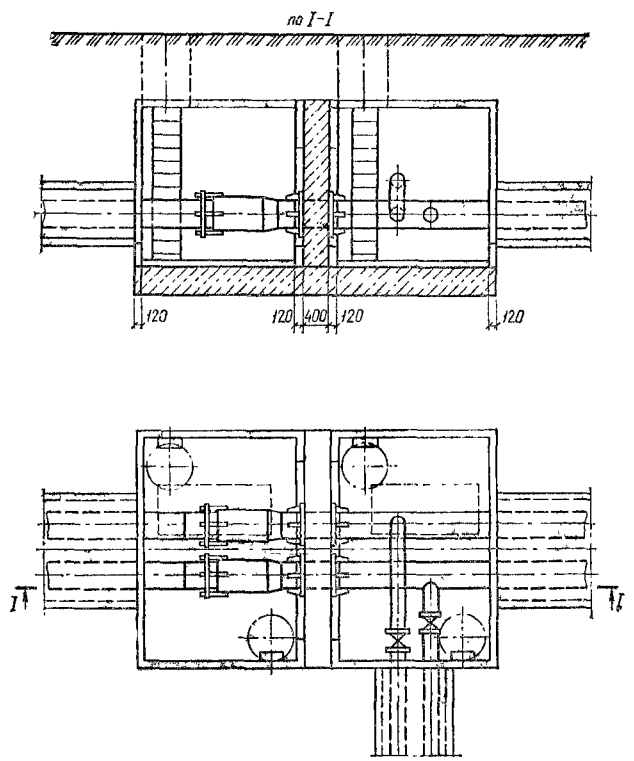


Рис. 2,11. Камера из вибропрокатных панелей

(рис. 2.10). Мосинжпроектом разработаны унифицированные камеры из сборных железобетонных вибропрокатных панелей. Камеры сооружаются из отдельных объемных элементов, собираемых на заводе из прямоугольных железобетонных плит. Между двумя смежными элементами может быть установлена неподвижная опора из монолитного железобетона (рис. 2.11).

Эстпромпроектом разработаны сборные железобетонные камеры тепловых сетей коробчатого типа размерами в плане 2,4×1,8; 2,4×3; 2,4×3,6 м, высотой 21 м (рис. 2.12). Аналогичные камеры разработаны Ленгипроинжпроектом. При реконструкции тепловых сетей небольшого диаметра камеры могут выполняться из круглых сборных железобетонных колец. Круглые плиты перекрытий имеют два отверстия для устройства смотровых люков. При реконструкции тепловых сетей полы в камерах выполняют из сборных железобетонных плит или монолитными (из бетона или железобетона). Сборные железобетонные плиты укладывают на тщательно выровненную и уплотненную подготовку из щебня толщиной 50 мм. При устройстве монолитного пола бетон слоем 100 мм укладывают на щебеночную подготовку толщиной 50 мм. В одном из углов пола камеры для сбора воды предусмотрен приямок размером не менее 400×400 мм и глубиной не менее 300 мм, перекрытый сверху съемной решеткой. Для обеспечения стока воды дно камеры делают с уклоном не менее 0,02 в сторону приямка, который для удобства откачки воды из камеры расположен под одним из люков. Из приямков камер, расположенных в нижних точках трассы, предусмотрен самоточный отвод воды в сбросовые колодцы, а из приямков других камер вода отводится с помощью передвижных насосов или непосредственно самотеком в систему канализации.

При проектировании камер необходимо соблюдать следующие условия. В перекрытиях камер должно быть не менее двух люков $D=630$ мм, расположенных по диагонали. При наличии сальниковых компенсаторов и при длине камеры до 3,5 м и наличии одного ответвления с проходом под трубами менее 1 м число люков должно быть не менее 3, при длине камеры более 3,5 м и наличии двух ответвлений — не

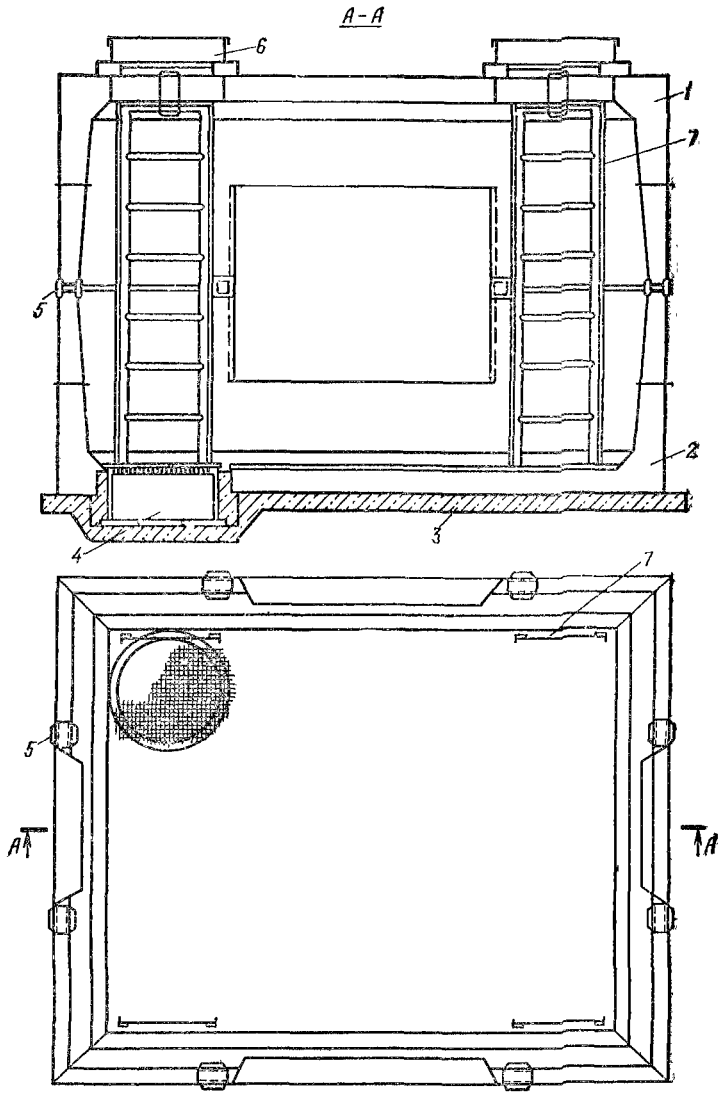


Рис. 2.12. Сборная камера из коробчатых железобетонных блоков (Эстпроект)

1 — верхний блок; *2* — нижний блок; *3* — бетонная подготовка; *4* — приямок; *5* — металлические закладные детали на сварке; *6* — люк; *7* — лестница

ную крышку и быть оборудован металлической лестницей или ходовыми скобками. Горловина люка выполняется из железобетонных колец $D=70$ мм при высоте засыпки над перекрытием камеры не более 1 м. При большой высоте засыпки над перекрытием камеры диаметр горловины устанавливается не менее 1000 мм.

На магистральных тепловых сетях диаметром 500 мм и более секционирующие задвижки с электроприводом устанавливают, как правило, в камерах, над которыми надстраивают надземные сооружения в виде павильонов. В целях исключения коррозии пусковой аппаратуры, устанавливаемой в павильоне, от воздействия влажного воздуха, попадающего из примыкающих каналов, целесообразно изолировать камеру с павильоном от этих каналов, пристроив при этом вытяжную шахту из каналов к стене павильона. Для производства ремонтных работ в павильонах должно быть предусмотрено грузоподъемное оборудование.

Для предохранения камер от проникновения грунтовых вод важное значение имеет устройство их гидроизоляционной защиты. Наружные поверхности днища и стен камер при наличии высокого уровня грунтовых вод, даже при имеющемся попутном дренаже, покрывают оклеечной гидроизоляцией из битумных рулонных материалов, число слоев которых устанавливается проектом. В условиях повышенных требований водонепроницаемости кроме наружной оклеечной гидроизоляции применяют дополнительную штукатурную цементно-песчаную гидроизоляцию внутренней поверхности, наносимую при больших объемах работ методом торкретирования.

§ 2.13. Проектирование попутного дренажа

Одним из основных условий повышения долговечности и надежности подземных тепловых сетей является защита их от затопления грунтовыми или поверхностными водами. Затопление сетей приводит к разрушению изоляции, развитию наружной коррозии трубопроводов, а также к резкому увеличению тепловых потерь. Попытка создать герметичные кон-

струкции тепловых сетей для прокладки ниже уровня грунтовых вод не дали положительных результатов по причине сложности обеспечения герметичности на большой протяженности трассы. Поэтому при проектировании подземные тепловые сети желательно располагать выше уровня грунтовых вод. Если же практически это не осуществимо, то при прокладке тепловых сетей ниже максимального уровня стояния грунтовых вод необходимо предусматривать искусственное понижение грунтовых вод — попутный дренаж, а для наружных поверхностей строительных конструкций— обмазочную битумную изоляцию. При невозможности применения попутного дренажа следует предусмотреть оклеечную гидроизоляцию из битумных рулонных материалов с защитными ограждениями на высоту, превышающую максимальный уровень грунтовых вод на 0,5 м, или другую эффективную гидроизоляцию.

Для защиты подземных тепловых сетей от поверхностных вод производят планировку поверхности земли над теплопроводами. При планировке отметки поверхности земли над теплопроводом должны несколько превышать отметки окружающего грунта. Над тепловыми сетями желательно устройство уличной одежды в виде бетонного или асфальтобетонного покрытия. В отдельных случаях при затруднениях с организацией отвода поверхностных вод в местах понижения рельефа по трассе на таких участках также возникает необходимость сооружения дренажных устройств.

Строительству дренажа предшествуют изыскательские и проектные работы с выявлением гидрогеологических условий района. Производят съемку местности, составляют гидрогеологические профили с установлением уровня грунтовых вод, подсчитывают дебит воды, поступающей на участок теплотрассы, определяют куда можно отвести эту воду, составляют депрессионные кривые понижения уровня грунтовых вод дренами и определяют требуемые расстояния и диаметр дрен. Вычерчивают план и продольный профиль закладки дренажа.

Для тепловых сетей, как правило, применяют горизонтальные дренажи. При невысоком уровне грунтовых вод и небольшом дебите применяют упрощен-

ную конструкцию в виде дренирующего основания под каналом из крупного песка или гравия. Дренажные устройства прокладывают вдоль трассы тепловых сетей по одну или обе стороны от нее. В первом случае дренажи называют односторонними, во втором — двусторонними. Односторонние дренажи располагают со стороны притока грунтовых вод. Основное требование к дренажу в зоне прокладки тепловых сетей заключается в том, чтобы кривая депрессии (уровень грунтовых вод при работе дренажа) была ниже дна канала или нижней отметки изоляционной конструкции теплопровода при бесканальной прокладке. Для этого заглубление верха дренажных труб принимается не менее 300 мм от дна канала, а при бесканальной прокладке — от нижней поверхности изоляции теплопроводов.

Выбор конструкции дренажа зависит от условий прокладки теплосетей, например от уровня и направления движения грунтовых вод, от их дебита, от уклона трассы тепловых сетей, характера строения грунта. Для попутного дренажа в основном применяют асбестоцементные трубы с муфтами, керамические канализационные раструбные трубы, полиэтиленовые трубы, а также готовые трубофильтры. Могут использоваться также бетонные, железобетонные, пластмассовые и другие трубы. Однако бетонные и железобетонные трубы можно использовать только для неагрессивных вод, так как в противном случае бетон может выщелачиваться с разрушением.

Асбестоцементные безнапорные трубы более стойкие, чем бетонные и железобетонные, поэтому они получили более широкое применение при строительстве попутных дренажей. Водоприемные отверстия в асбестоцементных трубах выполнены цилиндрическими или щелевыми. Керамические канализационные трубы также получили широкое применение для этих целей. Прием воды в керамических трубах обеспечивается зазором в раструбе 10—20 мм, который оставляют только в верхней части стыка. Нижнюю часть заделывают канатом или асбестоцементным раствором. Керамические канализационные трубы большого диаметра снабжены отверстиями диаметром 5—10 мм, расположенными в шахматном порядке.

Чрезвычайно эффективна конструкция дренажа из

«трубофильтров» (труб из крупнопористого бетона). Благодаря большой пористости стенок вода свободно проникает внутрь труб. При использовании «трубофильтров» исключается необходимость устройства гравийно-песчаной обсыпки, кроме того, облегчается возможность механизации строительно-монтажных работ по прокладке дренажа.

Диаметры дренажных труб выбирают исходя из расчетного количества отводимых вод, но не менее 150 мм (исходя из дебита воды до 5 л/с на 1 км теплотрассы). Скорость движения воды в дренажных трубах принимают обычно порядка 0,5—0,7 м/с, но не более 1 м/с, так как при больших скоростях дренируемой водой может размываться грунт около стыковых соединений труб. При малых же скоростях движения дренируемой воды из нее может выпадать осадок, в результате чего может наблюдаться засорение и закупорка сети. Поэтому при строительстве попутного дренажа принимают ту необходимую скорость воды, при которой она имеет самоочищающую способность, т. е. скорость, исключающую выпадение осадка.

Дренируемая вода движется по трубам самотеком под действием силы тяжести, поэтому чем больше уклон дренажных труб, тем больше скорость их движения. Однако при увеличении уклона возрастает и глубина заложения дренажа, что удорожает стоимость и усложняет производство строительно-монтажных работ, а также и эксплуатацию дренажа. Для обеспечения необходимой водоотводящей способности уклон попутного дренажа следует принимать не менее 0,003, при этом он может не совпадать по величине и направлению с уклоном тепловых сетей.

Дренажные трубы прокладывают в фильтрующих обсыпках, препятствующих засорению труб грунтом. В качестве дренажной обсыпки применяют крупнозернистый песок, средний гравий, а также щебень изверженных горных пород и среднезернистый песок с коэффициентом фильтрации не менее 20 м/сут. Гранулометрический состав обсыпки подбирают с таким условием, чтобы при фильтрации воды не происходило выноса мелких частиц через более крупный заполнитель и забивания водоприемных отверстий в дренажных трубах.

Для прочистки дренажных труб на углах поворо-

та и на прямых участках не реже чем через 50 м устраивают контрольные смотровые колодцы диаметром не менее 1000 мм, отметки дна которых принимаются на 0,3 м ниже отметок заложения примыкающих дренажных труб. Для дренажа компенсаторных ниш от основного дренажа устраивают отдельные ответвления, конструкция которых аналогична основному попутному дренажу. В местах ответвлений также устраивают контрольные смотровые колодцы.

Основание камер всегда находится ниже основания самого теплопровода, поэтому при понижении уровня грунтовых вод до основания теплопровода нижняя часть камер остается в окружении грунтовых вод. В свою очередь заглубление попутного дренажа ниже дна камер значительно бы увеличило его стоимость, так как пришлось бы дренировать очень большое количество грунтовой воды и увеличивать диаметр дренажной трубы. В практике строительства тепловых сетей значительно целесообразнее устраивать камеры с водонепроницаемым основанием. Участки дренажных труб, проходящие через камеры, выполняют из металла, а в местах их прохода сквозь стены устанавливают проходные сальники. При проходе дренажа через щитовые железобетонные опоры в последних для пропуска дренажных труб оставляют отверстия, диаметр которых принимают на 200 мм больше внешнего диаметра дренажных труб.

Выпуск вод из системы попутного дренажа должен осуществляться в городскую канализацию, водосточную сеть или в открытые водоемы. Дренажные выпуски выполняют из сплошных труб (чугунных, асбестоцементных, железобетонных безнапорных и др.). Если выпуск дренажных вод в водосточную сеть или открытый водоем невозможен, то допускается выпускать их в фекальную канализацию, при этом должны быть предусмотрены обратный клапан и гидрозатвор. Сброс этих вод в поглощающие колодцы или на поверхность земли не допускается. При расположении дренажной сети ниже водосточной или канализационной отвод воды самотеком невозможен. В этом случае сооружают дренажные насосные станции, имеющие, как правило, два отсека: резервуар для приема дренажной воды и машинный зал. Насосные станции сооружают из монолитного и сборного

железобетона, преимущественно круглыми в плане, диаметром 3—4 м.

Устройство попутного дренажа значительно удорожает стоимость строительства тепловых сетей в целом. Кроме того, строительно-монтажные работы по его прокладке пока еще недостаточно механизированы что требует большого количества ручного малопроизводительного труда. При этом также существенно увеличиваются сроки строительства и ввода тепловых сетей в эксплуатацию. Однако опыт эксплуатации тепловых сетей показывает, что при наличии попутного дренажа они достаточно надежно защищаются от затопления грунтовыми и поверхностными водами, что, безусловно, оказывает влияние на надежность и долговечность работы теплопроводов.

§ 2.14. Специальные сооружения

Пересечение тепловыми сетями естественных или искусственных препятствий осуществляется при помощи специальных сооружений. К этим сооружениям относятся *переходы* через водные преграды (реки, каналы, озера и т. д.), железнодорожные и транспортные пути, автомагистрали, а также через различные подземные и надземные сооружения. Место, способ прокладки и конструкция перехода при реконструкции тепловых сетей определяются в каждом конкретном случае с учетом следующих местных условий: возможности остановки движения транспорта на время реконструкции и ремонта при эксплуатации; наличия подземных и надземных коммуникаций в районе перехода; способа компенсации тепловых удлинений теплопроводов на участке; технической оснащенности строительно-монтажной организации; архитектурных сооружений и др. Тот или иной способ перехода выбирают на основе технико-экономического расчета.

Прокладку тепловых сетей при пересечении железных дорог общей сети, а также рек, оврагов, открытых водостоков, как правило, предусматривают надземной. При этом допускается использовать постоянные автодорожные и железнодорожные мосты. Тепловые сети при подземном пересечении железных и автомобильных дорог, трамвайных путей и линий метрополитена следует прокладывать: а) в каналах —

при возможности производства строительно-монтажных работ и ремонтных работ открытым способом; б) в футлярах — при невозможности производства работ открытым способом, при длине пересечения до 40 м и обеспечении по обе стороны от пересечения прямых участков трассы длиной до 10—15 м; в) в тоннелях — во всех остальных случаях, а также при заглублении от поверхности земли до перекрытия канала 2,5 м и более.

При проектировании прокладки трубопроводов по существующим мостам следует в наибольшей степени сократить выполнение работ по реконструкции несущих конструкций моста во избежание снижения их надежности. При осуществлении мостовых переходов трубопроводы опираются на конструктивные элементы моста под проезжей частью или тротуарами или подвешиваются к ним. В металлических мостах применяют способ подвешивания теплопроводов на стальных тягах, верхние концы которых прикрепляют через сережки к балкам проезжей части моста. При проезжей части из железобетонных плит тяги могут быть закреплены путем заделки анкерных деталей в плиты. При прокладке по пешеходным мостам теплопроводы размещают под настилом моста.

Надземные переходы через небольшие реки часто устраивают в виде арочных пешеходных мостов пролетов 30—50 м, выполняемых из сборного или монолитного железобетона. Теплопроводы размещаются в пространстве между двух арок и следуют их очертанию. Примером такого арочного моста может служить мост, построенный в Москве через Яузу для прокладки двух теплопроводов диаметром 1200 мм. Компенсация температурных деформаций теплопроводов, прокладываемых по мостам, осуществляется главным образом путем использования самокомпенсирующей способности труб, и лишь в редких случаях удается осуществить компенсацию гибкими П-образными компенсаторами.

Для обслуживания теплопроводов требуется сооружение специальных постоянных площадок и лестниц, а если позволяет конструкция моста, то и сквозных проходов по балкам или аркам пролетного строения. При отсутствии мостов в районе прокладки теплопроводов могут быть применены *подвесные перехо-*

ды. При пересечении железных и шоссейных дорог теплопроводами, позволяющими перекрывать пролеты, достаточные для пропуска транспорта, применяют *надземные переходы в виде П-образных компенсаторов.* Теплопроводы по обе стороны перехода закрепляют в неподвижных опорах. Под вертикальными участками труб устанавливают подпятники скользящего типа. Переходы на отдельно стоящих высоких опорах используют при небольшом числе труб большого диаметра.

Эстакадные переходы применяют при большой ширине препятствий и прокладке большого числа коммуникаций. Широкое применение получила конструкция надземного перехода, состоящая из пролетного строения в виде сварных металлических ферм, устанавливаемых на стоечные опоры с железобетонными фундаментами. Наибольший пролет ферм обычно не превышает 50—60 м. При пересечении большого числа железнодорожных путей и если в междупутье можно установить промежуточные опоры, переходы выполняют многопролетными.

Подземные переходы при пересечении теплопроводами железных и автомобильных дорог, уличных проездов и трамвайных путей осуществляют главным образом прокладкой теплопроводов в стальных или железобетонных футлярах. Такие переходы представляют собой два футляра, проложенных закрытым бестраншейным способом, в которых размещены подающий и обратный теплопроводы, покрытые тепловой изоляцией. Наибольшее распространение в строительстве тепловых сетей получили способы прокола и продавливания стальных труб-футляров. По концам футляров располагаются смотровые камеры, сооруженные обычно в котлованах, которые служат для производства работ по проколу или продавливанию.

Диаметр футляров принимают исходя из диаметра прокладываемых в них теплопроводов с учетом толщины тепловой изоляции и необходимого воздушного кольцевого зозора между поверхностью тепловой изоляции и внутренней поверхностью стенки футляра. При этом зазор между тепловой изоляцией и футляром должен быть не менее 100 мм. При прокладке теплопроводов в футлярах антикоррозионное покрытие стальных труб должно быть особенно надежным.

При пересечении насыпей электрифицированных железных дорог необходимо теплопровод электрически изолировать от стального футляра для защиты его от электрокоррозии.

Длину футляров в местах пересечений следует предусматривать не менее чем на 3 м больше размеров пересекаемых сооружений (в каждую сторону), в том числе сооружений земляного полотна железных и автомобильных дорог. При строительстве подземных переходов под железнодорожными путями и автомобильными дорогами, а также под городскими улицами и площадями весьма часто устраивают проходные тоннели закрытым способом методом щитовой проходки. Преимущество тоннельных переходов состоит в том, что теплопроводы, расположенные в них, доступны для осмотра и ремонта, однако стоимость этого вида прокладок весьма велика.

Подводные переходы строят в том случае, когда невозможно использовать существующие мосты из-за отсутствия места для размещения трубопроводов в конструкции пролетного строения, а сооружать специальный мостовой переход недопустимо по архитектурным, техническим или экономическим соображениям. Подводные переходы могут быть выполнены в в виде проходных тоннелей или дюкеров.

Как показала практика проектирования, более выгодными при прокладке трубопроводов больших диаметров являются тоннели прямоугольного сечения, выполненные из железобетона. Применение железобетонной конструкции тоннеля позволяет отказаться от пригрузов из чугуна или железобетона, масса которых в 4,5 раза превышает массу оболочки самого металлического тоннеля.

При необходимости пересечения тепловыми сетями небольших рек шириной 50—60 м наиболее часто осуществляют *переходы в дюкерах*. Оболочка дюкеров выполняется из сварных по длине стальных труб. По концам дюкеров устанавливают шахты из монолитного железобетона, наружную поверхность которых защищают оклеечной гидроизоляцией. Способ устройства дюкера зависит от ширины преодолеваемой преграды, от особенностей грунтов, времени года, на которое намечено выполнение строительно-монтажных работ, и др. При устройстве дюкеров че-

рез водные преграды выполняют следующие основные процессы работ: разработку подводных тоннелей, заготовку и укладку секций стальных изолированных теплопроводов на дно траншеи, засыпку траншей, устройство береговых сооружений и участков теплопроводов и испытание дюкера.

В зависимости от характера и величины водной преграды применяют различные методы работ и разные механизмы. Одним из распространенных способов работ по сооружению дюкера является укладка их протаскиванием по воде или зимой по льду. Дюкер погружается на заранее подготовленное гравийное ложе методом заполнения водой его внутреннего пространства. Погруженный и закрепленный дюкер может дополнительно в зависимости от диаметра труб пригружаться чугунными или железобетонными грузами для предупреждения его всплытия. К недостаткам дюкеров следует отнести меньшую надежность работы теплопроводов по сравнению с проложенными в проходных тоннелях, так как теплопроводы, проложенные в дюкерах, невозможно осмотреть и в случае необходимости произвести ремонтные работы.

§ 2.15. Реконструкция тепловых пунктов

Основной задачей реконструкции тепловых пунктов являются повышение их производительности, модернизация существующего и установка нового оборудования, комплексная автоматизация и т. д. К основному оборудованию тепловых пунктов относятся водоводяные подогреватели, центробежные и водоструйные (элеваторы) насосы, грязевики, баки-аккумуляторы, деаэраторы, установки для магнитной обработки воды, приборы контроля и регулирования и различная арматура.

В нашей стране в тепловых пунктах наибольшее распространение получили *кожухотрубные секционные подогреватели* с латунными трубками. Основные размеры и расчетные характеристики этих подогревателей приведены в табл. 2.34 и 2.35. Кроме секционных подогревателей в системах теплоснабжения в последние годы стали применяться пластинчатые теплообменники, используемые в химической промышлен-

Таблица 2.34. Основные характеристики водо — водяных секционных подогревателей (по ОСТ 34—588—68)

Номер подогревателя	Диаметр фланца, мм		Площадь поверхности нагрева секции, м²	Число трубок в секции	Масса секции с калачом, кг	В том числе	
	d_1	d_2				латунные трубки	калач
01	40	40	0,37	4	32,2	3,24	6,1
02	40	40	0,75	4	45,2	6,48	6,1
03	50	50	0,65	7	43,2	5,67	8,5
04	50	50	1,31	7	61,6	11,3	8,5
05	65	65	1,11	12	55,2	9,72	12,5
06	65	65	2,24	12	80,4	19,4	12,5
07	80	80	1,76	19	76,5	15,4	15,2
08	80	80	3,54	19	114	30,8	15,2
09	125	100	3,4	37	136	30	29,2
10	125	100	6,9	37	207	60	29,5
11	150	150	5,9	64	213	51,8	60
12	150	150	12	64	322	104	60
13	200	200	10	109	304	88,3	90
14	200	200	20,3	109	487	177	90
15	250	250	13,8	151	413	122	108
16	250	250	28	151	663	244	108

Примечание: 1. *Для указанных подогревателей* $p_р$ = =1 МПа; t=150 °С; $p_{пр}$=1,3 МПа. 2. Трубки латунные 16×1 мм (ГОСТ 494—76*).

Таблица 2.35. Расчетные технические характеристики водо — водяных секционных подогревателей (по ОСТ 34—588—68)

Номер подогревателя	Наружный и внутренний диаметры корпуса, мм	Число трубок в секции	Площадь поверхности нагрева одной секции длиной 4 м, м²	Площадь проходного сечения, м²		Отношение $f_{мт}/f_{тр}$	Эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_э$, м
				трубок $f_{тр}$	межтрубного пространства $f_{мт}$		
02	57/50	4	0,75	0,00062	0,00116	1,87	0,013
04	76/69	7	1,31	0,00108	0,00233	2,13	0,0164
06	89/82	12	2,24	0,00185	0,00287	1,55	0,0134
08	114/106	19	3,54	0,00293	0,005	1,7	0,0155
10	168/156	37	6,9	0,0057	0,0122	2,14	0,0207
12	219/207	64	12	0,00985	0,02079	2,11	0,0258
14	273/259	109	20,3	0,01679	0,03077	1,85	0,0196
16	325/309	151	28	0,02325	0,04464	1,84	0,0208
18	377/359	216	40,1	0,03325	0,05781	1,79	0,0193
20	426/408	283	52,5	0,04356	0,0791	1,65	0,0186

Таблица 2.36. Техническая характеристика и основные размеры разборных пластинчатых теплообменников

Наименование	Типоразмер, м²	
	0,3	0,6
Поверхность теплообмена одной пластины, м²	0,3	0,6
Размеры, м		
длина	1,37	1,375
ширина	0,3	0,6
Шаг гофр, м:		
вдоль потока	0,0208	0,0208
по нормали к гофре	0,018	0,018
Высота гофр, м	0,004	0,0045
Число гофр, шт	50	63
Угол наклона гофр, град	60	60
Ширина канала, м	0,025	0,545
Зазор для прохода рабочей среды, м	0,004	0,0045
Эквивалентный диаметр канала, м	0,008	0,0083
Площадь поперечного сечения канала, м²	0,0011	0,00245
Смоченный параметр сечения канала, м	0,55	1,188
Приведенная длина канала, м	1,12	1,01
Толщина стенки пластины, м	0,001	0,001
Масса пластины, кг	3,2	5,8
Длина присоединительного штуцера, м	0.065	0.2

ности. Основные размеры и характеристики пластинчатых подогревателей приведены в табл. 2.36.

К преимуществам пластинчатых теплообменников относятся: а) значительное сокращение объемов зданий или помещений тепловых пунктов; б) практически полное исключение утечек теплоносителя и возможности его перетекания от нагреваемой к греющей среде и наоборот; в) возможность быстрой очистки от накипи, что позволяет не завышать поверхность нагрева в расчетах; г) полная унификация проектных решений, так как любые поверхности нагрева выбирают из одних и тех же стандартных пластин; д) возможность постепенного добавления количества пластин по мере роста тепловой нагрузки без какой-либо реконструкции теплового пункта; е) возможность быстрого монтажа теплообменников в существующих зданиях без увеличения их габаритов и тем самым наращивания тепловой мощности существующих установок.

В настоящее время при реконструкции тепловых пунктов стали применять более совершенные пластин-

чатые теплообменники (типоразмер 0,5 м²) с попарно-сваренными пластинами, благодаря чему со стороны греющей сетевой воды полностью можно исключить резиновые уплотнители, что делает теплообменники еще более надежными.

В то же время следует заметить, что зависимые схемы с элеваторами уже не отвечают возросшим требованиям надежности, качества и повышения экономичности систем теплоснабжения в целом. Эксплуатация таких схем ограничивает возможность автоматического регулирования систем отопления. Лучшими считаются *стальные элеваторы конструкции ВТИ Теплосеть Мосэнерго.*

Элеватор конструкции ВТИ Теплосеть Мосэнерго обеспечивает постоянный коэффициент смешения воды, поступающей в систему независимо от изменения температуры и давления в тепловой сети (коэффициент смешения зависит только от соотношения геометрических размеров сопла и камеры смешения). С его помощью невозможно регулировать подачу теплоты в систему отопления независимо от режима работы сети. Поэтому элеватор может обеспечить требуемое поступление теплоты в различные здания только в расчетном режиме.

В настоящее время разработаны *элеваторы с автоматическим регулированием сечения сопла,* что позволяет получить переменный коэффициент смешения. Применение элеваторов с регулируемым сечением сопла, особенно при их автоматизации, позволяет устранить массовый перегрев зданий в теплый период отопительного сезона (до «точки излома» температурного графика) и обеспечить подачу теплоты в здание в соответствии с его действительной потребностью. Однако как бы ни была совершенна конструкция элеватора, погрешность и маневренность при зависимом присоединении от этого не повысятся. В последние годы в связи с увеличением строительства зданий повышенной этажности растет использование независимой схемы присоединения систем отопления с установкой водоводяных теплообменников. Переход на независимые схемы присоединения систем отопления через водоводяные подогреватели позволяет в значительной мере избавиться от недостатков зависимого присоединения.

Целесообразно применять независимое присоединение систем отопления и в тепловых сетях с непосредственным водозабором (открытая система), что позволяет ликвидировать основной недостаток этих систем — низкое качество воды, идущей на горячее водоснабжение. Использование независимых схем присоединения требует дополнительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Однако независимые схемы способствуют повышению надежности работы систем теплоснабжения и несколько компенсируют затраты уменьшением ущерба от аварий. Выбор и уточнение схем присоединения систем отопления к тепловым сетям при их реконструкции производят на основе пьезометрических графиков.

При реконструкции существующих ЦТП с целью их автоматизации должны быть предусмотрены следующие мероприятия: демонтаж существующих гидравлических регуляторов расхода теплоты на горячее водоснабжение и регулятора постоянства расхода сетевой воды на тепловой пункт или систему отопления; сооружение при зависимом присоединении распределительных сетей отопления к ЦТП соединительной перемычки между подающим и обратным трубопроводами; установка при зависимом присоединении распределительных сетей отопления к ЦТП корректирующих смесительных насосов, обеспечивающих снижение температуры воды в подающем трубопроводе, в соответствии с принятым графиком отпуска теплоты; установка приборов и средств системы автоматического регулирования расхода теплоты в системе теплопотребления.

Система автоматического регулирования осуществляет поддержание расчетных параметров теплоносителя (температуру, расход и давление) на выходе из ЦТП. Пример технологической схемы реконструируемых центральных тепловых пунктов показан на рис. 2.13. За параметр для регулирования расхода теплоты на отопление рекомендуется принимать температуру теплоносителя в подающем трубопроводе распределительных сетей после ЦТП или разность температур в подающем и обратном трубопроводах. Регулирование температуры или разности температур теплоносителя осуществляют по возмущению в зависимости от внешних факторов (как правило, темпе-

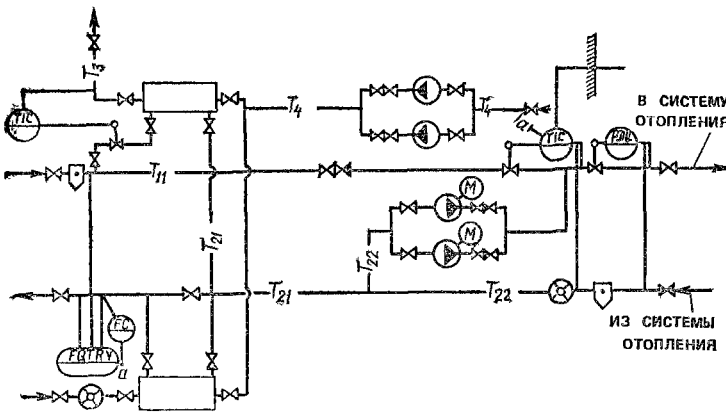


Рис. 2.13. Схема двухступенчатая смешанная с ограничением максимального расхода сетевой воды с зависимым присоединением системы отопления

ратуры наружного воздуха) с возможной коррекцией по отклонению температуры воздуха в контрольных помещениях. За параметр для регулирования расхода теплоты на горячее водоснабжение принимают температуру воды, поступающей из ЦТП в систему горячего водоснабжения.

Корректирующие насосы устанавливают, как правило, на перемычке между подающим и обратным трубопроводом после отбора воды из подающего трубопровода и до отбора воды из обратного трубопровода на водоподогреватели или смесительные устройства горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения. Напор смесительных насосов принимают равным сопротивлению распределительных сетей отопления, абонентского ввода и перемычки между подающим и обратным трубопроводом. При отсутствии данных расчетный напор корректирующих насосов допускается принимать равным 25—30 м. Если перед ЦТП не обеспечен требуемый располагаемый напор, корректирующие насосы устанавливают на обратном трубопроводе. При этом требуются два насоса, один из которых резервный.

В зависимости от функциональных задач системы автоматического регулирования корректирующие насосы работают в течение всего отопительного сезона

или только в период поддержания постоянной температуры 70 °С в подающем трубопроводе теплосети (до точки излома температурного графика). В последнем случае импульс на включение в работу корректирующих насосов поступает от датчика температуры наружного воздуха.

При автоматизации отпуска теплоты в ЦТП рекомендуется использовать следующие типы *регуляторов*: а) для регулирования расхода теплоты на горячее водоснабжение РС.29.0.12 (при $D_у$ до 40 мм — «Электронику Р-2П»); б) для регулирования расхода теплоты на отопление — РС.29.2.33; в) для совместного регулирования расхода теплоты на отопление и горячее водоснабжение — Т48М-6. Для регулирования расхода теплоты на отопление могут применяться также регуляторы Т48М-1 и другие регуляторы с аналогичными функциями. При обосновании затрат на прокладку линий связи и устройство контрольного помещения допускается использовать приборы ЭРТ-1, Т48М-5, регулирующие коррекцию по отклонению температуры воздуха в помещении.

В качестве *датчиков температуры* теплоносителя и наружного воздуха используются термопреобразователи сопротивления типа ТСМ. Датчики температуры наружного воздуха устанавливают на наружной стене здания ЦТП с северной стороны на высоте 2—3 м и на расстоянии не менее 80 мм от наружной стены. Датчики должны иметь кожух с отверстием для вентиляции. Датчики температуры теплоносителя устанавливают в стальных гильзах, вваренных в трубопроводы. *Линии связи датчиков с блоками* электронного управления регулятора следует прокладывать в поливинилхлоридных трубах для защиты от механических повреждений.

В качестве исполнительного органа к приборам автоматического регулирования расхода теплоты рекомендуется применять регулирующие фланцевые двухседельные клапаны типов 25ч939нж (25ч940нж) при $D_у \leqslant 80$ и 25ч914нж при $D_у > 80$ мм. В качестве средств учета тепловой энергии используют комплекты для измерений количества теплоты или теплосчетчик ТЭМ-1. Изготовление, поставка и монтаж приборов автоматического регулирования и учета осуществляются в комплектно-блочном исполнении.

§ 2.16. Автоматизация проектирования тепловых сетей при реконструкции. Использование ЭВМ

Вариантное проектирование — один из основных резервов повышения эффективности и качества строительства. Традиционные неавтоматизированные методы проектирования не могут обеспечить проведения многовариантных проработок в необходимом объеме, поскольку это влечет за собой значительное увеличение трудозатрат и сроков проектирования.

В последнее время при проектировании тепловых сетей, особенно при реконструкции, специалисты все чаще сталкиваются с задачами, которые не могут быть решены с помощью старых «домашинных» методов расчета и действующих нормативов и инструкций. К таким задачам можно отнести поиск оптимального способа реконструкции тепловой сети с целью увеличения ее пропускной способности, оптимальной трассировки сети и т. д.

Рост производительности труда в проектировании обеспечивается в первую очередь повышением технической оснащенности проектных организаций и совершенствованием на ее основе технологии выполнения работ. Повышение качества проектирования достигается за счет тех преимуществ, которые дает применение системного анализа и вычислительной техники, а именно учет большого числа факторов в ходе принятия решений, сравнение множества или даже всех возможных в данном случае вариантов, объективные методы их оценки и т. д. Таким образом достигается эффективность, принципиально невозможная в условиях традиционного проектирования.

Процесс автоматизированного проектирования включает восприятие, переработку и воспроизведение информации. Системный подход к организации процесса проектирования на основе автоматизации максимально охватывает и привлекает к использованию в работе все полезные источники справочно-информационной и научно-технической информации. Творческая работа проектировщика сочетается с быстродействием ЭВМ, ее огромной памятью, которые позволяют выявить из большого количества технических решений оптимальные варианты.

Качественное решение вопросов развития крупных систем теплоснабжения может быть осуществлено только на основе комплексного системного анализа и исследования операций. Применительно к проблеме оптимизации реконструируемых систем теплоснабжения этот анализ можно представить следующим образом:

1) исследование систем теплоснабжения как единого целого, т. е. анализ режимов совместной работы источников, сетей и потребителей теплоты;

2) анализ способности уже эксплуатируемой части системы адаптироваться к условиям дальнейшего развития;

3) периодическая корректировка проектных решений в процессе развития тепловых сетей;

4) анализ влияния на выбор проектных решений всех основных факторов (экономика, надежность, комфорт, охрана окружающей среды и т. д.);

5) многовариантный анализ проектных решений для различных сочетаний исходных данных.

Для практической реализации этих принципов требуется создание автоматизированной системы проектирования САПР. Под системой автоматического проектирования САПР понимают комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющих автоматическое проектирование. К математическому обеспечению относятся математические методы, модели и алгоритмы программирования. Особые требования предъявляют к моделям, используемым в САПР, ибо они являются информационной основой для решения широкого круга задач — отображения и документирования информации, анализа объекта проектирования.

Под техническим обеспечением понимают совокупность взаимосвязанных технических средств. К ним относятся ЭВМ, аппаратура сопряжения с линиями связи. Программное обеспечение включает в себя совокупность программ, необходимых для системы автоматизированного проектирования. В программном обеспечении можно выделить три компонента: системное, предназначенное для организации работы комплекса средств САПР; проблемное, ориентированное

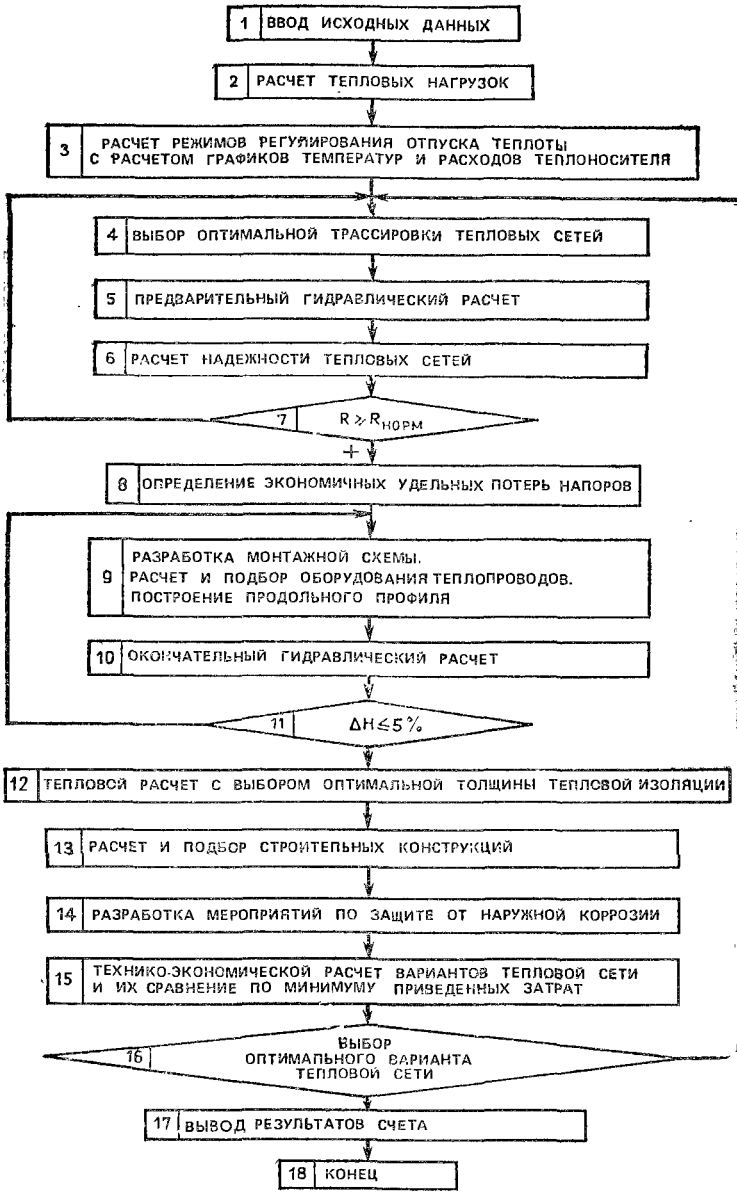


Рис. 2.14. Блок-схема алгоритма расчета тепловых сетей

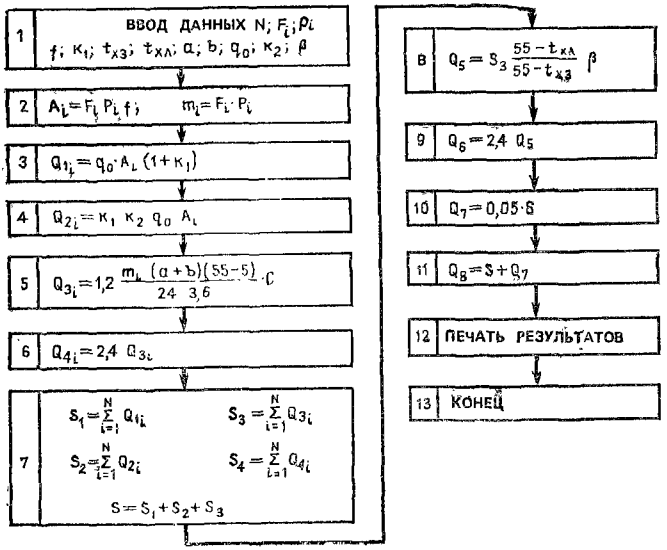
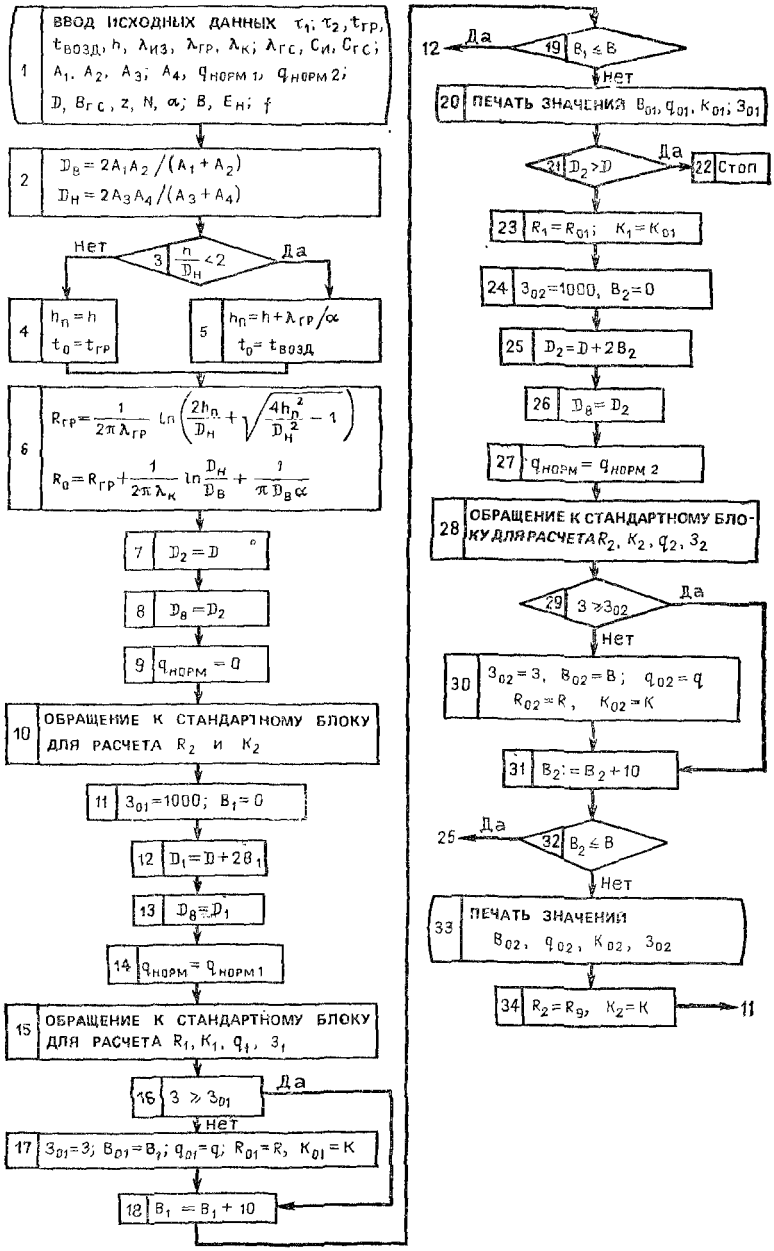


Рис. 2.15. Блок-схема алгоритма по определению присоединяемых тепловых нагрузок

на выполнение определенных проектных процедур; сервисное, обеспечивающее общение пользователя с системой; редактирование и преобразование формы представления информации. Информационное обеспечение — совокупность представленных в определенной форме данных, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования. К ним относятся массивы справочно-нормативной и технологических форм.

Вариант общей блок-схемы алгоритма расчета тепловых сетей при реконструкции показан на рис. 2.14. В каждом блоке алгоритма рассматривается самостоятельная инженерная задача. По характеру решения инженерные задачи подразделяются на две категории: задачи с единственным решением и задачи, имеющие несколько вариантов. И те и другие задачи необходимо решить при проектировании, но для задач второй категории целесообразно найти не просто какое-то, а оптимальное решение. Поиск оптимального решения носит название оптимизации.


1 ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ τ_1; τ_2, $t_{гр}$, $t_{возд}$, h, $\lambda_{из}$, $\lambda_{гр}$, $\lambda_к$; $\lambda_{гс}$, $c_и$, $C_{гс}$; A_1, A_2, A_3, A_4, $q_{норм\,1}$, $q_{норм\,2}$; D, $B_{гс}$, z, N, α; B, $E_н$; f
2 $D_в = 2A_1A_2/(A_1+A_2)$ $D_н = 2A_3A_4/(A_3+A_4)$
3 $\frac{h}{D_н} < 2$ Нет Да
4 $h_п = h$ $t_0 = t_{гр}$
5 $h_п = h + \lambda_{гр}/\alpha$ $t_0 = t_{возд}$
6 $R_{гр} = \frac{1}{2\pi\lambda_{гр}} \ln\left(\frac{2h_п}{D_н} + \sqrt{\frac{4h_п^2}{D_н^2} - 1}\right)$ $R_0 = R_{гр} + \frac{1}{2\pi\lambda_к} \ln\frac{D_н}{D_в} + \frac{1}{\pi D_в \alpha}$
7 $D_2 = D$
8 $D_в = D_2$
9 $q_{норм} = 0$
10 ОБРАЩЕНИЕ К СТАНДАРТНОМУ БЛОКУ ДЛЯ РАСЧЕТА R_2 И K_2
11 $З_{01} = 1000$; $B_1 = 0$
12 $D_1 = D + 2B_1$
13 $D_в = D_1$
14 $q_{норм} = q_{норм\,1}$
15 ОБРАЩЕНИЕ К СТАНДАРТНОМУ БЛОКУ ДЛЯ РАСЧЕТА R_1, K_1, q_1, $З_1$
16 $З \geqslant З_{01}$ Да
Нет
17 $З_{01} = З$; $B_{01} = B_1$; $q_{01} = q$; $R_{01} = R$, $K_{01} = K$
18 $B_1 = B_1 + 10$
12 Да
19 $B_1 \leqslant B$
Нет
20 ПЕЧАТЬ ЗНАЧЕНИЙ B_{01}, q_{01}, K_{01}, $З_{01}$
21 $D_2 > D$ Да
22 Стоп
23 $R_1 = R_{01}$; $K_1 = K_{01}$
24 $З_{02} = 1000$, $B_2 = 0$
25 $D_2 = D + 2B_2$
26 $D_в = D_2$
27 $q_{норм} = q_{норм\,2}$
28 ОБРАЩЕНИЕ К СТАНДАРТНОМУ БЛОКУ ДЛЯ РАСЧЕТА R_2, K_2, q_2, $З_2$
29 $З \geqslant З_{02}$ Да
Нет
30 $З_{02} = З$, $B_{02} = B$; $q_{02} = q$ $R_{02} = R$, $K_{02} = K$
31 $B_2 = B_2 + 10$
25 Да
32 $B_2 \leqslant B$
Нет
33 ПЕЧАТЬ ЗНАЧЕНИЙ B_{02}, q_{02}, K_{02}, $З_{02}$
34 $R_2 = R_э$, $K_2 = K$ 11

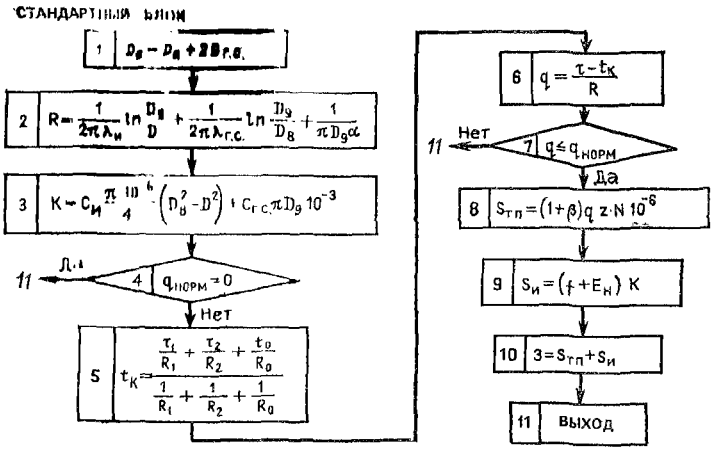


Рис. 2.16 Блок-схема алгоритма теплового расчета с выбором *экономической толщины тепловой изоляции*

В качестве примера решения задачи с единственным решением можно привести задачу по определению присоединяемых тепловых нагрузок (блок № 2), которая была рассмотрена в § 2.3. Блок-схема алгоритма решения этой задачи показана на рис. 2.15. В качестве примера решения задачи с оптимизацией можно привести тепловой расчет с выбором экономичной толщины тепловой изоляции (блок № 12), который был рассмотрен в § 2.11. Блок-схема алгоритма этой задачи показана на рис. 2.16. На основе этих блок-схем составлены программы для решения задач на ЭВМ. Пакет программ по расчету тепловых сетей является основой для создания САПР.

Система автоматизированного проектирования (САПР) должна представлять собой комплекс методов, алгоритмов и программ для сквозного расчета тепловых сетей по оптимальным параметрам. При этом многократное увеличение объема проектных работ может быть обеспечено только при оптимальном взаимодействии человека и машины, что достигается с помощью специальных сервисных программ и блоков, которые в значительной мере автоматизируют процесс подготовки исходной информации, контролируют случайные ошибки человека и машины, обра-

батывают результаты расчетов в виде удобных таблиц и графиков, производят предварительный анализ сопоставляемых вариантов. Общие требования к автоматизированным системам проектирования тепловых сетей определяют и требования к методам оптимизации, которые должны не только соответствовать математическим особенностям собственно оптимизационных задач, но и вписываться в автоматизированную систему проектирования всей системы теплоснабжения.

Создание и внедрение в практику автоматизированной модульной системы, методов, алгоритмов, программ для решения вопросов оптимального проектирования тепловых сетей представляет собой сложный многоэтапный процесс. На заключительных этапах создания автоматизированных систем проектирования уточняют общую блок-схему процесса взаимодействия человека и машины, завершают создание основных вычислительных модулей и разрабатывают необходимые сервисные и управляющие программы.

ГЛАВА 3. СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

§ 3.1. Особенности производства строительно-монтажных работ при реконструкции водяных тепловых сетей

При проектировании организации и технологии строительно-монтажных работ по реконструкции водяных тепловых сетей следует учитывать ряд особенностей их проведения: а) наличие различного назначения подземных, надземных, наземных инженерных коммуникаций, требующих часто их временного или постоянного переноса, переключения или ограждения; б) ограничение в применении традиционных средств механизации и необходимость в связи с этим выполнения относительно больших объемов работ с применением средств малой механизации и вручную; в) выполнение больших объемов работ по разборке, демонтажу, усилению и замене конструкций тепловых сетей.

Работы по капитальному ремонту и реконструкции тепловых сетей чаще всего приходится проводить в стесненных условиях, кроме того, они отличаются рассредоточенностью объектов и сравнительно небольшими объемами на одном объекте. Характерной чертой реконструкции является большая по сравнению с новым строительством трудоемкость, что объясняется наличием дополнительного комплекса демонтажных работ. Проблема механизации строительно-монтажных работ при реконструкции тепловых сетей является весьма сложной как в механическом, так и в технологическом аспекте, так как некоторые особенности трудовых процессов зачастую ограничивают возможности эффективного использования различных технических средств. К этим особенностям прежде всего относятся: многооперационность технологических процессов; разнообразие выполняемых операций; рассредоточенность выполняемых операций по месту и во времени; ограниченность объемов по видам работ; большой удельный вес работ, связанных с разборкой и демонтажем конструкций тепловых сетей.

Проблема комплексной механизации при реконструкции тепловых сетей решается по двум основным направлениям: расширение применения эффективных существующих машин и механизмов, используемых в новом строительстве; разработка специальных машин и механизмов для реконструкции и ремонта. Огромные резервы повышения производительности труда при реконструкции тепловых сетей, сокращения сроков их проведения и улучшения качества работ заложены в организации работ непосредственно на объекте. Это должна быть тщательно разработанная, научно, экономически и технологически обоснованная система мероприятий, охватывающая все фазы реконструкции — от подготовки объекта до его сдачи в эксплуатацию.

Основные условия, которым должны удовлетворять средства механизации, применяемые при реконструкции тепловых сетей: экономическая эффективность, мобильность, малая энергоемкость, малые габариты, легкость монтажа и демонтажа в стесненных условиях, высокие эксплуатационные качества, соответствие санитарно-гигиеническим требованиям, При-

менение новых индустриальных конструкций и деталей теплопроводов, применение прогрессивных методов организации работ ставят в свою очередь новые задачи перед механизацией строительно-монтажных работ при реконструкции, требуют модернизации существующих и создания новых типов машин и механизмов, а также улучшения эксплуатационных характеристик имеющихся средств механизации. Основными направлениями механизации строительно-монтажных работ при реконструкции тепловых сетей по технологической их последовательности являются: механизация демонтажных работ, включая разборку и транспортировку разобранных строительных конструкций, трубопроводов, оборудования, деталей, материалов; механизация монтажных работ с подачей и установкой готовых конструкций, труб, оборудования деталей, материалов.

При производстве строительно-монтажных работ при реконструкции водяных тепловых сетей приходится сталкиваться с целым рядом условий, специфических для городских прокладок инженерных коммуникаций и влияющих в той или иной степени как на выбор метода работ, так и на способ выполнения самих строительно-монтажных процессов. Большое значение имеет место — положение улицы или проезда, по которым осуществляется прокладка реконструируемой теплосети. Если улица находится на окраине города, то производство строительно-монтажных работ значительно упрощается. При расположении улицы в центральной части города большие осложнения для производства строительно-монтажных работ вызывают интенсивность движения транспорта, наличие троллейбусных, автобусных или трамвайных путей. Это не только требует сокращения ширины рабочей площадки, но и ограничивает длину разрытия.

При производстве строительно-монтажных работ в таких местах вопросы техники безопасности приобретают особо важное значение не только для охраны рабочих, но и для пешеходов и проезжающих на городском транспорте пассажиров. В проектах производства работ при реконструкции вопросы техники безопасности для таких случаев прорабатываются особенно тщательно. Ширина улицы или проезда, по которым предполагается прокладка тепловой сети,

также имеет очень большое значение при выборе метода производства работ. В условиях широких улиц удается без затруднения разместить траншею необходимых размеров, монтажную площадку с одной стороны траншеи и отвал грунта с другой, предусмотрев пространство за отвалом для въезда бульдозера. Если улицы узкие, то отвалов не делают.

На выбор метода работ влияет гидрогеологическая структура грунтов. Сыпучие грунты не позволяют делать узкие по верху траншеи. В водонасыщенных грунтах работы ведут с устройством сплошных креплений или производят искусственное понижение уровня грунтовых вод. Наибольшее количество подземных пересечений кабелей и трубопроводов встречается на перекрестках улиц, в связи с чем в этих местах работы значительно осложняются. Наличие воздушных электросетей часто не позволяет использовать краны и экскаваторы с длинными стрелами. Из практики строительства городских инженерных подземных сетей известно, что длительное стояние незасыпанных траншей на улицах неизбежно ведет к авариям на городском транспорте и к травматическим случаям с пешеходами. Поэтому одним из необходимых условий производства работ на городских улицах является высокий темп строительства, позволяющий сократить длину разрытия до минимальных размеров и, кроме того, уменьшить вероятность возникновения несчастных случаев.

§ 3.2. Организационная подготовка к реконструкции

Основными задачами подготовительных работ в условиях реконструкции тепловых сетей являются: а) создание необходимых условий для выполнения основных работ; б) обеспечение сочетания эксплуатационной деятельности систем теплоснабжения с выполнением работ по реконструкции; в) всемерное сокращение продолжительности периода остановки систем теплоснабжения; г) создание безопасных условий выполнения работ. Подготовительные работы следует выполнять в соответствии с разработанным разделом проекта производства работ при реконструкции ППР(р) «Производство подготовительных работ». Этот раздел разрабатывает генеральный подрядчик, согласовывает

с заказчиком, субподрядными организациями, а также при необходимости — с органами исполкомов Советов народных депутатов и другими заинтересованными организациями.

По отдельным видам специфических подготовительных работ вопросы их организации и технологии разрабатывают субподрядные строительные или монтажные организации и согласовывают с генподрядчиком и заказчиком. Исходными данными для разработки организации и технологии подготовительных работ являются: 1) материалы предпринятых обследований реконструируемых тепловых сетей; а) задания на проектирование реконструкции объекта; 3) проектные материалы по реконструкции, включая проект организации реконструкции ПОС(р).

По организации и технологии подготовительных работ в ППР(р) должны быть решены следующие вопросы. На стройгенплане должны быть указаны места выполнения подготовительных работ, расположение временных зданий, сооружений, коммуникаций, складов, временных ограждений и др. На графиках проведения работ указывают места их выполнения, исполнителей, количество смен работы в сутки. На графиках поставки материалов, деталей, конструкций, оборудования, работы машин, потребности в рабочих кадрах решают вопросы по аналогии с новым строительством.

Подготовительные работы включают: снос и перенос зданий, сооружений, путей; отключение, перенос коммуникаций; сохранение элементов благоустройства, прокладка коммуникаций, устройство складов, площадок, въездов; установка и монтаж временных зданий и сооружений; устройство и установка временных ограждений и т. д. Строительные материалы, детали, конструкции, трубы, оборудование, оснастку, приспособления следует располагать в местах, отведенных ПОС(р) или ППР(р). Ни одна реконструкция, как и новое строительство, не может быть начата без получения разрешения специальных отделов горсовета, если реконструкция предполагается в городе, и облсовета, если реконструкция будет вестись в области.

На реконструкцию, связанную с разрытиями в черте городской застройки, разрешение выдает обычно административная инспекция, осуществляющая над-

зор за внешним благоустройством города. Такое разрешение, называемое ордером, получает строительно-монтажная организация, на которую возложено строительство подземных сооружений и коммуникаций. Строительно-монтажная организация выделяет специалиста (производителя работ, начальника участка), имеющего право производства работ, который подписывает ордер и несет полную ответственность за строительство на отведенном участке. Производитель работ или начальник участка, на имя которого выписан ордер, должен быть ознакомлен с «Правилами производства работ по прокладке и переустройству подземных сооружений», а также с «Правилами по охране подземных сооружений и высоковольтных надземных сетей».

При получении ордера представляется утвержденный проект намечаемой к реконструкции подземной коммуникации (например, теплосети) с указанием всех действующих подземных сетей и сооружений. В ордере указывается порядок производства работ и устанавливаются сроки строительства. В процессе оформления ордера производится согласование с представителями отдела Государственной автомобильной инспекции (ОГАИ) и дорожного надзора (ДН), а также управления благоустройства, а в необходимых случаях — Управления пассажирского транспорта для осуществления контроля за соблюдением условий и сроков работ. В том случае, если в проекте предусмотрена совместная прокладка нескольких коммуникаций, ордер выдается на весь комплекс предусмотренных проектом работ. Раздельная прокладка запроектированных коммуникаций не разрешается.

Если при производстве работ будет нарушен порядок или сроки работ, административная инспекция имеет право не выдавать этой организации ордеров на новые работы до исправления нарушений или подвергнуть нарушителя административному взысканию. Прокладку тепловых подземных и надземных сетей выполняют строго в соответствии с проектом при соблюдении правил техники безопасности, правил на проектирование, строительство и приемку в эксплуатацию с учетом выполнения правил движения по улицам городов, населенных пунктов и дорог СССР и под техническим надзором соответствующих эксплуатацион-

ных оранизаций и авторским надзором проектных организаций.

На улицах и проездах необходимо строго соблюдать очередность работ, обеспечивающую безопасность движения транспорта и пешеходов. Ответственность за обеспечение безопасности движения транспорта и пешеходов при производстве работ несут лица, получившие ордер. В местах интенсивного движения работы по реконструкции тепловых сетей следует производить в максимально короткие сроки; организация их, как правило, в две или три смены. Руководитель работами или его заместитель обязан постоянно находиться на месте строительства, имея при себе ордер и утвержденный проект.

До начала земляных работ с целью принятия мер предосторожности и обеспечения сохранности существующих подземных сооружений руководитель строительством обязан не позднее чем за сутки до начала работ вызвать на трассу представителей организаций указанных в ордере; установить совместно с ними точное расположение подземных сооружений и провести до начала работ соответствующий инструктаж с персоналом, участвующим в строительстве. Эксплуатационные организации, ведающие подземными сооружениями, обязаны по вызову строительной организации обеспечить явку своих ответственных представителей для уточнения расположения существующего подземного сооружения с необходимыми привязками, указаниями в письменном виде об условиях, необходимых для обеспечения сохранности принадлежащих им подземных сооружений. В случае неявки представителей на место работ лицо, на которое выписан ордер, должно сообщить об этом административной инспекции для привлечения к ответственности не явившихся на вызов.

При пересечении реконструируемых тепловых сетей с действующими подземными коммуникациями места, где эти сооружения попадают в призму обрушения, обозначают по указанию владельцев этих сооружений соответствующими знаками, которые передают строительной организации. Лица, на которых выписан ордер, предупреждаются под расписку о порядке проведения работ в этих местах. Если разработка грунта предусматривается в непосредственной близости от фундаментов существующих зданий и сооружений, а также

действующих подземных сооружений и коммуникаций, необходимо предусмотреть меры против осадки этих сооружений.

Существующие подземные сооружения запрещается перемещать, если это не предусмотрено утвержденным проектом и не согласовано с заинтересованной и утвердившей проект организациями, даже несмотря на то, что указанные сооружения мешают выполнению работ. Строительные нормы и правила предусматривают, что при пересечении траншей с действующими подземными коммуникациями разработка грунта механизированным способом разрешается на расстоянии не ближе 2 м от боковой стенки и 2 м над верхом трубы, кабеля и др. Грунт, оставшийся после механизированной разработки, дорабатывают только вручную без применения ударных инструментов и с принятием мер, исключающих возможность повреждения этих коммуникаций.

Для определения места нахождения и вскрытия подземного сооружения делают шурф шириной 0,7, длиной 1—2 м и глубиной, указанной в схеме-уведомлении. Поиск ведут в присутствии ответственного за строительство лица и представителя эксплуатационной организации. Подземные коммуникации следует вскрывать до проектных отметок прокладываемого теплопровода. Шурф раскрепляют стандартными щитами и для прохождения экскаватора через него его перекрывают одним рядом подтоварника.

Обнаруженные подземные коммуникации из бетонных коротких и керамических труб, а также кабели заключают в деревянные короба из досок толщиной 3—5 см и с помощью скруток из 5-мм проволоки подвешивают к деревянному или металлическому лежню, проложенному поперек траншеи. Концы лежня заводят за бровки траншеи не менее чем на 50 см. Если встречаются действующие подземные коммуникации или другие сооружения, не обозначенные в проекте, земляные работы прекращают до выяснения их принадлежности. Если принадлежность этих коммуникаций можно определить по внешним признакам, то вызывают представителей соответствующих эксплуатационных организаций. Если внешне принадлежность установить не удается, то вызывают представителя проектной организации или административной инспекции.

Получение полностью оформленного ордера дает право начать работы. Работы начинают с подготовительных, которые включают: разбивку трассы теплопроводов и мест расположения камер и неподвижных опор; завоз щитов ограждений и креплений, ограждений трассы и монтажной площадки на разрешенном участке; освещение огражденных мест работы; завоз временных сооружений; завоз и раскладку труб, деталей и материалов; уточнение мест расположения подземных коммуникаций и сооружений (о чем сказано выше); пересадку кустарников и деревьев; разборку дорожных одежд и др.

Разбивка трассы. Разбивку и закрепление трасс при реконструкции выполняют, как при новом строительстве. В проектах прокладки подземных сетей привязки их продольных осей предусматриваются от постоянных капитальных строений, указанных в проекте или аналитическим методом (перенесение трассы в натуру производят инструментально от городской полигонометрии), от красных линий застройки, которые предварительно отбивают в натуре. Разбитую на местности массу теплопроводов оформляют актом с приложением схемы разбивки. Акт подписывают представители проектных и строительных организаций и заказчик. Разбивочную ось теплопровода (и камер) закрепляют в натуре на всех углах горизонтальных поворотов и на прямых участках на расстоянии 100—150 м (в пределах видимости), в местах камер, неподвижных опор, забивая металлические штыри диаметром 12—15 мм и длиной 40—50 см.

В течение всего периода производства работ монтажная организация обеспечивает сохранность разбивочных знаков, а при повреждениях немедленно восстанавливает их.

Временные сооружения. В период подготовительных работ обслуживают трассу для выявления возможности подвода к месту работы электропитания, установления телефонной связи, источника водоснабжения, а также канализации.

Определяют возможность аренды в жилищно-эксплуатационных конторах помещений для гардероба рабочих, приема ими пищи, комнаты их отдыха, конторы производителя работ, склада материалов закрытого хранения и других помещений. Если такие воз-

можности исключаются, то используют временные сооружения: типа вагончиков или сборно-разборные.

На трубопроводном строительстве наиболее рационально использовать инвентарные временные сооружения вагонного типа, которые передвигают по ходу строительства. Конструктивно такие сооружения могут быть на колесах и перемещаться, как прицепы к автомобилю, или на полозьях, перемещаемых на трайлерах. Размеры в плане сооружений вагонного типа 2,7×7,30 м; 2,65×8,25 м и др. Эти временные сооружения называют: вагон-контора, вагон—материальный склад, вагон-гардероб, вагон-столовая, вагон-уборная, вагон-душевая, вагон-сушилка, вагон обогрева рабочих и др. Электрическую и водопроводную сети вагончиков присоединяют к городским сетям; стоки осуществляются в колодцы городской канализационной сети.

Завоз труб, железобетонных и других деталей, материалов. Трубы, железобетонные элементы каналов и камер, фасонные элементы, арматуру и другие изделия доставляют с заводов-изготовителей и баз по спецификации в согласованные сроки. Для складирования труб на дорожных покрытиях должны быть лежни. Раскладку труб и элементов каналов (при канальной прокладке) на трассе производят по схеме, разработанной проектом производства работ, учитывающим местные условия. Трубы и железобетонные элементы каналов укладывают вдоль улицы параллельно оси теплопровода с таким расчетом, чтобы они не мешали движению транспорта и пешеходов.

До начала земляных работ, разборки дорожных покрытий завозят: типовые щиты ограждения; пешеходные мостики из расчета установки их через каждые 50, 100 м; щиты для ограждения деревьев; щиты и короба для ограждения люков колодцев, водосточных решеток; водопропускные лотки. Материалы, не допускающие открытого хранения, а также инструмент размещают в складских временных сооружениях.

Разборка дорожных одежд. В случаях когда трасса теплопроводов проектируется под проезжей частью, дорожные покрытия разбирают в период подготовительных работ. Дорожное покрытие по бетонному основанию вскрывают по 10 см шире верхней части ширины траншеи на каждую сторону. Штучные дорожные материалы сохраняют для повторного применения,

асфальт отправляют на завод для переработки. При других конструкциях дорожных покрытий их разбирают по 25 см с каждой стороны.

Булыжные и асфальтовые покрытия разбирают с помощью плужных приспособлений и рыхлителей в прицепе к тягачу или автомобилю и кирковщиков. Покрытие на бетонном основании и усовершенствованные дорожные одежды разрабатывают механическим бетоноломом, устанавливаемым на автомобиле. В случаях когда оказывается невозможным применить механизм или при малых объемах работ используют пневматические отбойные молотки.

На широких городских улицах и бульварах тепловые сети прокладывают в зеленых зонах. В этих случаях верхний растительный слой грунта монтажной полосы сгребают бульдозером и складывают отдельно и затем используют при городских озеленительных работах или восстановлении (рекультивации) нарушенных посадочных земель. Рекультивация должна быть выполнена до наступления морозов. После того как все необходимое для начала работ завезено на трассу, установлены все ограждения и пешеходные мостики, сделана проводка сигнального (предупреждающего) электроосвещения и приняты все меры по обеспечению безопасности как работающих, так и пешеходов, приступают к разборке дорожных одежд и производству земляных работ.

§ 3.3. Земляные работы

Реконструкция тепловых сетей сопровождается производством земляных работ, достигающих больших объемов. При прокладке магистральных трубопроводов больших диаметров в каналах от ТЭЦ размеры траншей иногда достигают ширины, равной всей проезжей части улиц, по которым они прокладываются. При реконструкции теплопроводов приходится выполнять следующие виды земляных работ: рытье траншей и котлованов с укладкой грунта в отвал или в транспортные средства; вывоз грунта; засыпку траншей и котлованов с проложенными сетями, каналами и камерами. Производство всего комплекса земляных работ в городских условиях требует особой тщательности их выполнения.

Земляные работы по сравнению с другими являются наиболее трудоемкими и поэтому выполняются механизированным способом, и только в отдельных случаях, когда не представляется возможным использовать механизмы, применяется ручной труд в небольших объемах. При проектировании организации земляных работ в условиях реконструкции следует руководствоваться требованиями СНиП 3.01.01—85, СНиП 3.05.03—85, СН 536-81. Земляные работы в условиях реконструкции часто приходится выполнять в стесненных условиях при относительно больших объемах работ, выполняемых вручную из-за стесненности, наличия большого количества коммуникаций, трудности применения средств механизации.

В составе проекта производства работ при реконструкции должен быть разработан раздел «Производство земляных работ», его основными вопросами и документами являются: а) стройгенплан, на котором обозначены места выполнения земляных работ, пересекающие их или расположенные на них коммуникации, геодезические знаки, пути движения транспорта, места стоянок машин для земляных работ и др.; б) объемы земляных работ с указанием их вида, места выполнения; в) графики выполнения работ с указанием числа смен работы и условий выполнения; г) графики работы машины и т. д.

Исходными данными при решении вопросов организации и технологии земляных работ являются: а) конструктивные и планировочные решения по реконструкции тепловых сетей и сетевых сооружений; б) проект организации реконструкции для данных тепловых сетей и сооружений; в) материалы предпроектных обследований реконструируемых тепловых сетей; г) материалы дополнительных обследований, проведенных в период разработки ППР (р).

Рытье траншей. Для рытья траншей для теплосетей и котлованов под камеры используют одноковшовые экскаваторы, которые представляют собой самоходные *машины цикличного действия. Эти землеройные* машины предназначены для рытья и погрузки в транспортные средства или отсыпки в отвал грунтов большинства групп. Одноковшовые экскаваторы имеют ходовое, силовое и рабочее оборудование.

По ходовому устройству строительные экскавато-

ры подразделяют на гусеничные и пневмоколесные. Пневмоколесные экскаваторы в силу их мобильности успешно используют на малых строительных объектах, расположенных на значительном расстоянии друг от друга. В отличие от гусеничных эти экскаваторы могут быстро передвигаться по дорогам, пригодным для автотранспорта, не деформируя их покрытия. Пневмоколесные экскаваторы широко используют для производства земляных работ в городских условиях. Экскаваторы на гусеничном ходу используются главным образом по бездорожью. Экскаваторы бывают одномоторные и многомоторные. Применяемые в настоящее время одноковшовые экскаваторы в своем большинстве имеют одномоторный привод. В качестве двигателей используют тракторные дизели.

Одноковшовые экскаваторы имеют сменное рабочее оборудование. Для производства земляных работ используют следующее сменное рабочее оборудование: прямая лопата, обратная лопата, драглайн и грейферный ковш. Одноковшовые универсальные экскаваторы могут использоваться как струги, копры, краны и др. благодаря сменному оборудованию. Для производства земляных работ одноковшовые экскаваторы характеризуются следующими основными параметрами: емкостью ковша, радиусами резания и выгрузки (в отвал и в транспортные средства), глубиной резания, производительностью и видом ходовой части.

Для строительства теплопроводов в городах чаще всего применяют одноковшовые экскаваторы, преимущественно оборудованные обратной лопатой емкостью до 0,5 м^3. Они роют траншеи прямоугольного и трапецеидального поперечного сечения, оставляя отвал грунта треугольного сечения (рис. 3.1). Для рытья траншеи большой ширины используют драглайны, а при очень глубоких выемках — грейферы. Эти механизмы обладают значительно большими радиусами резания и выгрузки, а также глубиной копания по сравнению с обратными лопатами. В зависимости от используемого оборудования, емкости ковша и условий работы экскаваторы имеют различную производительность, которая колеблется в больших пределах.

Одноковшовые экскаваторы имеют ряд преимуществ. Главным из них является большая маневренность, в связи с чем они находят широкое применение

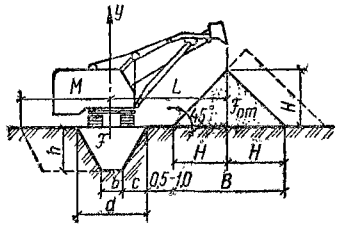


Рис. 3.1. Рытье траншеи одноковшовым экскаватором с обратной лопатой

как в городских, так и в полевых условиях. Одноковшовые экскаваторы на пневмоколесном ходу мобильны и при передвижении и работе не портят дорожных одежд и поэтому могут использоваться на улицах и проездах с любым дорожным покрытием. Такие экскаваторы могут делать отвалы, а также грузить грунт в автотранспорт. Однако одноковшовые экскаваторы имеют некоторые недостатки. Одним из главных недостатков любого одноковшового экскаватора является то, что он при рытье не создает ровного дна, в связи с чем за ним всегда приходится делать подчистку дна, выполняемую бульдозером (при широких траншеях) или вручную.

Для производства траншейных работ и рытья котлованов наибольшее распространение получили одноковшовые экскаваторы емкостью от 0,25 до 1 м^3. Основные характеристики экскаваторов приведены в табл. 3.1. На окраинных или загородных участках, а также в тех случаях, когда требуется большая емкость ковша, применяют экскаваторы и на гусеничном ходу. Это обычно бывает, когда роют траншеи большой ширины поверху. В этих же случаях для рытья траншей и больших котлованов используют драглайны.

Выбор экскаватора. Экскаватор (одноковшовый) выбирают в зависимости от величины поперечных сечений траншеи и отвала грунта, а также заданной производительности землеройной машины. Наименьшая ширина дна траншеи b при канальной прокладке тепловых сетей должна быть равной ширине канала с учетом опалубки (на монолитных участках), гидроизоляции, попутного дренажа и водоотливных устройств, конструкции крепления траншеи с добавлением 0,2 м. При этом ширина траншеи должна быть не менее 1 м. При необходимости работы людей между наружными гранями конструкции канала и стенками или откосами

Таблица 3.1. Технические характеристики одноковшовых экскаваторов

Показатель	ЭО-2621А	ЭО-3322А	Э-302Б, Э-302БС	Э-304В	Э-652Б, Э-652БС	Э-10011Д, ЭО-5111АС
Вместимость ковша обратной лопаты, м³	0,25	0,5	—	0,4	—	—
Вместимость ковша прямой лопаты, м³	—	—	0,4	—	0,65	1
Наибольшая глубина копания, м	3	5	—	—	—	—
Наибольший радиус копания, м	5	8,2	5,9	7,8	7,8	9,2
Наибольшая высота копания, м	—	—	6,2	—	7,9	8,2
Наибольший радиус выгрузки, м	—	—	5,4	6,8	7,2	8,2
Наибольшая высота выгрузки, м	—	5,1	—	5,44	—	—
Глубина копания обратной лопатой, м:						
траншеи	—	—	—	4,2	—	—

котлована	—	—	—	2,8	—	—
Скорость передвижения, км/ч	2,1—1,9	до 20	до 15,4	1,15—5,15	1,7—3,01	2
Мощность двигателя, кВт	45	55	37	37	55—60	80
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм	6480×2200××3900	9600×2640××3840	4140×2688××3130	4860×3140××3140	4990×2880××3500	5870×3100××3600
Масса, кг	5700	13 500	11 700	13 400	21 200	3500
Сменное рабочее оборудование			(Э-302Б) 12740 (Э-302Б)		(Э-652Б) 21600 (Э-652БС)	(Э-10011Д) 35500 (ЭО-5111А С)
Сменное рабочее оборудование	Прямая и обратная лопаты, грейфер, кран, бульдозерный отвал	Обратная лопата, грейфер, погрузочные ковши, крюковая подвеска	Прямая и обратная лопаты, драглайн-грейфер, кран (Э-302Б)	Обратная лопата, драглайн-кран	Прямая и обратная лопаты, драглайн-кран, грейфер	Прямая и обратная лопаты, драглайн-кран, грейфер

траншеи ширина в свету должна быть не менее: 0,7м — для траншей с вертикальными стенками и 0,3 м — для траншей с откосами.

Наименьшая ширина дна траншей b при бесканальной прокладке труб должна быть равной расстоянию между наружными боковыми гранями изоляции крайних трубопроводов тепловых сетей (попутного дренажа) с добавлением на каждую сторону для трубопроводов условным диаметром $D_у$ до 250 мм — 0,3 м, свыше 250 до 500 мм — 0,4 м, свыше 500 до 1000 мм — 0,5 м. Ширину приямков в траншее для сварки и изоляции стыков труб при бесканальной прокладке трубопроводов следует принимать равной расстоянию между наружными боковыми гранями изоляции крайних трубопроводов с добавлением 0,6 м на каждую сторону, длину приямков — 1 м и глубину от нижней грани изоляции трубопроводов 0,7 м, если другие требования не обоснованы рабочими чертежами.

Ширину траншей и котлованов поверху a (при работе с откосами) принимают в зависимости от характера грунта и глубины выемки. Ширина a равна ширине траншеи понизу плюс удвоенная величина заложения откоса c.

$$a = b + 2c; \quad c = hm,$$

где h — глубина траншеи, котлована, м; m — коэффициент откоса.

Обычно для рытья траншеи экскаватор перемещается по оси ее симметрии. В этом случае половина ширины траншеи поверху a бывает меньше радиуса резания экскаватора $R_{рез}$ и при выборе экскаватора не требуется каких-либо расчетов. Однако часто возникает вопрос о размещении отвала грунта.

Расчеты обычно ведут, приведя объемы к плоским фигурам, для чего вырезают участок траншеи длиной 1 м, значение объема которого будет совпадать с величиной площади поперечного сечения траншеи. Величина N — расстояние от оси вращения экскаватора y до крайней точки разгрузки ковша экскаватора — равна:

$$N = \sqrt{R^2_{выгр} - l^2_п},$$

где $R_{выгр}$ — радиус выгрузки экскаватора; $l_п$ — длина рабочей передвижки экскаватора.

Если принять, что весь грунт остается у траншеи, а угол откоса свеженасыпанного грунта равен 45°, то высота отвала грунта

$$H = \sqrt{F_{от}} = \sqrt{Fk},$$

где $F_{от}$ — площадь поперечного сечения отвала грунта, м²; F — площадь поперечного сечения траншеи, м²; k — коэффициент первоначального разрыхления грунта (по ЕНиР, сборник 2, выпуск 1) от 1,1 до 1,3.

Если часть грунта, вытесняемую прокладываемыми подземными коммуникациями (каналом, трубопроводами), выводят в процессе экскавации, то из $F_{от}$ вычисляют соответствующую приведенную площадь (вывозимого грунта). При траншеях большей ширины ось движения экскаватора смещают в сторону отвала и проверяют максимально возможную ширину части траншеи M:

$$M = \sqrt{R_{рез}^2 - l_п^2},$$

где $R_{рез}$ — максимальный радиус резания грунта экскаватора.

Определив размеры траншеи и отвала, подбирают экскаватор по соответствующим параметрам: радиусам резания и выгрузки, высоте и глубине копания, которая должна быть не менее трехкратной высоты ковша экскаватора. Выбор начинают с обратных лопат: если они по габаритам не подходят, выбирают драглайны, параметры которых больше. Если выбранный экскаватор не удовлетворяет по заданной производительности, то принимают экскаватор с большей вместимостью ковша. По рассчитанным размерам траншеи и отвала грунта определяют ширину фронта работ.

Транспорт грунта. В стесненных условиях, когда грунт, разрабатываемый в траншеях и котлованах, нельзя оставлять у мест разработки, его погружают в транспортные средства и отвозят к месту обратной засыпки других выемок. При траншеях больших размеров не бывает возможности разместить отвал грунта. В этих случаях грунт при рытье вывозят в кавальер, а засыпку ведут привозным из кавальера грунтом. Лишний грунт, вытесняемый прокладываемыми сетями, подлежит вывозу на другие участки. Независимо от того, является ли грунт лишним или возникает необходимость в устройстве кавальеров, вывоз грунта производят в процессе рытья траншей и котлованов

с одновременной погрузкой грунта экскаватором в автомобили-самосвалы. Рациональную грузоподъемность самосвалов в зависимости от дальности возки грунта принимают по табл. 3.2.

Таблица 3.2. Рациональная грузоподъемность самосвалов

Расстояние транспортирования грунта, км	Грузоподъемность автомобилей-самосвалов при различной вместимости ковша экскаватора, м³				
	0,4	0,65	1	1,25	6
0,5	4,5	4,5	7	7	10
1	7	7	10	10	10
1,5	7	7	10	10	12
2	7	10	10	12	18
3	7	10	12	12	18
4	10	10	12	18	18
5	10	10	12	18	18

Крепление траншей и котлованов. Рытье траншей и котлованов во всех возможных случаях производят без креплений с устройством откосов, так как крепления требуют больших затрат материалов и труда, а производство работ при установленных креплениях значительно усложняется. Чаще всего крепления делают в тех случаях, когда глубина выемки и размеры строительной площадки не позволяют делать широкие поверху траншеи и котлованы. В условиях реконструкции в связи со стесненностью в основном траншеи и котлованы под камеры и сооружения роют с вертикальными стенками. В целях сокращения времени, затрачиваемого на земляные работы, все конструкции креплений должны быть инвентарными. Крепления бывают различными в зависимости от вида и глубины выемки, а также от характера грунта и его влажности.

Вертикальные стенки траншей глубиной до 3 м в связных грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод крепят инвентарными щитами с прозорами (рис. 3.2, *а*). При тех же грунтовых условиях, но при глубине траншеи более 3 м устанавливают сплошные крепления без прозоров. Если грунты несвязанные или слоистой структуры, то устанавливают сплошные крепления независимо от глубины траншеи. Крепления (щиты и доски) удерживаются с по-

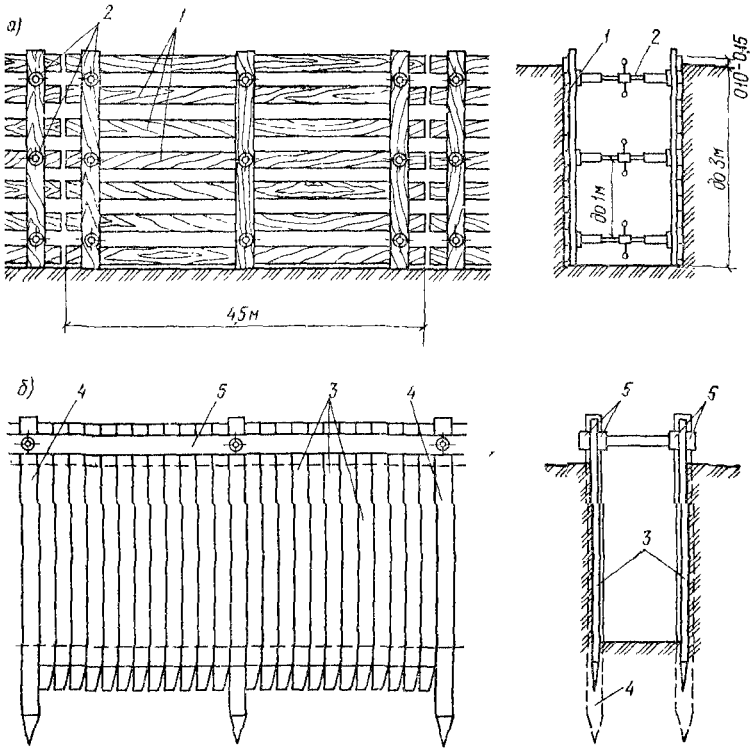


Рис. 3.2. Крепление стенок траншей

а — щитами с прозорами; б — шпунтовым рядом; 1 — доски с прозорами; 2 — раздвижная инвентарная распорка; 3 — деревянный шпунт; 4 — сваи; 5 — направляющие брусья

мощью стальных инвентарных раздвижных распоров, устанавливаемых поперек траншеи. В водоносных грунтах при сильном притоке грунтовых вод и возможном выносе частиц грунта для крепления стенок траншей и котлованов применяют шпунтовое ограждение (рис. 3.2, *б*), которое может быть деревянным, металлическим и железобетонным в зависимости от глубины и ширины выемки.

Для котлованов часто применяют крепление вертикальных стенок в виде свай с забивкой между ними досок или брусьев. Сваи обычно бывают из прокатной стали двутаврового поперечного сечения. Номер дву-

тавра, расстояние между ними и толщину досок забирки определяют по расчету. Крепления из досок устанавливают по мере разработки выемки; шпунтовые ряды и сваи забивают до рытья котлованов и траншей. Крепления траншей и котлованов разбирают по мере их засыпки (снизу вверх). В отдельных случаях, когда разборка креплений может вызвать осадку соседних сооружений, крепления не разбирают, оставляя их в земле.

Борьба с грунтовыми водами. При разрытии городских улиц особое значение приобретает своевременная и надежная борьба с грунтовыми водами в процессе реконструкции. В зависимости от характера грунтовых вод используют три метода борьбы с ними: водоотвод, водоотлив и искусственное понижение уровня грунтовых вод. Производство земляных работ в условиях города связано с нарушением организованных городских стоков поверхностных вод. Поэтому до начала земляных работ предусматривают прокладку временных водоотводящих средств с таким расчетом, чтобы избежать попадания дождевых вод в траншеи.

Водоотвод на городских улицах осуществляют следующим образом. Если водосточные лотки и канавы попадают под отвалы грунта, в них до начала земляных работ прокладывают водоотводные просмоленные лотки в виде коробов и желобов.

Водоотлив производят откачкой грунтовой воды из траншей и котлованов. В пониженных точках траншей и котлованов роют небольшие приямки (зумпфы) для стока-приема грунтовых вод. Из этих приямков воду откачивают центробежными, поршневыми диафрагмовыми насосами с механическим приводом.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод производят обычно легкими (вакуумными) или эжекторными иглофильтровыми установками. Иглофильтр (вакуумный ЛИУ) представляет собой стальную трубу диаметром 40—50 мм, оканчивающуюся фильтровым завесом с большим числом отверстий на его поверхности, через которые всасывается грунтовая вода. Иглофильтры располагают вдоль будущей траншеи (рис. 3.3) или по периметру будущего котлована. Для погружения в грунт иглофильтр устанавливают вертикально и через шланг, присоединенный к верхней части иглофильтра, пускают воду. Выходящая из тор-

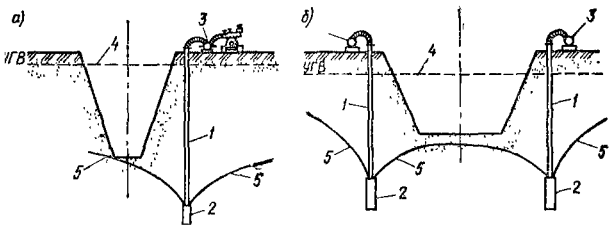


Рис. 3.3. Установка легких иглофильтров вдоль траншеи

а — однорядная; б — двухрядная; 1 — иглофильтр (труба); 2 — фильтровое звено; 3 — водовсасывающий коллектор; 4 — уровень грунтовых вод до понижения; 5 — депрессионная кривая (уровень грунтовых вод после понижения)

ца струя размывает грунт под иглофильтром, который опускается на необходимую глубину под собственным весом. Иглофильтры соединяют с водовсасывающим коллектором, который присоединяется к насосному агрегату. Вакуум-насос отсасывает воду из коллектора. При откачке воды из грунта уровень ее около иглофильтров понижается и образуется граница между водоносным и осушенным грунтом в виде выпуклой поверхности, называемой депрессионной. Откачиваемая из иглофильтров вода отводится по трубам за пределы осушаемого участка.

Величина понижения уровня грунтовых вод легкими иглофильтровыми установками (ЛИУ) составляет: при расположении иглофильтров в один ряд 2—3,5 м; при расположении с двух сторон траншеи или по замкнутому контуру котлованов 4—4,5 м. Эжекторные иглофильтры — это водоводяные насосы, у которых нагнетаемая вода посредством сопла засасывает грунтовую воду. Они понижают уровень грунтовых вод одним ярусом на глубину 8—18 м. Искусственное понижение уровня грунтовых вод представляет собой как бы осушение грунтов, в результате чего разработку их можно производить обычными методами. Для обеспечения нормальной разработки осушенных грунтов необходима круглосуточная (без перерывов) работа водопонизительных установок.

Засыпка траншей. Обратная засыпка траншей и котлованов в условиях реконструкции в наиболее общем случае включает доставку грунта, отсыпку его, разравнивание и уплотнение. В отличие от нового строитель-

ства грунт для обратной засыпки во многих случаях находится не у места его засыпки, а на удалении от него. Засыпку траншей и котлованов следует выполнять сразу после прокладки тепловых сетей. Засыпку теплопроводов, проложенных в каналах и бесканальным способом, проводят с большой осторожностью, чтобы не сдвинуть трубопроводы и не повредить их изоляцию или конструкцию каналов и камер. При засыпке грунт тщательно уплотняют. Работы производят в такой последовательности.

При бесканальной прокладке до начала гидравлического испытания трубопроводы присыпают грунтом, оставляя незасыпанными стыки. Грунт в пазухах уплотняют одновременно с двух сторон, укладывая его слоями толщиной не более 20 см на высоту не менее половины диаметра трубопроводов. По окончании гидравлического испытания производят засыпку грунта слоями над стыками с тщательным уплотнением. После этого трубопроводы засыпают с послойным уплотнением по всей ширине траншеи на высоту не менее 50 см над верхом трубопроводов.

При прокладке трубопроводов в каналах вначале производят засыпку пазух. К засыпке приступают по окончании всех работ, как по самому трубопроводу, так и по каналам и камерам. Засыпку ведут с послойным уплотнением грунта с толщиной слоя не более 20 см одновременно с обеих сторон каналов. Засыпку пазух с тщательным уплотнением производят не менее $^2/_3$ высоты канала. Механическое сбрасывание грунта в траншеи разрешается производить после выполнения указанных требований. Для этой цели используют обычно бульдозеры. В тех случаях, когда прокладка теплосетей осуществляется непосредственно под проезжей частью, к засыпке траншей предъявляют повышенные требования в отношении уплотнения грунта, так как осадки грунта под дорожным покрытием не допускаются. В этих случаях целесообразно использовать грейферы с последующим разравниванием и уплотнением грунта.

Техническими средствами для уплотнения грунта в условиях реконструкции являются: а) виброплиты самопередвигающиеся массой 150, 200, 270, 500, 700, 1100 и 1400 кг; б) трамбовки электрические массой 28, 80 и 160 кг; в) вибротрамбовки, подвешиваемые к кра-

ну или экскаватору, массой 2600 кг. Если грунт, в котором прокладываются теплопроводы, оказывается непригодным для засыпки, его вывозят в процессе экскавации, а засыпку производят песком, особенно в тех случаях, когда предполагаются усовершенствованные дорожные покрытия. Вне пределов городской застройки или на участках, где нет дорожных покрытий и допускается естественная осадка грунта после засыпки траншей, над ними устраивают валики из грунта с расчетом на постепенную осадку. Для образования валика оставляют следующий запас грунта, %: для мелких песков — 3, для супесков и легких суглинков — 6, для тяжелых суглинков и глин — 10. В местах просадок со временем производят дополнительную подсыпку.

Производство земляных работ в зимнее время. В осеннее и зимнее время при минусовых температурах воздуха большинство грунтов, содержащих влагу, резко меняет свои свойства. Это объясняется тем, что вода, превращающаяся в лед, связывает минеральные частицы грунта в твердое тело, причем чем больше воды замерзнет в грунте, тем крепче становится грунт (капиллярная вода замерзает при низких температурах). В результате этого трудность разработки мерзлых грунтов по сравнению с талыми значительно увеличивается. Грунт промерзает в тех географических районах, где бывает устойчивая минусовая температура воздуха в относительно длительные периоды времени года. В южных районах СССР, например, промерзания грунта не отмечается, а в северных — имеются значительные территории (48 % всей территории СССР) с вечномерзлыми грунтами. Промерзание грунта в средней полосе носит сезонный характер и достигает своего максимума (в среднем) в феврале-марте.

Глубина промерзания и твердость замерзшего грунта зависят от длительности и величины зимних морозов, от характера грунтов, от уровня грунтовых вод, от наличия растительного слоя, листвы или хвои на поверхности земли, толщины снегового покрова и других явлений. Для облегчения разработки мерзлых грунтов при производстве земляных работ используют следующие мероприятия: предохранение грунтов от глубокого промерзания, оттаивание мерзлых грунтов, рыхление мерзлых грунтов механизированными способами.

Предохранение грунтов от глубокого промерзания производят следующими основными способами: укрытием теплоизоляционными материалами (торфом, шлаком и т. п.), вспахиванием и боронованием грунта или удержанием снегового покрова, глубоким рыхлением. Вспахивание производят плугами и рыхлителями с тракторами на глубину не менее 35 см с последующим боронованием на глубину 15 см. Задержание снегового покрова осуществляют устройством валов из грунта или снега, а также установкой снегозадерживающих щитов. Глубокое рыхление выполняют путем перелопачивания грунта экскаватором на глубину возможного промерзания, но не более 1,5 м. Вспахивание и глубокое рыхление производят до наступления заморозков.

Разработка мерзлого грунта одноковшовыми экскаваторами с обратной и прямой лопатой без предварительного рыхления допускается при толщине мерзлого слоя до: 25 см с вместимостью ковша 0,5—0,65 м^3 и 40 см с вместимостью ковша 1—1,25 м^3. Мерзлый слой толщиной до 0,7 м дробят падающими грузами, подвешиваемыми к тросу стрелы экскаватора или крана. Падающие грузы в виде шара, грушевидной формы и в виде клина изготавливают из стального литья. Дробление производят самоходными и стреловыми кранами или экскаваторами, оборудованными фрикционными лебедками. Скалывание грунта происходит после нескольких ударов по одному следу. При глубине промерзания 1,3—1,5 м и больших объемах мерзлого грунта применяют взрывной способ — наиболее экономичный и эффективный. Однако этот метод используют только в свободных от застройки местах. На городских улицах при большой толщине мерзлого слоя применяют экскаваторные рыхлители или аналогичное сменное оборудование к тракторам и экскаваторам. Работу организуют при совместном рыхлении и разработке грунта.

Способы оттаивания мерзлых грунтов производят ограниченно и только в тех случаях, когда нельзя использовать другие более экономичные способы (до 50 м^3). Существуют два основных метода оттаивания грунта: поверхностный и радиальный (глубинный). Поверхностный способ заключается в том, что оттаивание грунта производится с поверхности зем-

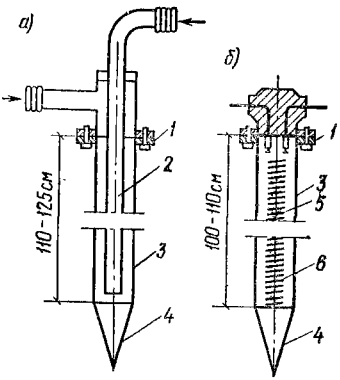


Рис. 3.4. Иглы для оттаивания грунта

а — водяная циркуляционная; *б* — электрическая; *1* — фланец; *2* — внутренняя трубка; *3* — труба; *4* — наконечник; *5* — нихромовая спираль; *6* — асбестовый порошок

ли нагревательными элементами в виде электропечей или непосредственным воздействием огня на мерзлый грунт. Поверхностный способ малоэффективен и применяется при очень малых объемах работ и толщине мерзлого слоя менее 40 см.

Радиальный способ отогревания используют при толщине мерзлого грунта более 40 см. Прогрев грунта производят при помощи нагревательных приборов в виде игл, устанавливаемых в пробуренные в мерзлом слое скважины. Иглы могут быть электрические, водяные циркуляционные (рис. 3.4) и паровые. Электрические иглы делают из труб длиной 1—1,5 м, внутри которых размещают электрические нагревательные элементы сопротивления из нихромовой проволоки. Устанавливают иглы в пробуренные скважины. Водяные иглы требуют устройства специальной котельной, а теплопроводы — постоянного надзора, так как в сильные морозы бывают случаи их замерзания. Паровые иглы также требуют устройства специальной котельной и, кроме того, имеют большой недостаток, выражающийся в том, что грунт обильно насыщается водой, что для зимних условий работ крайне нежелательно. Водяные и паровые иглы неэкономичны и используются очень редко.

Траншеи — котлованы, разработанные в зимних условиях, должны быть предохранены от промерзания грунта в основании путем недобора грунта или укрытия утеплителями. Снятие утеплителя и зачистку осно-

вания производят непосредственно перед устройством оснований каналов или трубопроводов, а также камер. Засыпку траншей и пазух котлованов в зимнее время ведут при условии, что количество мерзлых комьев в грунте не должно превышать 15 % общего объема засыпки. Пазухи засыпают талым грунтом. Траншеи, разработанные в зимнее время, следует немедленно после окончания всех работ засыпать на всю глубину талым грунтом с тщательным послойным уплотнением.

§ 3.4. Сборно-сварочные работы при монтаже теплопроводов

Для соединения стальных труб сварка получила широкое распространение как в строительстве, так и при реконструкции тепловых сетей. В трубопроводном строительстве используют электродуговую автоматическую, полуавтоматическую и ручную сварку труб. Реже применяют контактную сварку. Газовую сварку используют для труб малых диаметров (с небольшой толщиной стенки труб). Вместе с тем газ широко используют для резки труб. Способы сварки, а также типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений стальных трубопроводов должны соответствовать ГОСТ 16037—80.

Отрезка труб и подготовка кромок к сварке. Трубы под отрезку размечают согласно чертежу с помощью стальной рулетки, линейки, угольника или по изготовленному шаблону. Риски на поверхности труб наносят чертилкой. Отрезают трубы в соответствии с разметкой и проверяют перпендикулярность торца по отношению к образующейся наружной поверхности трубных деталей наложением угольника или приспособления на базовую поверхность длиной не менее 100 мм. Под сварку трубы отрезают с помощью трубоотрезных станков, переносных труборезов, газовой резкой.

Вместе с тем в настоящее время созданы и выпускаются промышленностью высокопроизводительные ручные машины и средства малой механизации, которые позволяют значительно увеличить производительность труда при выполнении трудоемких ручных работ. Так, например, применение высокоскоростных шлифовальных машин с абразивными армированными

кругами повышает производительность труда на операциях резки и зачистки в 3—3,5 раза. Данные об эффективности использования новых ручных машин и средств малой механизации на трудоемких ручных операциях убедительно свидетельствуют о необходимости их широкого внедрения в практику. Поэтому одним из основных направлений технического прогресса в области дальнейшего сокращения ручного труда и повышения производительности труда является широкое использование эффективных средств малой механизации и ручных машин в сочетании с прогрессивными рабочими инструментами.

В настоящее время выпускаются различные типы высокоскоростных электрических (табл. 3.3) и пневматических (табл. 3.4) шлифовальных машин. В отличие от электрических машин пневмомашины имеют как угловую, так и прямую компоновку. Абразивный круг представляет собой по сути многорезцовый инструмент, так как каждое абразивное зерно круга производит работу резания подобно резцу. Процесс абразивного резания отличается высокой производительностью благодаря высокой скорости резания, большому количеству режущих зерен и их значительной твердости. Абразивные зерна удерживаются в круге связкой до тех пор, пока они обладают режущей способностью и отделяются от круга по мере затупления. Кроме того, в процессе резания под действием давления на инструмент происходит скалывание зерен и образование на них новых острых граней. Совокупность этих двух процессов обеспечивает самозатачиваемость круга и его непрерывную, до полного срабатывания, работоспособность.

В последнее время во многих отраслях промышленности и в строительстве получили распространение абразивные армированные круги. Круги, предназначенные для ручных машин, выпускаются диаметром 180 и 230 мм, толщиной 3,0 и 6,0 мм. Эти круги могут быть использованы для выполнения следующих основных операций: а) резки труб и профильного металла из углеродистых и легированных сталей; б) вырезки окон в листовом металле; в) зачистки корня сварного шва; г) снятия и зачистки фасок под сварку у листового металла и труб; д) удаления дефектных сварных швов и т. д.

Таблица 3.3. Технические характеристики электрических шлифовальных машин для работы с абразивными армированными кругами

Параметры машины	Марка машины			
	ИЭ2102Б	ИЭ2103Б	ВА-230	Ш-178-1
Диаметр абразивного круга, мм	230	180	230	180(178)
Частота вращения шпинделя, $мин^{-1}$	6460	8350	6600	3500
Потребляемая мощность, кВт	2,08	2,08	1,9	1,9
Напряжение, В	36	36	50	50
Частота тока, Гц	200	200	500	50
Масса (без круга), кг	8,2	8,2	6,7	6,7

Таблица 3.4. Технические характеристики пневматических шлифовальных машин для работы с абразивными армированными кругами

Параметр машины	Марка машины			
	П21	П22	ИП2204	ИП2205
Диаметр абразивного круга, мм	180	230	180	230
Частота вращения шпинделя, $мин^{-1}$	8500	6000	8500	6500
Мощность, Вт	1470	2500	1900	2000
Давление воздуха в сети, МПа ($кгс/м^2$)	0,005 (5,0)	0,005 (5,0)	0,005 (5,0)	0,005 (5,0)
Расход воздуха, $м^3/мин$	2,0	1,9	2,0	2,5
Масса (без круга), кг	4,5	5,6	4,5	6,6
Тип машины	Прямая	Прямая	Торцевая	Торцевая

Одним из наиболее простых и эффективных способов зачистки металла от коррозии, удаления окалины на различных по форме и размерам поверхности изделиях, профилях, трубах, зачистки сварных швов от шлака, снятия заусенцев и скругления острых кромок деталей и других операций, выполняемых на монтаже тепловых сетей, является зачистка специальными металлическими щетками с приводом от ручных машин. Основными типами щеток являются радиальные и торцовые, которые, в свою очередь, различаются по диаметру используемой проволоки, способу заделки и типу ворса, длине выступающей части ворса, ширине

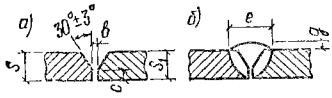


Рис. 3.5. Сварной шов с размерами кромок
а — подготовка кромок; *б* — сварной шов

и плотности рабочей части ворса, наружному диаметру и диаметру посадочного отверстия. Указанные металлические щетки можно использовать на ручных шлифовальных машинах, имеющих угловую, торцевую и прямую компоновку, шлифовальных машинах с гибким валом, а также на специальных ручных машинах для привода металлических щеток.

Перед сборкой стыка для сварки необходимо выполнить следующее: очистить внутреннюю и внешнюю поверхность труб от грунта и других загрязнений; выправить и в случае необходимости обрезать кромки деформированных концов труб; очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхность на ширину не менее 10 мм. Ручная дуговая сварка труб со стенками толщиной до 4 мм и автоматическая сварка труб со стенками толщиной до 6 мм включительно производятся без скоса кромок. Подготовку кромок труб к сварке и сварку стыков труб производят в соответствии с ГОСТ 16037—80. Размеры кромок и сварного шва, показанные на рис. 3.5, должны соответствовать данным табл. 3.5.

Смещение кромок труб при их стыковке не должно превышать следующих размеров при толщине стенок труб S, мм: свыше 3 до 6—0,1 S+0,3; свыше 6 до 10—0,15 S; свыше 10 до 20—0,05 S+1,0. Стыки трубопроводов диаметром 920 мм и более, свариваемые без остающегося подкладного кольца, должны быть выполнены с подваркой корня шва внутри трубы. При сборке и сварке стыков труб без подкладного кольца смещение кромок внутри трубы не должно превышать: для трубопроводов, на которые распространяются требования Правил Госгортехнадзора СССР, в соответствии с этими требованиями; для других трубопроводов — 20 % толщины стенки трубы, но не более 3 мм. В стыках труб, собираемых и свариваемых на остающемся подкладном кольце, зазор между кольцом и внутренней поверхностью трубы не должен превышать 1 мм.

Таблица 3.5. Размеры кромок и сварных швов, мм

Толщина стенки, мм	Зазор между кромками b		Притупление кромки c		Ширина сварного шва e		Усиление сварного шва g	
	номинальный	предельное отклонение	номинальное	предельное отклонение	номинальная	предельное отклонение	номинальное	предельное отклонение
3 4	1,0	+0,5	0,5	+0,5	7 8	+2	1,5	+1,5 −1,0
5 6 7	1,5		1,0	±0,5	9 11			
8					12 13	+3		
10 12 14	2,0	+1,0	1,0		16 18 21	+4	2,0	+2,0 −1,5
16 18 20		+1,5			23 26 28	+6		

Центраторы бывают наружные и внутренние. *Наружный центратор* состоит из отдельных звеньев, шарнирно соединенных между собой подобно ролико-втулочной цепи (рис. 3.6). Звенья имеют выступы, в которых укреплены втулки с роликами. Крайнее звено снабжено замком с запорно-натяжным устройством. Стыкуемые концы труб, очищенные от грязи и ржавчины, сближают между собой так, чтобы получить необходимый зазор между кромками. На будущий стык накладывают центратор, причем ролики его заходят на равные расстояния как на одну, так и на другую трубу. Затем центратор смыкают в замке, и с помощью рычага вращают винт, упирающийся в башмак, который, в свою очередь, опирается на трубу. При натяжении ролики центратора плотно прижимаются к обоим концам труб. Звеньевые центраторы применяют для труб большего диаметра. Для малых диаметров труб применяют наружные эксцентриковые центрато-

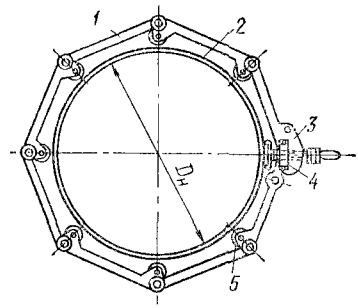


Рис 3.6. Наружный звеньевой центратор

1 — звено; *2* — труба; *3* — накидное звено; *4* — прижимное устройство; *5* — опорный ролик

ры. Натяжение таких центраторов осуществляется с помощью эксцентрикового замка путем поворота рукоятки. Эксцентриковые наружные центраторы применяют для сборки стыков труб диаметром 150—400 мм.

Внутренние центраторы, в отличие от наружных вводят внутрь труб под будущий стык. Применяют их для труб больших диаметров на строительстве магистральных трубопроводов.

После сборки стыка под дуговую сварку делают прихватки путем наложения коротких сварочных швов. К прихватке и сварке трубопроводов тепловых сетей допускаются сварщики при наличии документов на право производства сварочных работ в соответствии с Правилами аттестации сварщиков, утвержденными Госгортехнадзором СССР. При сборке стыков с помощью прихваток число их должно быть для труб диаметром до 100 мм — 1—2, диаметром от 100 до 426 мм — 3—4. Для труб диаметром свыше 426 мм прихватки следует располагать через каждые 300—400 мм по окружности.

Прихватки должны быть расположены равномерно по периметру стыка. Протяженность одной прихватки для труб диаметром до 100 мм — 10—20 мм, диаметром от 100 до 426 мм — 20—40, диаметром свыше 426 мм — 30—40 мм. Высота прихватки должна быть при толщине стенки S до 10 мм (0,6—0,7) S, но не менее 3 мм, при большей толщине стенки —5—8 мм. Применяемые для прихваток электроды или сварочная проволока должны быть тех же марок, что и для сварки основного шва.

Электродуговая ручная сварка труб. Ручная дуговая сварка поворотных и неповоротных стыков труб с толщиной стенок до 8 мм производится в один слой, а труб с толщиной стенок от 8 мм и выше — в два-три слоя электродами разных диаметров. Число слоев и диаметры электродов в зависимости от толщины металла приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6. Характеристика сварных швов

Толщина свариваемого металла, мм	Число слоев	Диаметр электродов для каждого слоя, мм		
		первый	второй	третий
2	1	2	—	—
3—4	1	3—4	—	—
5—7	1	4—5	—	—
8—10	2	4—5	6—7	—
10—15	2	4—5	6—8	—
15—20	3	4—5	6—8	8—10
Больше 20	3	4—5	8—10	10—12

Технология ручной электродуговой сварки поворотных стыков сводится к следующему. Первый слой накладывают на верхнюю полуокружность стыков секции. После этого секцию поворачивают на 180°, и сварка первого слоя продолжается на второй полуокружности стыка. Второй слой накладывают в полувертикальном положении путем постепенного поворачивания трубы. Второй слой шва, как и первый, делают с вогнутой поверхностью валика. Третий слой накладывают аналогично второму, но поворот трубы производят в обратном направлении. Третий, последний слой должен иметь выпуклую равномерную поверхность. Переход от наплавленного металла к основному должен быть равномерным по всей длине шва.

Наложение отдельных слоев шва неповоротных стыков производят следующим образом. Первый слой всего стыка проваривают обратноступенчатым швом, при этом замóк первого слоя располагают в точке зенита трубы или вблизи нее. Второй слой шва заваривают снизу вверх, а замок смещают от точки зенита на 50—70 мм. Сварку ведут поочередно или одновременно с обеих сторон трубы. Аналогичным образом заваривают третий слой шва, причем замок смещают от

зенита в противоположную сторону. Поверхность каждого слоя, кроме последнего, должна быть вогнутой и зачищенной от шлака. Необходимо также, чтобы замыкающие участки (замка) верхнего слоя не совпадали с замками нижнего слоя. По окончании сварки сварщик обязан наплавить около стыка присвоенное ему клеймо. Клеймо наплавляют или выбивают на расстоянии 30—50 мм у каждого сваренного стыка.

Автоматическая сварка под слоем флюса представляет собой процесс, при котором сварочная дуга горит, окруженная жидкой оболочкой расплавленного шлака, изолирующего расплавленный металл от влияния газов атмосферы. Под воздействием высокой температуры дуги происходит плавление как присадочного, так и основного металла трубы, в результате чего сварочная ванна представляет собой расплавленную массу металла и флюса. При включении электрического тока сварочной дуги в процессе охлаждения они разделяются на шлак, который всплывает и кристаллизуется, образуя стекловидную шлаковую корку, и на металл, который, кристаллизуясь, образует сварочный шов. Автоматическая сварка ведется при непрерывном вращении трубы, над которой установлена неподвижно сварочная головка.

Автоматическую сварку под флюсом выполняют: по первому слою, сваренному вручную, теми же электродами, которыми проводилась прихватка стыков; по первому слою шва, выполненному автоматической сваркой под слоем флюса, — внутри трубы диаметром 720 мм и более; по первому слою шва, выполненному полуавтоматической или автоматической сваркой в среде углекислого газа.

Автоматическую сварку ведут в базовых или заводских условиях на автосварочных установках, оборудованных сварочными головками, которые предназначены для непрерывной подачи электродной проволоки и флюса в зону горения дуги, для направления электрода по разделке стыка и для подвода тока к электроду. Режим сварки на установках в зависимости от диаметра свариваемых труб и завариваемого слоя: ток — 450—950 А, напряжение 40—55 В. Автоматическая сварка под слоем флюса используется для соединения поворотных стыков труб в пары или секции (из

большего числа труб), а также при сборке узлов камер и других конструкций.

Сварка труб в среде углекислого газа. Этот вид сварки, получивший название газоэлектрической, является одним из наиболее совершенных способов сварки, при котором электрическая дуга горит в струе углекислого газа. Струя углекислого газа омывает расплавленную ванну металла и защищает ее от вредного воздействия кислорода и азота воздуха. Большим достоинством газоэлектрической сварки в среде углекислого газа являются, во-первых, возможность использования ее в разных пространственных положениях, чего не удается достичь при сварке под слоем флюса, и, во-вторых, возможность сварки стыков труб без подкладных колец, с полным проваром корня шва.

Очень часто сварку в среде углекислого газа используют для сварки первого слоя шва или целиком поворотных стыков труб. Сварку первого слоя поворотных стыков в среде углекислого газа производят газоэлектрическими полуавтоматами и автоматами. Последующие слои шва по заваренному первому слою можно производить автоматической сваркой под флюсом. Установки газоэлектрической сварки состоят из источника электрического тока, стационарного пункта электрогазового питания в комплекте с автоматами или полуавтоматами. Источниками электрического тока могут быть городская сеть или передвижные электростанции с напряжением 380 В.

Полуавтоматическую сварку стыков выполняют полуавтоматами, которые состоят из переносного механизма подачи электродной проволоки, держателя со шлангом и пульта управления. Шланговый держатель полуавтомата служит для подвода сварочного тока, электродной проволоки и углекислого газа в зону сварки. Держатель состоит из рукоятки, мундштука и сопла для подачи к дуге. В рукоятке держателя вмонтированы дистанционные выключатели сварочного тока и электродвигателя механизма подачи электродной проволоки. Газоэлектрическая полуавтоматическая сварка выполняется при режиме: сварочный ток 180—220 А, напряжение на дуге 24—26 В.

Автоматическую сварку поворотных стыков в среде углекислого газа производят автоматами, состоящими из сварочной головки, узла подачи проволоки

с кассетой и пульта управления. Сварочная проволока диаметром 1,2—1,4 мм поступает в редуктор головки, который предназначен для подачи электродной проволоки с одновременным колебанием ее вместе с газовой камерой поперек шва. Углекислый газ поступает к сварочной ванне через газовую камеру. Сварочная головка размещается на опорном кронштейне автомата, где также находятся кассета с электродной проволокой и пульт управления. Режим сварки: напряжение на дуге 22—26 В, сварочный ток первого слоя 200—260 А, для второго и последующих слоев 180—200 А.

Контроль качества сварки стальных труб. Контроль качества сварных швов осуществляет строительно-монтажная организация в течение всего периода сварочных работ. Проверке подлежат: качество применяемых материалов, техническое состояние сварочного оборудования и инструмента, а также квалификация сварщиков; качество работ по операциям при сборке, прихватке и наложении швов; сварные швы (внешним осмотром). Контроль также включает проверку физическими методами сплошности швов, механическими испытаниями образцов, вырезанных из контрольных стыков, и пневматическими или гидравлическими испытаниями законченного строительством теплопровода при обеспечении безопасности работ.

Сварочные материалы проверяют сравниванием характеристик, получаемых из сертификатов, с требованиями соответствующих ГОСТов и технических условий, а также тщательным внешним осмотром. Техническое состояние сварочного оборудования и инструмента проверяют до начала и в период ведения работ, а также по документам и при необходимости по пробному стыку. Пооперационный контроль ведут в процессе сборки и сварки стыков трубопроводов. При этом проверяют правильность центровки труб, совпадение кромок, величину зазора, скос кромок, притупление и зачистку кромок, расположение и качество прихваток. Проверяют также технологию и режим сварки, порядок наложения отдельных слоев шва, форму слоев шва, зачистку шлака, отсутствие подрезов, пор, трещин и других внешних дефектов шва. Устанавливают соответствие с технологическими инструкциями.

При проведении внешнего осмотра всех стыков к ним предъявляют следующие требования: поверх-

ность наплавленного металла по всему периметру должна быть слегка выпуклой с плавным переходом от наплавленного к основному металлу без подрезов, на шве не должно быть незаваренных кратеров; высота усиления шва должна быть равной; ширина сварного шва должна быть равномерной; не допускается наличие в шве трещин любых размеров, пор, наплывов, кратеров и грубой чешуйчатости. Стыки, не удовлетворяющие по внешнему виду изложенным выше требованиям, бракуют и немедленно исправляют или удаляют.

Проверке сплошности неразрушающими методами контроля подвергают следующие сварные соединения: а) трубопроводы, на которые распространяются требования Правил Госгортехнадзора СССР, наружным диаметром до 465 мм — в объеме, предусмотренном этими Правилами, диаметром свыше 465 до 900 мм — в объеме не менее 10 % (но не менее четырех стыков), диаметром свыше 900 мм — в объеме не менее 15 % (но не менее четырех стыков) общего числа однотипных стыков, выполненных каждым сварщиком; б) трубопроводы, на которые не распространяются требования Правил Госгортехнадзора СССР, наружным диаметром до 465 мм — в объеме не менее 3 % (но не менее двух стыков), диаметром свыше 465 мм—в объеме 6 % (но не менее трех стыков) общего числа однотипных стыков, выполненных каждым сварщиком; в случае проверки сплошности сварных соединений с помощью магнитографического контроля 10 % общего числа стыков, подвергнутых контролю, должно быть проверено, кроме того, радиографическим методом.

Если теплопроводы прокладывают под железнодорожными и трамвайными путями, автомобильными дорогами, городскими проездами и при устройстве надводных, а также подземных переходов через указанные препятствия, при прокладке в коллекторах и технических коридорах, то физическим методам контроля подвергаются 100 % сварных стыков на данном участке. Сварные стыки теплопроводов бракуют, если при проверке неразрушающими методами контроля обнаружены трещины, незаваренные кратеры, прожоги, а также непровары в корне шва, выполненного на подкладном кольце.

При выявлении неразрушающимися методами контроля недопустимых дефектов в сварных швах трубо-

проводов, на которые распространяются требования Правил Госгортехнадзора СССР, производят повторный контроль качества швов, установленный этими Правилами, а в сварных швах трубопроводов, на которые не распространяются требования Правил, — в удвоенном числе стыков по сравнению с указанным выше.

При обнаружении при повторной проверке недопустимых дефектов проверяют все стыки, выполненные данным сварщиком. Испытание сварных стыков на растяжение и изгиб механическим способом производят на образцах, вырезанных из контрольных стыков, свариваемых каждым сварщиком одновременно со сваркой производственных стыков. Контрольные стыки сваривают в условиях, тождественных условиям сварки рабочих трубопроводов, с применением тех же основных и присадочных материалов и в том же положении, в каком производилась сварка производственных стыков. Для контрольных отбирают худшие из принятых по внешнему виду. Для механических испытаний отбирают число контрольных стыков, равное 0,5 % общего числа стыков, сваренных каждым сварщиком, но не менее одного стыка в месяц. Механические испытания проводят в соответствии с указаниями по ГОСТ 6996—66*.

§ 3.5. Устройство противокоррозионных покрытий стальных труб

Одной из важнейших задач при реконструкции тепловых сетей является разработка мероприятий по защите тепловых сетей от коррозии. В тепловых сетях наблюдаются два вида коррозии: внутренняя и наружная. Основной причиной появления *внутренней коррозии* является присутствие в сетевой воде растворенного кислорода. При наличии растворенной углекислоты коррозионная активность кислорода увеличивается. В водяные тепловые сети кислород попадает в основном с подпиточной водой. Скорость коррозии зависит от концентрации кислорода и скорости диффузии его к поверхности металла. Чем больше растворенного кислорода и выше температура теплоносителя, тем интенсивнее протекает процесс коррозии. Коррозионные отложения часто в виде шлама забивают арматуру

Для предупреждения внутренней коррозии необходимо поддерживать в трубопроводах избыточное давление не менее 0,05 МПа и производить подпитку только деаэрированной водой.

За водным режимом тепловых сетей должен вестись тщательный контроль, для чего не реже 1 раза в неделю производят анализ проб воды из подающего и обратного трубопроводов. Кроме этого для своевременного определения наличия и интенсивности внутренней коррозии необходимо внутри трубопроводов в характерных точках сети (на выводах ТЭЦ, на концевых участках, в двух-трех промежуточных узлах магистрали) устанавливать индикаторы, представляющие собой тарированные металлические пластины определенной формы и массы. По степени коррозии этих индикаторов за год определяют характер и интенсивность коррозии трубопроводов. На основании полученных данных разрабатывают мероприятия по устранению причин коррозии и по защите от нее трубопроводов. Если опасность внутренней коррозии практически устраняется при подпитке тепловых сетей деаэрированной водой, то наружная коррозия стальных труб до сих пор продолжает оставаться основным фактором, сокращающим долговечность тепловых сетей и наносящим существенный ущерб экономике теплоснабжения.

Наружная коррозия тепловых сетей в зависимости от способа прокладки и условий эксплуатации может быть вызвана электрохимическим взаимодействием металла труб с увлажненной тепловой изоляцией и блуждающими токами, стекающими с поверхности труб в грунт через увлажненную тепловую изоляцию. В электрохимическом процессе коррозии разрушение металла происходит в результате соприкосновения с электролитами, при котором вместе с химическим взаимодействием возникает движение электрического тока. В грунтах содержатся многие агрессивные элементы, вызывающие электрохимические реакции, поэтому коррозию труб в грунте называют почвенной. Этой коррозии наиболее подвержены бесканальные теплопроводы из стальных труб, так как химические соединения, вымываемые влагой из грунта и теплоизоляции, имеют свободный доступ к поверхности труб. В канальных прокладках почвенная коррозия встречается реже, так как стенки каналов и воздушная про-

слойка ограждают металл от прямого контакта с почвенной влагой.

Для защиты труб тепловых сетей от наружной коррозии применяют следующие способы: а) пассивную защиту с помощью изолирующих антикоррозионных покрытий, защищающих стальные трубы от внешнего воздействия; б) активную (электрическую) защиту, при которой на поверхности стальных труб создаются защитные величины потенциалов по отношению к окружающей среде. Важную роль в борьбе с коррозией играют также конструктивные и эксплуатационные мероприятия, направленные на предотвращение коррозионных процессов. К ним относятся: рациональный выбор трассы тепловых сетей; правильный выбор способа прокладки и строительно-изоляционных конструкций; искусственное понижение и отвод грунтовых и поверхностных вод; электроизоляция трубопроводов в местах опор и снижение продольного электрического сопротивления трубопроводов; ограничение утечки блуждающих токов с рельсовых путей.

В настоящее время наиболее действенным средством защиты тепловых сетей от электрохимической коррозии являются антикоррозионные покрытия (пассивная защита). Кроме антикоррозионных свойств покрытие должно обладать термостойкостью при максимальной температуре теплоносителя. В защите от коррозии нуждаются также все металлоконструкции теплосети, так как режим тепла и влаги вызывает коррозию не только труб, но и металлических опор, балок, перекрытий, мачт и т. д. Требования к качеству антикоррозионной защиты тепловых сетей обусловлены тяжелыми условиями работы подземных тепловых сетей, особенно при переменном температурно-влажностном режиме, при котором большинство изоляционных материалов и конструкций работает в увлажненном состоянии.

В результате экспериментальных работ, проведенных специализированными организациями, для защиты наружной поверхности труб от коррозии при прокладке в непроходных каналах и бесканальной был рекомендован ряд покрытий. Покрытия выбирают в зависимости от способа прокладки и температуры теплоносителя в соответствии со СНиП 2.04.07—86. Для водяных тепловых сетей с температурой теплоносите-

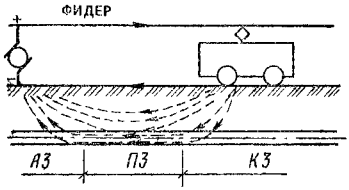
ля до 150 °С при подземной прокладке в непроходных каналах рекомендовано изоловое покрытие, которое выполняется из рулонного материала изола, наклеенного в 2 слоя на холодной мастике марки МРБ-Х-Т15. Наиболее стойким из испытанных ОРГРЭСом эпоксидных покрытий является покрытие на основе эпоксидной эмали ЭП-56, разработанной институтом ГИПИ-ЛКП. Область его применения — канальные прокладки с температурой теплоносителя до 150 °С. Эмаль наносят в 3 слоя по шпатлевке ЭП-0010 в 2 слоя с последующей термической обработкой при температуре 60 °С.

В ОРГРЭС были испытаны и рекомендованы к внедрению покрытия из органосиликатных материалов, разработанных Институтом химии силикатов АН СССР. В частности, для канальных прокладок с температурой теплоносителя до 180 °С рекомендуется покрытие из органосиликатного материала (типа ОС-51-03), наносимого в 3 слоя при термической обработке с температурой 200 °С или в 4 слоя с отвердителем естественной сушки.

Стеклоэмалевые покрытия являются наиболее стойкими антикоррозионными покрытиями по сравнению с другими, применяемыми в тепловых сетях. Для использования в канальных и бесканальных прокладках тепловых сетей с температурой теплоносителя до 300 °С рекомендованы четырехслойные стеклоэмалевые покрытия марок 105Т, 64/64, 13-111, имеющие 1 грунтовый и 3 покровных слоя, а также однослойное покрытие марки 596 по грунтовочному слою из эмали 25М. Однако широкому применению эмалирования препятствует необходимость сооружения цехов со сложной технологией, требующей значительных капитальных затрат, а также установок по эмалированию непосредственно на трассе стыков труб, фасонных частей и опор.

Одним из наиболее разработанных и эффективных методов антикоррозионной защиты тепловых сетей является нанесение металлизационных покрытий, например алюминирование. В нашей стране работает несколько механизированных и автоматизированных линий по алюминированию труб методом электродугового или газопламенного напыления. Материал для алюминирования—алюминиевая проволока—

Рис. 3.7. Схема распространения блуждающих токов



относительно доступен, экономические показатели процесса довольно благоприятны. Для условий среднего пояса СССР стоимость 1 м² покрытой слоем напыленного алюминия поверхности составляет около 2,5—3 руб., что в 3—4 раза дешевле, чем при использовании стеклоэмалирования, где стоимость 1 м² покрытия составляет около 8—12 руб. Некоторой сложностью процесса является большая затрата электроэнергии непосредственно на напыление и на необходимую подготовку поверхности с помощью дробеструйной обработки.

Защитное антикоррозионное действие металлоизоляционных алюминиевых покрытий многократно усиливается при их комбинировании с лакокрасочными покрытиями. По антикоррозионному эффекту металлизационно-лакокрасочные покрытия значительно превосходят эффект от взятых отдельно алюминиевых или лакокрасочных покрытий.

Электрическую коррозию металла вызывает блуждающий электрический потенциал между грунтом и трубопроводом. Схема коррозии подземных теплопроводов блуждающими токами показана на рис. 3.7. Электрический ток поступает от подвижного состава электрифицированных железных дорог и трамваев на рельсы и частично попадает в грунт. По сравнению с грунтом теплопровод имеет ме́ньшее омическое сопротивление, поэтому в зоне прокладки бо́льшая часть токов проходит по нему и снова выходит в грунт. Движением блуждающих токов на теплопроводе наводятся катодная (КЗ) и анодная (АЗ) зоны поляризации. Эти зоны разделяются нейтральной переходной зоной (ПЗ). На катодной зоне трубопровод имеет отрицательный потенциал по отношению к грунту, а на анодной зоне — положительный. В анодной зоне сто-

ков электричества происходят интенсивная коррозия и повреждение стенки теплопровода.

Коррозия под воздействием блуждающих токов протекает быстро, но захватывает небольшие участки теплопроводов, расположенных вблизи рассеивания электричества. Основную трудность борьбы с электрокоррозией представляет частое изменение величины и места концентрации блуждающих токов, поэтому при разработке конкретных мер борьбы требуется произвести предварительную электроразведку местности. К активным способам защиты относятся электрические дренажи, катодные и протекторные устройства. Электрические дренажи применяются для защиты от блуждающих токов тепловых сетей, проложенных в непосредственной близости от рельсов электрифицированного транспорта. Они предназначены для отвода электричества от трубопроводов к источнику тока. Катодную и протекторную защиту применяют для предохранения от электрохимической коррозии трубопроводов на участках с высокой агрессивностью грунта, а также от блуждающих токов с небольшим положительным потенциалом.

При применении электрических методов защиты предусматривают мероприятия по увеличению продольной электропроводимости теплопроводов, для чего на протяжении защищаемого участка устанавливают продольные шунтирующие электроперемычки на фланцевых соединениях и сальниковых компенсаторах, а между подающим и обратным трубопроводами с интервалом не более 200 м устанавливают потенциальноуравнительные перемычки. Во вновь строящихся тепловых сетях для прокладки в непроходных каналах или бесканально в зоне влияния блуждающих токов необходимо предусматривать установку электроизолирующих подвижных и неподвижных опор. На вводах тепловых сетей к объектам, которые могут являться источниками блуждающих токов (трамвайные депо, тяговые подстанции и т. д.), следует предусматривать установку изолирующих фланцев. Для систематического измерения потенциалов теплопроводов с поверхности земли устанавливают постоянные контрольно-измерительные пункты (КИП) с интервалом не более 200 м.

Все трубопроводы тепловых сетей до ввода их в эк-

сплуатацию необходимо проверять на потенциал блуждающих токов. Однако в процессе эксплуатации этот потенциал может изменяться как по значению, так и по направлению вследствие ввода вблизи тепловых сетей новых источников постоянного тока (линий городского электрического транспорта, электросварочных постов, гальванических ванн и т. д.). Поэтому на находящихся в эксплуатации теплопроводах следует вводить периодическую проверку наличия и значений блуждающих токов.

§ 3.6. Монтаж и замена теплопроводов

При реконструкции водяных тепловых сетей их перекладку производят при несоответствии их увеличиваемой мощности, при изменении трассировки в связи с реконструкцией жилых микрорайонов, поселков, городов, а также при выходе из строя по причине коррозии существующей теплосети. Способы разборки тепловых сетей и сооружений принимают в зависимости от их конструктивных решений, материалов, типоразмеров и т. д. При этом наиболее часто приходится выполнять следующие работы по разборке: рытье траншей (вскрышные работы); снятие плит перекрытий каналов краном; демонтаж трубопроводов. Для разборки каналов тепловых сетей и теплофикационных камер могут быть использованы самоходные стреловые краны. Если демонтируемые конструкции не используются вновь, их погружают в транспортные средства. Для перевозки материалов от разборки тепловых сетей используют автомобильный транспорт общего назначения, а при необходимости — специализированные средства: трубовозы, трайлеры и т. д.

Замена или удаление участка трубопровода. Перед удалением участка трубопровода выполняют следующие операции: разделяемые участки закрепляют за надежные конструкции трубопроводов так, чтобы предупредить возможное их смещение в сторону работающих и оборудования, участок, подлежащий удалению, закрепляют в двух местах к грузоподъемным устройствам. Намечают место реза на трубопроводе. Резку труб можно производить как по целому участку, так и по старому сварному шву. При замене участков трубопроводов соблюдают определенные правила. Трубо-

проводы к оборудованию присоединяют без натяга. Перед установкой нового участка трубопровода проверяют состояние опор и подвесок, очищают их от ржавчины и покрывают противокоррозионным покрытием. Трубопроводы монтируют из заранее изготовленных на ЦЗМ или заводах монтажных заготовок узлов и секций, при этом в состав узлов, как правило, входит трубопроводная арматура.

Смену прокладок, замену арматуры, приварку отводов и другие работы, связанные с нарушением плотности трубопроводов, производят только после отключения запорной арматуры с установкой заглушек на реконструируемом участке. Работы по демонтажу тепловой изоляции разрешается выполнять при отключении оборудования, трубопроводов, с полным освобождением их от теплоносителя, с установкой в необходимых случаях заглушек. К работе по демонтажу изоляции разрешается приступать при наличии справки-разрешения о готовности трубопроводов и оборудования для безопасного производства работ, выдаваемой монтажной организации заказчиком или генподрядчиком.

Укладка стальных теплопроводов. Выбор метода укладки теплопроводов зависит от целого ряда условий. Главными из них являются: конструкция теплопроводов, вид прокладки (подземная, надземная), материал труб, тип изоляции и способ ее нанесения (заводской или на месте укладки) и др. Разнообразие условий не позволяет рассмотреть все возможные случаи монтажа теплопроводов. Ниже будут приведены примеры прокладок с характерными условиями, влияющими на способ монтажа, а именно способы подземной прокладки стальных теплопроводов: в каналах и коллекторах из труб с заводской изоляцией и с изоляцией на месте работ; бесканальная прокладка с заводской изоляцией труб; надземная прокладка.

В трубопроводном строительстве и при монтаже теплопроводов в частности независимо от указанного выше способа прокладки широкое распространение получили самоходные стреловые краны на гусеничном и пневмоколесном ходу, а также тракторные краны (трубоукладчики). Самоходные стреловые краны обладают рядом преимуществ. К их достоинству относятся большая подвижность, возможность перемещения гру-

за в любом направлении на относительно большие расстояния, мобильность (возможность легкой переброски кранов как внутри площадки, так и с одной строительной площадки на другую), возможность использования не только на монтажных, но и на других работах. Эти краны изготовили в виде универсальных кранов-экскаваторов со сменным экскаваторным, крановым и другим оборудованием. Кроме того, выпускают специальные краны. Силовым оборудованием самоходных стреловых кранов являются обычно дизельные или карбюраторные двигатели, а также электродвигатели и дизельэлектрические системы. Краны используются как в городских условиях, так и в условиях бездорожья.

Стреловые самоходные краны на автомобильном (пневмоколесном) ходу имеют ходовую часть, представляющую собой стандартные шасси грузового автомобиля. Для устойчивости во время работ эти краны снабжены выносными опорами, называемыми аутригерами. Достоинством этих кранов является их мобильность. Используются они для строительства и реконструкции подземных тепловых сетей и сетевых сооружений обычно в городских условиях, а также для погрузочно-разгрузочных работ.

Тракторные краны представляют собой трактора с укрепленными на них стрелами в виде навесного оборудования. Различают две основные разновидности таких кранов: навесные тракторные краны, у которых стрела является навесным оборудованием, и специальные краны-трубоукладчики (не имеющие сменного оборудования). Краны-трубоукладчики — это специальные стреловые краны, предназначенные для укладки стальных и других трубопроводов. Горизонтальное перемещение груза производится трубоукладчиком за счет изменения вылета стрелы путем увеличения или уменьшения ее угла наклона. У трубоукладчика стрела размещена слева по ходу его движения. Трубоукладчики смонтированы на базе гусеничных тракторов ДТ-75, Т-130, Т-180 и др.

Выбор монтажного крана. В зависимости от характера сооружения, величины его конструктивных элементов и принятого метода монтажа монтажный кран выбирают в два приема: вначале выбирают тип крана, а затем производят подбор по требующейся

в данных условиях грузоподъемности. После этого проверяют возможность монтажа по высоте подъема крюка крана. При реконструкции теплопроводов как линейной части, так и сооружений на ней наиболее подходящим типом крана является самоходный стреловой кран и кран-экскаватор. В отдельных случаях может быть использован трубоукладчик. В зависимости от условий работ (асфальтированные дороги и бездорожье) подбирают ходовую часть: пневмоколесный или гусеничный ход. По грузоподъемности выбирают кран, определив максимальный груз наиболее удаленного от крана элемента. Для этой цели обычно намечают схему работы крана, что позволяет установить необходимые вылеты стрелы и величины грузов на этих вылетах. Для самоходных стреловых кранов вылет стрел считается от вертикальной оси вращения крана, для трубоукладчиков — от края левой гусеницы (у трубоукладчика, как указывалось выше, стрела всегда располагается слева по ходу движения) до максимального и наиболее удаленного груза.

Для монтажа трубопроводов одиночными трубами максимальным грузом будет масса трубы с изоляцией и масса траверсы, а вылет стрелы R — расстояние от оси вращения крана до наиболее удаленной трубы. Если трубы укладывают плетями, то используют два крана. В этом случае определяют массу всей плети и груз, приходящийся на один кран.

В строительстве теплопроводов встречаются случаи более сложные с точки зрения монтажа. Например, для монтажа двухсекционного коллектора кран выбирают по массе стенового элемента, наиболее удаленного от крана, т. е. по параметрам P_1 и R_1. Если же масса плиты перекрытия будет больше массы стенового элемента, т. е. $P_2 > P_1$, то обязательно производят проверку по параметрам P_2 и R_2 и выбирают кран по большим из параметров. Одновременно подсчитывают высоту H, слагающуюся из высоты стропов или траверс (h_1), высоты монтируемого элемента (h_2) и расстояния от низа монтируемого элемента до земли (h_3) или превышения монтируемого элемента над местом его установки. Эта высота H должна быть меньше максимальной высоты подъема крюка на соответствующем вылете для данного крана. Если при выборе крана оказывается, что предъявляемым требованиям удовлет-

воряют несколько кранов (по их грузоподъемности), то окончательное решение принимают после экономического сравнения их.

Грузозахватные приспособления. Применяемые для монтажных работ грузозахватные приспособления делятся на три основные группы: стропы, траверсы и захваты. Стропы бывают различных видов. Независимо от конструкции стропов из требований техники безопасности применяют незакручивающиеся тросы, т. е. такие, которые имеют пеньковый сердечник. Простейшим является *кольцевой* (универсальный) строп, представляющий собой кольцо из отрезка стального каната (диаметром 19,5—30 мм) со сплетенными концами. Такой строп затягивают на монтируемом элементе петлей и зацепляют за крюк грузоподъемного механизма.

Облегченный строп представляет собой отрезок стального троса (диаметром 12—30 мм), в концы которого заделаны: коуш на одном конце, карабин или крюк на другом. Поднимаемая конструкция обхватывается тросом в виде петли, и крюк зацепляется за трос, а коуш другого конца — за грузовой крюк крана. Из облегченных стропов делают двух- и четырехветьевые стропы (рис. 3.8). Двухветьевой строп состоит из серьги и надетых на нее двух облегченных стропов. Крюки или карабины служат для зацепления за монтажную петлю поднимаемого элемента. Диаметр троса определяют расчетом. Строп серьгой подвешивают к грузовому крюку монтажного крана. Для монтажа плит, коробов и других крупных элементов используют четырехветьевые стропы («пауки»), которые представляют собой два двухветьевых стропа, подвешенных к серьге большего размера. Стропы применяют на монтаже сборных железобетонных конструкций и при погрузочно-разгрузочных работах. Для погрузочных работ (с трубами) на концах ветвей стропов вместо крюков укрепляют специальные торцевые захваты, конструкция которых зависит от материала труб.

Торцевые захваты для стальных труб (рис. 3.9) изготовляют из листовой стали. В стальной планке делают прорезь шириной, несколько большей толщины стенки трубы. Для увеличения площади опоры трубы под щелью приваривают планку той кривизны, что и труба. По торцам щели приваривают упорные сталь-

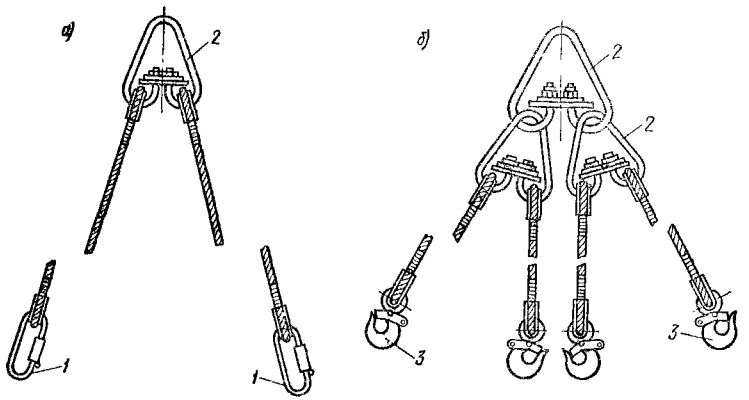


Рис. 3.8. Стропы

а — двухветвевой; *б* — четырехветвевой (паук); *1* — карабин; *2* — серьга; *3* — крюк

ные планки. В захвате высверливают отверстие для коуша с тросом. Для удобства надевания на трубы захват снабжают скобой. Торцевые захваты применяют для погрузки и разгрузки труб. Ими оснащают 2- и 4-ветьевые стропы для одновременного подъема соответственно одной или двух труб.

Мягкие стропы (рис. 3.10) или, как их называют, полотенца делают из прорезиненной ленты, прикрепленной к тросам с помощью металлических подкладов на болтах. Из тросов в верхней части образуют петли, за которые подвешивают полотенце на грузовой крюк крана или карабин. Прорезиненная лента создает мягкую опору, в результате чего усилие подъема распределяется на большую площадь. Такие полотенца применяют для монтажа изолированных (с тепловой или противокоррозионной изоляцией) труб, не опасаясь порчи изоляционного покрытия или самих труб. Полотенца изготавливают на разные диаметры труб до 1400 мм. Трубы (с тепловой изоляцией) длиной 12 м и более монтируют двумя полотенцами, подвешенными к траверсе в виде балки или фермы в зависимости от массы поднимаемых труб.

Траверса — это балка или ферма, имеющая подвески из тросов с крюками или карабинами на концах

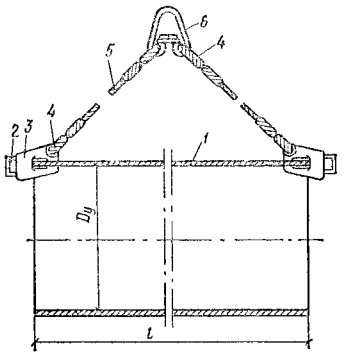


Рис. 3.9. Торцевой захват

1 — труба; *2* — скоба; *3* — захват; *4* — коуш; *5* — трос; *6* — серьга

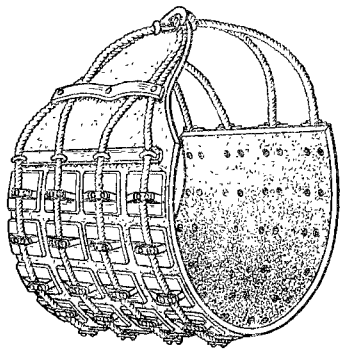


Рис. 3.10. Мягкий строп («полотенце»)

(рис. 3.11). Траверсы используют в трубопроводном строительстве для монтажа плетей из труб, а также сборных элементов больших размеров: крупноразмерных плит перекрытий и настилов, балок, прогонов, ферм, стеновых панелей и т. п.

При бесканальной прокладке стальных труб с заводской изоляцией до начала монтажных работ производят следующие подготовительные работы: траншею очищают от осыпавшегося грунта, основание выравнивают, насыпают песчаную подушку слоем не менее 10 см (кроме мест под стыками) и тщательно уплотняют. Вдоль траншеи со стороны монтажной площадки раскладывают лежки с вырезками для пары труб; в вырезках делают мягкие подкладки, чтобы не испортить изоляцию при укладке в них труб. Трубы завозят изолированными на заводе и укладывают парами на лежки вдоль траншей (рис. 3.12). После этого осматривают изоляцию и устраняют повреждения. Монтажный кран подбирают, как указывалось выше, по максимальной массе трубы на наибольшем удалении от оси вращения крана R_{max}. Поскольку кран и трубоукладчик перемещают трубу в горизонтальном направлении за счет склонения трубы, при выборе направления движения крана вдоль траншеи учитывают кроме R_{max} и минимально возможное приближение крана к трубе R_{min}, находящейся на лежке. Таким образом

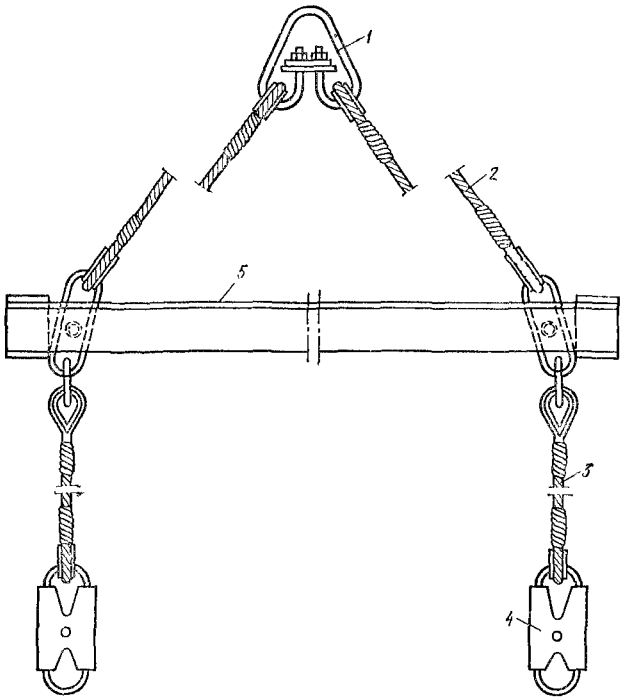


Рис. 3.11. Траверса

1 — серьга; *2* — трос; *3* — подвеска; *4* — карабин; *5* — балочка

выбирают кран по максимальному и минимальному вылетам стрелы.

Монтаж ведут одиночными трубами, так как сварка в плети их (с готовой монолитной заводской изоляцией) у бровки перед укладкой не разрешается. В качестве грузозахватного приспособления используют два мягких стропа (см. рис. 3.10), подвешенных на траверсу (см. рис. 3.11). Зацепив за серьгу траверсы подготовленную к подъему трубу (ближнюю к бровке), кран медленно, без рывков поднимает ее и перемещает в горизонтальном направлении до момента наведения ее на проектную ось трубопровода. Затем «стравливанием» грузоподъемного троса опускают трубу в проектное положение. Трубу укладывают так, чтобы на всем своем протяжении она плотно прилегала к основанию.

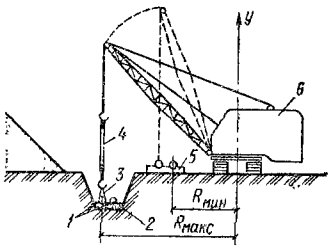


Рис. 3.12. Укладка стальных труб с тепловой изоляцией

1 — теплопроводы; *2* — песчаная подготовка; *3* — мягкая стропа; *4* — траверса; *5* — лежка; *6* — кран-экскаватор; *У*—ось вращения; *R* — максимальный и минимальный вылеты крюка

Далее выверяют прямолинейность и уклон трубы и подбивают песком. Монтажные работы выполняют с помощью двух полотенец, подвешенных к траверсе. Захватные приспособления снимают после того, как труба окончательно уложена в проектное положение, предусматривая меры по сохранению изоляции. Вторую трубу укладывают аналогичным образом. После этого монтажный кран перемещают вдоль траншеи на стоянку для монтажа следующей пары труб.

Бесканальную прокладку стальных труб производят на участках между компенсаторами. П-образные компенсаторы стальных труб монтируют в каналах (о чем см. ниже). Канальную часть теплопроводов, неподвижные опоры и камеры рекомендуется сооружать вначале, до прокладки бесканальной части. По окончании монтажных работ трубопроводы испытывают гидравлическим (реже пневматическим) методом. Если трубопровод выдержал испытания, приступают к изоляции стыков. Стыки тщательно очищают и наносят противокоррозионное покрытие. Изоляцию стыков производят полуцилиндрами или сегментами при сборном варианте или путем нанесения монолитного слоя. Внутреннюю поверхность скорлуп и торцы смазывают расплавленным битумом и в таком виде укладывают на стык. Скорлупы к трубе крепят вязальной проволокой. После этого зазоры между торцами заводской изоляции труб и скорлупами заделывают расплавленным битумом и наносят гидроизоляционный слой. Затем теплопроводы засыпают в порядке, указанном в § 3.3.

Прокладка стальных теплопроводов с заводской изоляцией в каналах. Как и в предыдущем случае отвал грунта и монтаж осуществляют с разных сторон от оси

траншеи. На монтажной площадке кроме изолированных труб укладывают и сборные железобетонные элементы каналов. Подготовительные работы выполняют так же, как и в предыдущем случае. Сборные железобетонные элементы каналов раскладывают на монтажной площадке за пределами зоны движения крана, дальше от траншеи. Железобетонные элементы укладывают на деревянные подкладки. Трубы с заводской изоляцией кладут на лежки с вырезами так же, как и в предыдущем случае. Далее по готовой бетонной (или щебеночной) подготовке, выровненной по уклону, монтажным краном укладывают плиты днища или нижний лоток. Стыки между плитами или лотками заделывают цементным раствором. Затем в соответствии с проектом раскладывают опорные плиты скользящих опор и в зависимости от длин труб устанавливают временные (монтажные) опоры.

Трубы укладывают монтажным краном на временные опоры. После этого в определенных проектом местах снимают изоляцию, приваривают к трубам корпусы скользящих опор и исправляют изоляцию в этих местах. Края опор следует располагать не ближе 500 мм от сварного стыка. Корпусы скользящих опор можно приваривать на берме траншеи до опускания труб. Это требует большой точности в их установке и приварке, поскольку смещение металлических элементов и их перекос не допускаются.

При устройстве подвижных опор других конструкций следят за тем, чтобы катки и шары свободно вращались и не вываливались из своих гнезд. Передвижение скользящих опор должно быть плавным, без заеданий, для чего их смазывают консистентной смазкой с температурой размягчения, превышающей температуру нагрева трубопровода. Подвижные детали опор — катки, шары — следует устанавливать на неподвижные части скользящих опор с учетом теплового расширения трубопровода, для чего предусматривают их смещение в сторону, противоположную расширению от центра опоры. После того как произведут проверку подготовки всех элементов скользящих опор, временные опоры удаляют и трубы опускают в проектное положение. Далее стыки центрируют и сваривают. Изолируют стыки после испытания теплопроводов.

Прокладка стальных трубопроводов с изоляцией

минеральной ватой на месте работ. Изоляция этого типа хотя и очень трудоемка, но надежна в эксплуатации. Трубы на трассу завозят с противокоррозионной изоляцией. Если диаметры труб малы (до 300 мм), разрешается сваривать их в плети на берме траншеи по 2—3 трубы. Монтаж начинают с раскладки труб на временные опоры, уложенные по плитам или лоткам. Корпусы скользящих опор можно приваривать к трубам либо на временных опорах в траншее, либо на берме до укладки труб. Укладку труб ведут монтажными кранами: одним — одиночных труб и двумя — плетей. Грузозахватными приспособлениями являются траверса с двумя мягкими стропами (полотенцами).

Изоляцию труб (без стыков) делают до их укладки, но можно и после укладки. Последовательность положения слоев следующая. По противокоррозионной изоляции труб укладывают маты из минеральной ваты, которые подвешивают к трубе на проволочных петлях. Маты по длине труб сшивают между собой. Для штукатурки по окружности трубы (по матам) натягивают сетку, которую укрепляют проволочными кольцами. Штукатурку по сетке выполняют асбестоцементным раствором. Изоляцию стыков (по окончании всех работ) производят теми же материалами и в той же последовательности, что и самих труб.

Установка компенсаторов. Компенсаторы всех конструкций перед установкой их на место должны быть растянуты. Приспособления для растяжки компенсаторов держат на компенсаторах до окончательной установки в проектное положение и снимают только после закрепления теплопроводов неподвижными опорами. Величину растяжки определяют по формулам с учетом температуры в момент монтажа компенсатора. *П-образные компенсаторы* устанавливают обычно на трех подвижных опорах: одну опору делают в вершине компенсатора, а две другие у мест присоединения компенсатора к трубопроводам (не ближе 50 см от сварного стыка).

Технология производства работ в этом случае следующая. На сваренный компенсатор устанавливают приспособление для растяжки (рис. 3.13), состоящее из металлических стержней; на одном конце каждого из них имеется нарезка (левая или правая), а на другом конце разъемные хомуты на соответствующие ди-

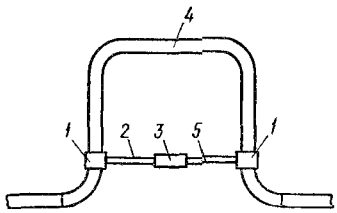


Рис. 3.13. Схема растяжки П-образного компенсатора

1 — стяжной хомут; *2* и *5* стержни с правой и левой нарезкой; *3* — фаркопф; *4* — компенсатор

аметры труб компенсатора. При сборке приспособления концы стержней ввинчивают в фаркопф. Вращением фаркопфа в ту или другую сторону приспособление удлиняется или укорачивается. Приспособление с развинченными хомутами устанавливают, как показано на рис. 3.13, завертывают хомуты и, замерив расстояние между трубами, вращают фаркопф до получения необходимой величины деформации. Компенсаторы стропуют в трех точках. Если они имеют малые размеры, монтаж их производят одним краном, если большие — двумя кранами. Стропы не освобождают до тех пор, пока стыки будут сцентрированы и укреплены прихватками. Распорное приспособление снимают после сварки всех стыков трубопровода и неподвижных опор.

В целом ряде случаев растяжку П-образных компенсаторов указанным способом выполнить не представляется возможным. В этих случаях поступают следующим образом. Компенсатор собирают и сваривают обычным способом, однако один из его концов делают короче на величину растяжки. Поскольку растяжку нельзя производить на стыке компенсатора с трубопроводом во избежание перекоса, ее производят на следующем стыке трубопровода. В этот стык вставляют патрубок (временное кольцо) длиной, равной величине растяжки, и делают прихватки. На концах стыкуемых труб приваривают хомуты из уголков, через отверстия в которых пропускают шпильки с гайками на концах. После установки компенсатора в проектное положение и сварки стыков труб и неподвижных опор временное кольцо удаляют, концы труб стягивают завертыванием гаек на шпильках. При достижении величины зазора, необходимого для сварки, производят неповоротную сварку этого стыка. После окончания сварки снимают шпильки и удаляют хомуты.

Растяжку П-образных компенсаторов лучше производить на фланцевом стыке. Во фланцы вставляют шпильки через одну и стягивают до установления зазора, равного величине растяжки. После сварки стыков и приварки трубопровода к неподвижным опорам между фланцами ставят постоянные прокладки, шпильки заменяют болтами, которые затягивают.

Линзовые компенсаторы устанавливают после укладки трубопроводов в разрывах, оставленных для них. Растяжку линзовых компенсаторов делают с помощью двух стяжных хомутов, которые остаются до окончания монтажа. После закрепления трубопровода на неподвижных опорах стяжные хомуты снимают. *Сальниковые компенсаторы* устанавливают предварительно растянутыми на проектную величину, указанную рисками на корпусе компенсатора. При установке сальникового компенсатора особенно следят за тем, чтобы он точно располагался по оси трубопровода без перекосов.

Осевые волнистые компенсаторы устанавливают в проектное положение по инструкции, разработанной ВНИИНефтемашем в следующей последовательности: волнистый компенсатор с помощью фланцев или сваркой присоединяют к участку трубопровода, который укладывают на подвижные опоры и окончательно закрепляют в неподвижной опоре. Далее с помощью шпилек и гаек волнистый компенсатор растягивают на проектную величину; затем к этому компенсатору подтягивают следующий участок трубопровода, свободно лежащий на подвижных опорах. Присоединив его к компенсатору на фланце или сваркой, закрепляют этот участок трубопровода на неподвижной опоре; после закрепления шпильки заменяют болтами. Работы по монтажу осевых волнистых компенсаторов ведут с большой осторожностью, не допуская динамических нагрузок на него и предохраняя от искр сварки. Стропуют компенсатор только за патрубки. Испытывают трубопровод вместе с компенсаторами.

Одним из ответственных мест в монтаже теплопроводов является установка арматуры. С заводов-изготовителей арматура поступает с сертификатами или паспортами, в которых указываются допустимые давления и температуры и приводятся сведения о материале основных деталей. Документы имеют дату выпуска.

Задвижки и клапаны с просроченными паспортами (сертификатами) подлежат полной ревизии и испытаниям, проводимым в мастерских или на базах. Испытывают арматуру на прочность и плотность. На строительство задвижки поступают с ответными фланцами и полным комплектом крепежных элементов. Часто в заводских условиях к ответным фланцам приваривают патрубки с кромками, подготовленными под сварку. С целью индустриализации монтажа на заготовительных базах и в мастерских изготавливают узлы, в которые входят задвижки, отводы и патрубки. Полностью готовый и испытанный узел отправляют на стройку, где производят только сварку патрубков узла с трубопроводом.

Когда на строительстве производят монтаж отдельных задвижек, то стропуют их за корпус. Категорически запрещается строповать за штурвал. Устанавливают задвижки обычно с помощью монтажного стрелового крана, причем положение задвижки в процессе подъема и опускания должно соответствовать проектному. При установке задвижки в проектное положение следят за тем, чтобы ось прохода задвижки строго совпадала с осью трубопровода. Не допускаются даже малейшие перекосы фланцев. Зазор между фланцем задвижки и ответным фланцем должен быть равномерным по всей длине окружности. Болты на фланцах затягивают попарно (на диаметрально противоположных болтах). Каждую последующую пару выбирают так, чтобы она приходилась крестообразно по отношению к предыдущей.

§ 3.7. Возведение строительных конструкций и сооружений

Реконструкция тепловых сетей связана не только с монтажом самих трубопроводов, но и с сооружением целого ряда строительных конструкций. К ним относятся каналы, коллекторы, камеры, колодцы, опоры, эстакады, дренажи, мачты для прокладки надземных теплопроводов и другие конструкции. С целью индустриализации реконструкции большинство упомянутых конструкций выполняется в сборном виде.

Каналы. Для всех каналов независимо от их формы и поперечных размеров существует требование:

днище (монолитное или сборное железобетонное) укладывается на уплотненную песчаную или щебеночную подготовку слоем не менее 10 см, которая в свою очередь делается по спланированному по нивелиру дну траншеи. При слабых грунтах применяют меры по укреплению основания. Для всех каналов принят единый порядок монтажа сборных железобетонных конструкций: вначале укладывают нижний элемент — плиту основания, нижний лоток, а стеновые элементы и перекрытия монтируют после окончания монтажа, изоляции и испытания трубопроводов. Исключение составляют общие (проходные) коллекторы, коллекторы из объемных элементов и круглого поперечного сечения.

В настоящее время стены непроходных и проходных каналов, днища и перекрытия делают из сборных железобетонных плоских плит, а также из лотковых и сводчатых элементов. Эти элементы имеют относительно малую массу по сравнению с трубопроводами, и монтаж их ведут обычно теми же кранами, что и теплопроводы. Однако во всех случаях производят проверку монтажного крана по его грузоподъемности.

В трубопроводном строительстве принимают следующую схему ведения монтажа: отвал грунта размещают с одной стороны траншеи, а с противоположной располагают монтажную площадку, по которой движется (вдоль траншеи) монтажный кран и раскладываются сборные элементы каналов и камер. Перемещение, установка и работа машин вблизи выемок (котлованов, траншей, канав и т. п.) с неукрепленными откосами разрешается только за пределами призмы обрушения грунта на расстоянии, установленном проектом производства работ. При отсутствии соответствующих указаний в проекте производства работ допустимое расстояние по горизонтали от основания откоса выемки до ближайших опор машин следует принимать по табл. 3.7. Раскладку сборных элементов производят не ближе 0,5—1 м от бровки. В проектное положение плиты основания укладывают монтажным краном при помощи четырехветьевого стропа («паука»), крюки которого зацепляют за монтажные петли, расположенные у углов плиты. Укладку ведут по выровненному основанию, строго соблюдая проектный уклон, который контролируют нивелиром. Стыки плит оснований заполняют цементным раствором.

Таблица 3.7. Расстояния по горизонтали от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины

Глубина выемки, м	Грунт			
	песчаный	супесчаный	суглинистый	глинистый
1	1,5	1,25	1	1
2	3	2,4	2	1,5
3	4	3,6	3,25	2,75
4	5	4,4	4	3
5	6	5,3	4,75	3,5

Плиты стеновых элементов имеют на торце большей стороны монтажные петли, за которые зацепляются крюками двухветьевого стропа. Стеновые элементы устанавливают на цементный раствор, разостланный по краям плит основания, или на цементный раствор, уложенный в паз (если плита имеет таковой). В обоих случаях стеновые плиты раскрепляют, поскольку они неустойчивы. Стеновые элементы (как об этом упоминалось) начинают устанавливать только после окончания всех работ по монтажу, испытанию и изоляции стыков теплопроводов.

Лотковые элементы укладывают с помощью «паука» на спланированное песчаное или щебеночное основание аналогично укладке плит днища. Первоначально укладывают нижний лоток, а по окончании всех работ по теплопроводам—верхний. Стыки между смежными железобетонными блоками заделывают цементным раствором. Перед укладкой верхнего лотка в местах соприкосновения ребер нижнего и верхнего лотков расстилают цементный раствор.

В современном строительстве теплопроводов наибольшее распространение при канальных прокладках получила П-образная сборная железобетонная конструкция, соединяющая в себе два стеновых блока с перекрытием. С точки зрения индустриальности и удобства монтажа эта конструкция является наиболее совершенной. Если диаметры теплопроводов малы, а следовательно, П-образные элементы не тяжелы, установку их производят теми же монтажными кранами, что и теплопроводы. При бо́льших диаметрах теплопроводов, а следовательно, тяжелых блоках производят подбор монтажного крана по определенной схеме

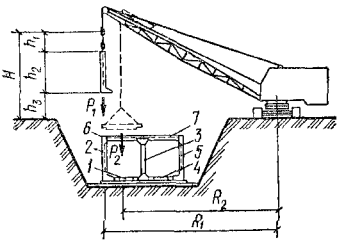


Рис. 3.14. Порядок монтажа двухсекционного коллектора (показан цифрами *1*—*7*)

R — вылет стрелы; *H* — высота подъема крюка; *1*, *4* — основание коллектора; *2*, *5* — стеновые элементы; *3* — внутренний стеновой элемент; *6*, *7* — перекрытия

(о чем будет сказано ниже). Каналы этого типа монтируют на сборные бетонные или железобетонные плиты, уложенные по щебеночному или песчаному основанию. П-образные верхние элементы (накрывающие законченные монтажом и испытанные теплопроводы) устанавливают ребрами на разостланный под ними раствор непосредственно по плите или в пазе. Стыки горизонтальные и вертикальные заделывают цементным раствором.

В тех случаях, когда требуется большое поперечное сечение коллектора, сооружают сборные железобетонные каналы и коллекторы прямоугольного поперечного сечения. Монтаж блоков производят в следующей последовательности. Если сооружают односекционный коллектор небольшой высоты, т. е. когда стеновая панель сохраняет устойчивость при ее установке, то начинают монтаж с установки стеновых блоков — вначале ставят удаленный от крана стеновой блок, а затем ближний. После этого кладут плиту днища. Затем между петлями арматуры блоков стен и днища пропускают продольные стержни арматуры и производят их сварку, а затем замоноличивание этих стыков. Вертикальные стыки между стеновыми блоками замоноличивают путем заливки в них раствора. Плиты перекрытия укладывают после монтажа всех коммуникаций, размещаемых внутри коллектора.

Монтаж двухсекционных коллекторов, а также односекционных большой высоты, у которых собственная устойчивость стеновых панелей не обеспечивается, производят в несколько иной последовательности установки элементов. Вначале кладут плиту днища, более удаленную от крана (рис. 3.14), затем устанавливают стеновой блок дальней от крана стенки коллектора. После этого электросваркой делают прихватки и сварку

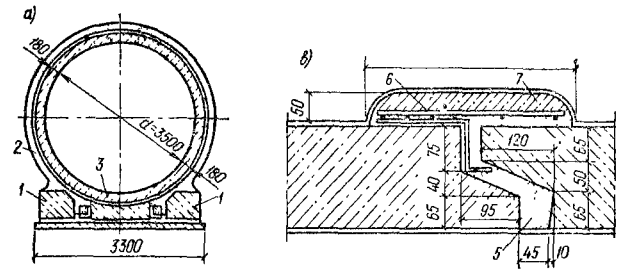
выпусков арматуры плиты днища и стенового блока, тем самым создавая ему устойчивость. Последовательность установки блоков в этом случае будет такой, какая указана цифрами на рис. 3.14.

В коллекторах больших поперечных сечений для поперечной устойчивости их узел сопряжения плит перекрытия со стеновыми блоками делают жестким путем сварки выпусков арматуры из стеновых блоков и плит перекрытия. Такие узлы замоноличивают бетоном. Прямоугольные коллекторы приведенных выше конструкций используют для прокладки теплопроводов больших диаметров (проходные коллекторы) и для совмещенной прокладки коммуникаций (общие коллекторы).

Наиболее индустриальным решением с точки зрения конструкции прямоугольных коллекторов являются объемные блоки, изготавливаемые из четырех вибропрокатных панелей путем сварки закладных деталей по их торцам и замоноличивания стыков. С обеих торцевых сторон блоки имеют в углах стальные косынки с отверстиями для болтов. При изготовлении блоков по периметру их торцов наклеивают резиновые или другие уплотнители. Каждый блок снабжен четырьмя монтажными петлями. Размеры поперечного сечения объемного элемента бывают различными в зависимости от назначения.

Монтаж коллектора производят стреловыми самоходными кранами на гусеничном или пневмоколесном ходу. После выверки блока в проектном положении соединение их производят стяжкой болтов, устанавливаемых в отверстия косынок. *Используют коллекторы из* объемных блоков для прокладки теплопроводов (проходные) и для совмещенной прокладки коммуникаций (общие коллекторы). В ряде случаев оказывается целесообразным осуществлять прокладку теплопроводов в каналах круглого поперечного сечения. Каналы (коллекторы) круглого поперечного сечения монтируют из железобетонных труб и колец диаметром до 3,5 м. Соединение между собой железобетонных труб и колец может быть фальцевым, раструбным и муфтовым. Коллекторы больших диаметров обычно делают из колец с фальцевым соединением.

Коллекторы большого диаметра монтируют на искусственном монолитном или сборном железобетонном



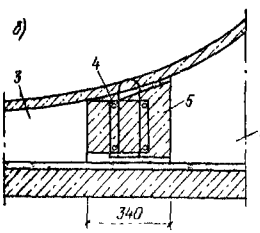


Рис. 3.15. Соединение элементов коллектора круглого поперечного сечения

а — разрез по коллектору; *б* — узел «А» соединения сборных элементов основания; *в* — стык цилиндрических элемеитов коллектора (трубы, кольца); *1* — пятиугольный железобетонный брус основания; *2* — труба (кольцо); *3* — плита основания; *4* — арматура стыка основания; *5* — заделка бетона; *6* - арматура поиска; *7* — наружный железобетонный поиск

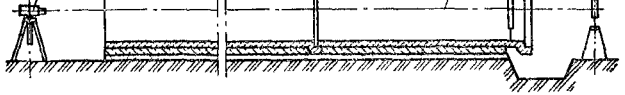


Рис. 3.16. Схема укладки труб и колец большого диаметра при помощи лазерного нивелира

1 - лазерный нивелир; *2* — ранее уложенная труба; *3*—укладываемая труба; *4* — проектная ось укладки труб (луч лазерного нивелира); *5* — полупрозрачный экран; *6* — экран для центрирования лазерного луча

основании. Сборное основание состоит из двух пятиугольных брусьев и плиты (рис. 3.15). Элементы основания соединяют сваркой арматуры с замоноличиванием стыков бетоном. Перед укладкой трубы или кольца основание выравнивают слоем цементного раствора. Укладку колец или труб производят самоходными стреловыми кранами с помощью специальных монтажных траверс. Кольцо или трубу опускают на основание и выравнивают по заданному направлению, которое производят с помощью лазерного нивелира.

Лазерный нивелир имеет оптическую трубу, внутри которой находится лампочка, дающая с помощью линз очень узкий, но яркий пучок света в виде луча. Технология укладки труб этим методом сводится к следующему (рис. 3.16). Лазерный нивелир устанавливают в начале интервала и налаживают так, чтобы его луч в точности совпадал с продольной осью коллектора. Для этой цели в конце интервала ставят экран с таким расчетом, чтобы центр концентрических окружностей этого экрана попадал на ось будущего коллектора. Далее оптическую трубу лазерного нивелира наводят на экран, при этом «зайчик» луча должен попадать точно в центр концентрических окружностей. Когда луч будет наведен в центр окружностей (т. е. при совмещении луча с осью коллектора), нивелир закрепляют и приступают к укладке колец.

Укладку колец (или труб) производят обычным способом. Внутрь этой трубы вставляют диск-экран из полупрозрачной пластмассы. На диске начерчены концентрические окружности с центром, определяющим место центра внутренней окружности укладываемой трубы. Центрируют трубу таким образом, чтобы «зайчик» от луча попал в центр концентрических окружностей экрана. После окончания центровки и временного закрепления конца трубы и раструба приступают к заделке стыка и укладке следующей трубы (кольца). Одним из главных преимуществ этого метода является то, что в процессе монтажа крановщику и монтажникам не мешают причалка и отвес. После того как труба выверена, ее положение закрепляют. Трубы малого диаметра закрепляют путем подбивки песка в пазухи на высоту не менее 0,5 диаметра трубы. Трубы и кольца большого диаметра, укладываемые на бетонное основание, закрепляют устройством стула. Уложенная труба и кольцо должны плотно соприкасаться с естественным или искусственным основанием по всей ее длине.

Поверхности соприкосновения труб (или колец) между собой очищают, промывают водой и обмазывают цементным раствором. Затем трубы плотно придвигают одну к другой так, чтобы раствор выступил из шва наружу. Излишек раствора снимают и стык тщательно штукатурят. Стыки труб диаметром более 100 мм заделывают как с наружной, так и с внутрен-

ней стороны, причем последнюю делают после засыпки коллектора. При необходимости повышения герметизации (для больших диаметров коллекторов 2000 мм и более) заполнение стыков производят торкретированием, для чего зазор между трубами несколько увеличивают. В случаях надобности фальцевые стыки усиливают цементным пояском, который накладывают равномерно по всей длине окружности. Для большего усиления пояски армируют тонкой сеткой.

Коллекторы круглого поперечного сечения делают для прокладки теплопроводов и для совмещенной прокладки коммуникаций (общие коллекторы). Коллекторы из объемных блоков — прямоугольные и круглые — в большой степени отвечают индустриальности строительства из сборного железобетона, но имеют большой недостаток с точки зрения монтажа теплопроводов и производства других работ, поскольку они имеют замкнутый периметр сечения. Это не позволяет применять традиционные методы прокладки трубопроводов траншейным (открытым) способом, в связи с чем ограничивается область их применения.

Монтаж теплопроводов и трубопроводов другого назначения в коллекторах с замкнутым периметром производят методом наращивания с протаскиванием. Для этой цели при монтаже коллекторов из объемных блоков оставляют в траншее свободные (монтажные) участки длиной соответственно укладываемой трубе. Расстояние между монтажными участками принимают приблизительно $l = 100$ м. Поскольку в общих коллекторах прямая и обратная труба располагаются обычно одна над другой, монтаж теплопроводов начинают с нижней трубы. Основания для скользящих опор делают в виде кронштейнов из прокатной стали, которые устанавливают в процессе монтажа коллектора.

Монтаж нижней трубы начинают с установки временных монтажных роликовых опор, которые располагают: три на монтажном участке и по две на каждую трубу на всей длине коллектора «l». На предшествующем монтажном участке на дне траншеи устанавливают лебедку, трос от которой протаскивают в коллекторе на монтажный участок, где производится укладка и сварка труб нанизыванием. На этом участке трубу монтажным краном укладывают на монтажные роликовые опоры и лебедкой протаскивают

в коллектор на ее длину. Затем на освободившиеся роликовые опоры укладывают вторую трубу и стыкуют ее с первой, делая прихватки. Далее стык сваривают поворотным способом, после чего производят протаскивание секции из двух труб в коллектор. Протаскивание и сварку осуществляют методом нанизывания до тех пор, пока секция подойдет к ранее проложенной трубе на предыдущем монтажном участке. По окончании сварки и протаскивания секции на всю улицу между монтажными участками приваривают к трубам элементы постоянных скользящих опор и устанавливают секции в проектное положение с удалением временных монтажных роликовых опор. Аналогично прокладывают верхнюю трубу. Изоляционные и последующие работы проводят в обычном порядке.

Камеры на теплопроводах. Для размещения задвижек, сальниковых компенсаторов, спускных и воздушных кранов, неподвижных опор на подземных тепловых сетях делают камеры, размеры которых в плане зависят от диаметров теплопроводов и возможности беспрепятственного обслуживания установленного в камере оборудования. Высоту камеры делают не менее двух метров. Перекрытия камер монтируют из сборных элементов или делают из монолитных (применяемых в редких случаях) железобетонных плит, в которых предусматривают отверстия для чугунных люков не менее двух на камеру.

Стены камер бывают двух видов: из сборных железобетонных плит и крупных блоков. Монолитные стены делают редко. Камеры со стенами из сборных железобетонных плит делают из тех же Г-образных элементов, что и коллекторы, причем они могут быть сплошными и с отверстиями для пропуска труб. Для камер из этих элементов изготовляют специальные угловые блоки. Минимальный размер камеры в плане из таких плит 1,5×1,5 м. Из крупных блоков камеры выполняют для теплопроводов диаметром 300 мм и более и также при устройстве в них неподвижных опор. Стеновые блоки изготовляют из обычного (тяжелого) бетона в поперечном сечении шириной 0,5 м, высотой 0,6 м и длиной 2 м. В торцах блоков по высоте устраивают пазы треугольной или трапецеидальной формы, чтобы после установки в проектное положение и заливки цементным раствором получить шпонку. Днища

выкладывают из сборных железобетонных плит, используемых для коллекторов по щебеночной или бетонной подготовке.

Монтаж камер из стеновых панелей ведут в следующей последовательности. Вначале самоходным стреловым краном устанавливают панели стен и угловые блоки на разостланный раствор. Стеновые блоки выверяют и временно закрепляют. Далее укладывают плиты днища и тут же сваривают выпуски арматуры из плит и стеновых блоков. Благодаря этому стеновые элементы приобретают устойчивость. Далее замоноличивают вертикальные (шпонки) и горизонтальные швы.

Камеры из крупных блоков монтируют следующим образом. После укладки монтажным краном первого ряда блоков заливают вертикальные швы (шпонки) раствором и расстилают раствор под следующие по высоте блоки. Второй и последующие ряды укладывают аналогично первому с перевязкой швов. Перекрывают камеры сборными железобетонными плитами по окончании всех работ внутри камеры. В камерах из стеновых панелей выпуски арматуры Г-образных блоков и плит перекрытий сваривают с укладкой дополнительной арматуры и последующим замоноличиванием стыков.

Наиболее индустриальным в строительстве камер тепловых сетей является применение в возможных случаях объемных элементов, изготовленных на заводах сборного железобетона. Доставленный к месту работ блок камеры устанавливают на место монтажным краном с помощью «паука» или специальной четырехветьевой пространственной траверсы. Применение объемных элементов возможно для камер малых размеров.

В отдельных случаях, вызываемых необходимостью, при соответствующем обосновании допускается строительство камер из монолитного железобетона. Главными недостатками применения монолитного железобетона на трассах теплопроводов являются: большое количество процессов работ, выполняемых вручную, и длительные сроки работ из-за необходимости выдержки бетона при твердении. Порядок производства работ при строительстве камер из монолитного железобетона следующий.

Ранее выполненную бетонную подготовку днища

очищают от мусора и промывают. По ней укладывают арматурные каркасы днища и производят бетонирование. Бетонирование ведут товарной бетонной смесью, доставляемой в автобетоносмесителях или бадьях. Бетонную смесь тщательно разравнивают и уплотняют поверхностными вибраторами. После этого устанавливают наружную щитовую опалубку стен и по ней стеновые арматурные каркасы. Внутреннюю опалубку стен устанавливают по двум вариантам: на всю высоту с оставлением зазоров для удобства вибрирования и закрывания их по мере бетонирования или послойно, наращивая по ходу бетонирования стен. Товарную бетонную смесь подают по лоткам, разравнивают слоями и уплотняют глубинными вибраторами. При производстве железобетонных работ оставляют необходимые отверстия в стенах.

После того как бетон наберет 70 % — проектную прочность, производят распалубку стен. Далее устанавливают арматуру и неподвижные опоры. По окончании этих работ устанавливают опалубку перекрытия и укладывают арматуру. Арматурные каркасы укладывают по бетонным вкладышам, строго соблюдая толщину будущего защитного слоя. Арматуру плиты сваривают с выпусками арматуры стен. Бетонируют товарной бетонной смесью с разравниванием и уплотнением поверхностными вибраторами.

Монтаж опор для надземной прокладки теплопроводов. Опоры делают в виде отдельно стоящих стоек и рам из железобетона и стали. Трубы теплопроводов при надземной прокладке являются самонесущими многопролетными балками, поэтому расстояния между опорами определяют расчетом из условия несущей способности трубы и заданной величины прогиба. Наиболее экономичной, позволяющей увеличить расстояние между опорами, является вантовая система (рис. 3.17). Стойками вантовой системы являются железобетонные напряженно армированные мачты крестообразной формы, консоли которых служат опорами теплопроводов. Кроме этих опор в пролетах устраивают подвесные балки (обычно из прокатной стали), которые с помощью вант подвешивают на оголовки стоек. Стойки устанавливают в сборные железобетонные фундаменты стаканного типа.

Монтаж сборных железобетонных фундаментов

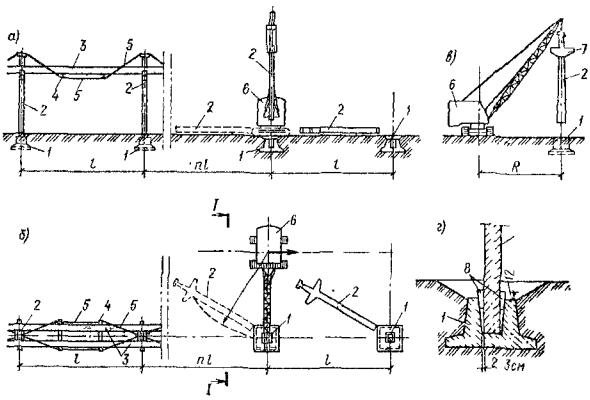


Рис. 3.17. Монтаж железобетонных мачт для надземной прокладки теплопроводов

а — вид сбоку; *б* — план; *в* — разрез I—I; *г* — установка стойки в фундамент. *1* — железобетонный фундамент стаканного типа; *2* — крестообразная железобетонная стойка; *3* — теплопроводы; *4* — подвесные балки; *5* — ванта; *6* — монтажный кран; *7* — рамочный захват; *8* — клинья

и стоек производят так же, как и монтаж промышленных зданий. На бетонную подготовку устанавливают фундаментный блок. Затем производят установку стоек самоходным стреловым краном при помощи рамочного захвата. После выверки и временного закрепления стойки с помощью клиньев (см. рис. 3.17, *г*) замоноличивают стык. Монтаж трубопроводов начинают после того, как бетон стыка наберет необходимую прочность. Трубопроводы укладывают плетями. Работы по установке подвесных балок, натяжке вант, изоляции, укреплению трубопроводов, сварке, испытанию и изоляции стыков ведут с инвентарных передвижных подмостей.

Гидроизоляция сооружений тепловых сетей. Канальные прокладки тепловых сетей в грунтах естественной влажности защищают от проникновения дождевых или талых вод. На наружные вертикальные и горизонтальные поверхности стен и перекрытий, каналов, коллекторов, камер и колодцев наносят обмазочную битумную изоляцию, представляющую водонепроницаемый слой битумной мастики. Изолируемые поверхности тщательно очищают от грязи, грунта и т. п. и покрывают грунтовкой, состоящей из битумов,

разжиженных бензином или уайт-спиритом в соотношении: 1 часть битума на 3 части растворителя. Грунтовку наносят при помощи пистолета-распылителя. Перед нанесением мастики грунтовка должна высохнуть.

Горячие битумные мастики для нанесения разогревают до 180—200°. Разогрев производят обычно в автогудронаторах, представляющих собой подогреваемые цистерны на автоходу, в которые при работе нагнетается воздух. Расплавленная мастика под давлением поступает по шлангу в «удочку» и через форсунку разбрызгивается на огрунтованную поверхность. Вручную такие мастики наносят обмазыванием поверхности с помощью жестких щеток. Наносят мастики в 2—4 слоя с общей толщиной 3—6 мм.

Холодные битумные мастики, представляющие собой битумы, разжиженные бензином или лигроином, наносят на огрунтованные поверхности пистолетами-распылителями. Нанесение производят слоями при общей толщине намета 0,8—1,5 мм. Каждый последующий слой как горячих, так и холодных мастик накладывают только после полного высыхания слоя грунтовки и отвердения предыдущего слоя. Выше отмечалось, что когда теплопроводы прокладывают в зоне грунтовых вод, то устраивают попутный дренаж. Если сделать дренаж не представляется возможным, прибегают к устройству оклеечной гидроизоляции.

Оклеечную битумную гидроизоляцию делают в виде гидроизоляционного ковра из рулонных или гибких листовых гидроизоляционных материалов, наклеиваемых послойно битумом или мастикой на ровную, огрунтованную разжиженным битумом и высохшую изолируемую поверхность. Для устройства гидроизоляционного ковра применяют только гнилостойкие рулонные материалы: дегтебитумные, гудрокамовые, гидроизол, бризол, изол, стеклоткань, стекловойлок и др.

Рулонные ковры располагают со стороны гидростатического напора. Для предохранения рулонного ковра от механических повреждений предусматривают устройство защитных ограждений: при вертикальной гидроизоляции — в виде стенок в полкирпича или бетонных плит и блоков толщиной 10—15 см, а при горизонтальной гидроизоляции — из бетона класса не ниже В 7,5 слоем 5—10 см или из кирпича, бетонных плит, укладываемых на цементных или асфальтовых раство-

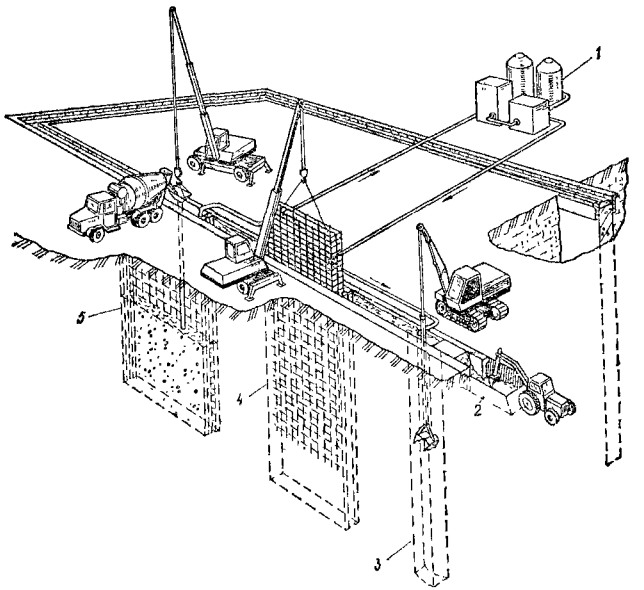


Рис. 3.18. Технологическая схема устройства «стены в грунте»

1 — оборудование для приготовления глинистого раствора; *2* — разработка грунта для сооружения направляющей траншеи; *3* — разработка грунта под глинистым раствором; *4* — опускание арматурного каркаса; *5* — бетонирование стены методом подводного бетонирования

рах. При гидростатических напорах во избежание выпучивания днищ коллекторов, камер, колодцев и других горизонтальных конструкций сверху гидроизоляционного ковра устраивают железобетонную плиту, которую проектируют по расчету с креплением анкерными болтами концов в стены.

Оклеечная битумная гидроизоляция широко применяется для изоляции конструкций и сооружений, подверженных воздействию большого гидростатического напора. В зависимости от его величины рулонные ковры бывают многослойными: от двух до шести слоев. Перед наклейкой рулонные материалы очищают от присыпки и нарезают по требуемым размерам. Наклейку ведут на мастике, плотно прикатывая валиком каж-

дый последующий слой к основанию и предыдущему слою. На стыках делают нахлесты в 7—10 см, соединяя их «в вилку».

Метод «стена в грунте». При строительстве выходных шахт щитовых тоннелей и при сооружении дренажных насосных станций рекомендуется применять метод «стена в грунте». Суть этого метода заключается в сооружении несущих стен подземных сооружений путем отрытия глубоких узких траншей под глинистым раствором с последующей укладкой в траншею бетона. Бетонную смесь укладывают в траншею методом вертикально перемещающейся трубы, при этом образуется монолитиая бетонная или железобетонная стена. Принципиальная технологическая схема устройства «стены в грунте» показана на рис. 3.18.

Может применяться возведение «стены в грунте» из сборных железобетонных панелей, устанавливаемых в траншее, заполненной глинистым раствором. После монтажа конструкций глинистый раствор заменяют тампонажным раствором, который заполняет стыки панелей и застенное пространство. После сооружения стен из ограниченного ими пространства выбирают грунт. Применение сборной «стены в грунте» при сооружении шахт-камер для тепловых сетей дает дополнительное снижение стоимости строительства более чем на 20 %, значительную экономию металла, трудозатрат и сроков строительства.

§ 3.8. Прокладка теплопроводов закрытым способом

При реконструкции водяных тепловых сетей под автомагистралями и железнодорожными путями можно прокладывать теплопроводы закрытым способом. Основными закрытыми способами являются: прокалывание, продавливание, горизонтальное бурение, щитовая проходка и пневмопробивка. При проведении работ в водонасыщенных грунтах требуется предварительное водопонижение.

Проколом называется такой способ проходки, при котором отверстие для стальной трубы-футляра образуется за счет радиального уплотнения грунта без его разработки. Прокалывание грунта трубами-футлярами производят с помощью домкратов, лебедок, тракторов и других механизмов. Усилие от указанных ме-

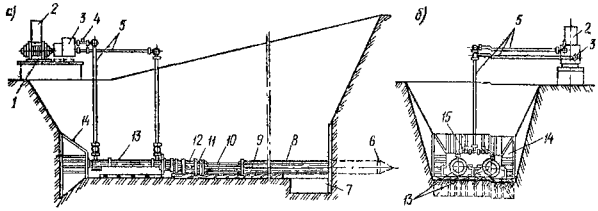


Рис. 3.19. Установка для прокола с двумя гидравлическими домкратами

а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; *1* — электродвигатель; *2* — щиток управления; *3* — насос; *4* — манометр; *5* — маслопроводы; *6* — наконечник; *7* — приямок; *8* — прокладываемая труба; *9* — направляющий брус; *10* — патрубок; *11* — малая подкладка; *12* — большая подкладка; *13* — домкраты; *14* — упор; *15* — вентиль

ханизмов сообщается прокладываемой трубе-футляру нажимными патрубками через задний торец. Нажимные патрубки представляют собой отрезки труб длиной, равной ходу штока домкрата. К их торцам с помощью косынок приваривают фланцы.

Домкрат через нажимной патрубок и подкладку давит непосредственно в торец трубы. После вдавливания трубы в грунт на длину хода штока домкрата (например, 1 м) шток возвращается в первоначальное положение, а в образовавшееся пространство вставляется другой патрубок удвоенной длины. Таким образом с помощью комбинации нажимных патрубков длиной 1 и 2 м вдавливают первое звено трубы. Затем укладывают второе звено трубы и приваривают к предыдущему. Далее процессы повторяются до тех пор, пока проходка не будет доведена до проектной длины.

В современной отечественной практике трубопроводного строительства при проколе грунта трубами диаметром до 500 мм наибольшее распространение нашли установки с гидравлическими домкратами. Общая схема одной из таких установок показана на рис. 3.19. Для облегчения прокола на переднем конце футляра устанавливается конический наконечник, диаметр основания которого, как правило, превышает наружный диаметр трубы на 20—30 мм. Способом прокола можно прокладывать трубы диаметром до 500 мм в грунтах, обладающих сжимаемостью (глины, суглинки). Длина проходки 30—40 м, а для труб малых диаметров (150—200 мм) с учетом продольного изгиба труб — 20—25 м.

Скорость проходки при использовании мощных гидравлических домкратов составляет 2—3 м/ч.

Суглеси и особенно пески обладают малой сжимаемостью, прокол их затруднителен, а иногда и вообще неосуществим. В этом случае используют вибропрокол. Под действием вибрации резко уменьшается трение как между частицами грунта в прилегающем слое, так и между грунтом и внедряемой в него трубой-футляром. Вибропроколом прокладывают трубы диаметром до 500 мм при длине проходки 50 м. Скорость проходки зависит от характера грунта и диаметра прокладываемых труб и составляет в среднем 20—60 м/ч.

Продавливанием называется такой способ бестраншейной прокладки труб, при котором в грунт последовательно вдавливаются отдельные звенья труб, соединяемые между собой в процессе работ сваркой с разработкой забоя внутри трубы и удалением грунта через прокладываемую трубу. Этим способом продавливают в основном футляры диаметром 800—1600 мм на длину до 60 м практически в любых мягких грунтах. Наименьший диаметр продавливаемых труб-футляров устанавливается из условия возможности разработки грунта вручную. Для уменьшения усилий, необходимых для продавливания трубы-футляра, на конце последней устанавливают кольцевой нож.

Рабочий котлован, из которого ведут продавливание в сухих грунтах, крепят досками с установкой бревенчатых стоек и распорок, а в мокрых грунтах — деревянных или металлических шпунтовых ограждений. В заднем торце рабочего котлована для восприятия усилий от домкратов устанавливают упорную стенку. Продавливание производят следующим образом. В рабочий котлован устанавливают упор и домкраты. На направляющие брусья укладывают первое звено трубы, которое после выверки вдавливают в грунт на длину хода штока домкратов. После возврата штока домкратов в первоначальное положение устанавливают нажимные патрубки. В это время разрабатывают грунт внутри трубы и удаляют его. Смену нажимных патрубков производят до тех пор, пока все звено не будет вдавлено в грунт. Затем укладывают следующее звено, которое приваривают к предыдущему. Далее процесс продавливания повторяют.

Средние скорости проходок при продавливании ко-

леблются в зависимости от диаметра продавливаемых труб и грунтовых условий в пределах 0,15—1 м/ч. С целью механизации наиболее трудоемких процессов продавливания, к которым прежде всего относятся способы разработки грунта внутри трубы и его транспортирования, трестом Центроспецстрой создана установка с циклической разработкой грунта челноком (рис. 3.20).

Установка действует следующим образом. Прокладываемую трубу кладут на направляющую раму. Затем домкратами с помощью нажимной секции ее вдавливают в грунт на 200—300 мм. Включив электродвигатели лебедки и режущего механизма, смонтированного в совке-челноке, последний продвигают в забой до соприкосновения пропеллерного ножа с грунтовым керном. Вращающийся нож разрабатывает грунт, который осыпается в совок. После разработки керна вращение ножа прекращается, а совок-челнок втягивают в разгрузочную камеру и опорожняют. Далее циклы повторяются. Характеристики некоторых установок для продавливания стальных футляров приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8. Технические характеристики установок для продавливания стальных футляров

Показатель	Установка		
	СКГ Главмосстроя	ПУ-2	«Запорожье»
Диаметр футляра, мм	920	1220, 1420	325—1420
Наибольшая длина прокладки, м	60	60	70
Скорость прокладки, м/смена	До 18	До 8,5	20
Мощность установки, кВт	51,5	45	25
Общая масса комплекта оборудования, т	13	13,6	12
Изготовитель (разработчик)	Главмосстрой	ЦНИИПодземмаш	—

Подземные переходы тепловых сетей осуществляют также с помощью **установок горизонтального бурения** (УГБ) (рис. 3.21), которые состоят из двигателя внутреннего сгорания, трансмиссии, тяговой лебедки, трубы кожуха и шнека, в головной части

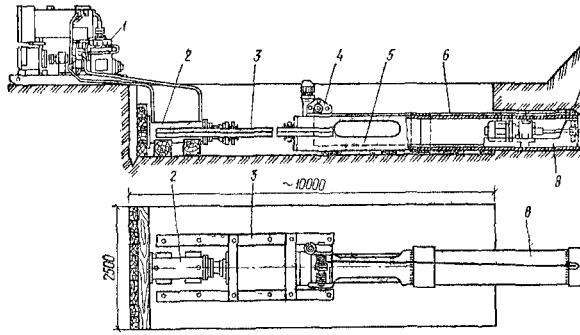


Рис. 3.20. Схема установки для продавливания с челноком (конструкция треста Центроспецстрой)

1 — *насосная станция*; *2* — *гидравлический домкрат*; *3* — *нажимная рама*; *4* — *лебедка передвижения челнока*; *5* — *разгрузочная камера*; *6* — *прокладываемая труба-кожух*; *7* — *ролик оттяжной*; *8* — *челнок с механизмом разработки грунта*

которого закреплена буровая фрезерная головка, предназначенная для разработки горизонтальной скважины. При горизонтальном бурении скважин в рабочем котловане монтируются буровая установка и футляр, продвигаемый одновременно с бурением вслед за буровой головкой. Диаметр бурения на 50—70 мм больше диаметра прокладываемого футляра. При небольшой длине перехода футляр может быть сварен заранее целиком, при большой длине он удлиняется по мере его продвижения. Разбуренный грунт перемещается внутри кожуха шнеком. Технические характеристики некоторых установок горизонтального бурения приведены в табл. 3.9.

Щитовой называется такая подземная (бестраншейная) проходка, при которой разработка грунта и устройство стенок тоннеля осуществляются под защитой цилиндрической оболочки — щита. Проходку осуществляют с помощью металлических щитов круглого сечения диаметрами 2, 2,5 и 3,6 м. Конструктивно щит представляет собой цельносварную или собираемую из отдельных элементов металлическую оболочку, имеющую три основные части: переднюю — режущую клиновидной формы с козырьком или без него, среднюю — опорную, в которой размещаются домкраты, и заднюю — хвостовую.

Рис. 3.21. Установка горизонтального бурения типа УГБ

1 — упорная стенка; *2* — упорный брус; *3* — неподвижный блок; *4* — подвижный блок; *5* — лебедка; *6* — карданный вал; *7* — двигатель; *8* — трубоукладчик; *9* — коробка передач; *10* — редуктор; *11* — муфта предельного момента; *12* — вал привода шнека; *13* — хомуты; *14* — прокладываемая труба кожух; *15* — шнек; *16* — опора роликовая; *17* — режущая головка

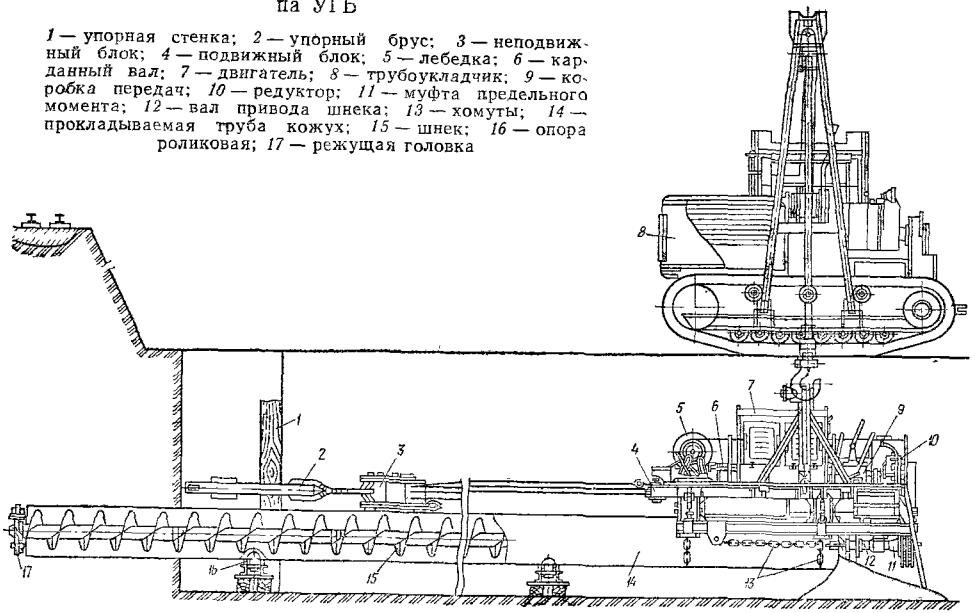


Таблица 3.9. Технические характеристики установок горизонтального бурения

Показатель	Установки				
	УГБ-4	УГБ-5	УГБ-2	УГБ-1421	ГБ-1621
Диаметр футляра, мм	325; 436	630; 720	1220	1220	1720
Длина прокладки, м	До 60	40—60	До 40	До 50	До 60
Мощность двигателя, кВт	29	40,5; 44	40,5; 44	51,5	49
Скорость бурения, м/ч	1,8—19	1,8—18	1,8—18,5	1,5—12,7	1,37
Масса установки с оборудованием, т	12,9	18,5	12	16	44,8

Проходку с помощью щита ведут в такой последовательности. Введенный в забой щит вдавливают в грунт в горизонтальном направлении (по оси проходки) с помощью собственных домкратов. При вдавливании грунт входит в режущую его часть, имеющую форму цилиндрического клина. Вдавленный внутрь щита грунт разрабатывают ручным или механизированным способом и грузят на тележки, которые откатывают по тоннелю. В передней части щит имеет выступающий вперед козырек, который служит для предупреждения выпадания грунта внутрь щита (при слабых грунтах). После того как вдавленный в щит грунт будет полностью разработан и удален, щит вновь продвигают вперед.

Продвижение щита вперед с внедрением его режущей части в грунт осуществляют с помощью гидравлических домкратов, расположенных в середине щита по его периметру. Число домкратов соответствует числу блоков обделки. Упором для домкратов служит блочная обделка выработки. После продвижения щита вперед и выборки грунта в хвостовой части щита по его периметру укладывают блоки обделки под защитой хвостовой оболочки щита. Блоки укладывают при втянутых в домкраты штоках. За каждый цикл щит продвигают на длину хода штока домкратов или немного меньшую, но всегда равную ширине кольца из блоков обделки, укладываемых за

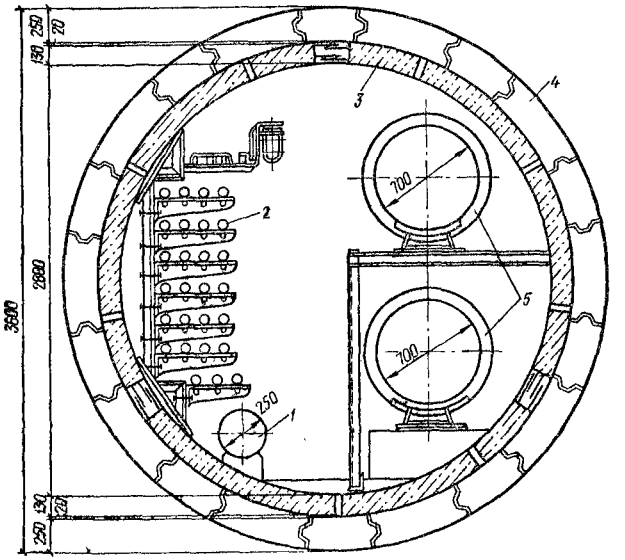


Рис. 3.22. Сечение щитовой проходки

1 — водопровод; *2* — кабели; *3* — сборная рубашка; *4* — обделка из бетонных блоков; *5* — теплопроводы

один цикл, т е. длине блока. В следующий цикл штоки домкратов упираются во вновь уложенные блоки, и щит продвигается в следующее положение. Работа щита таким образом состоит из непрерывно повторяющихся трех основных циклов: продвижения вперед на длину блока обделки, разработки и транспортирования грунта по тоннелю и укладки следующих блоков обделки. Щиты используются для прокладки тоннелей на разных глубинах и в самых разнообразных грунтовых условиях. При проходках в водонасыщенных грунтах принимают специальные меры по борьбе с грунтовыми водами.

Конструкция тоннеля круглого сечения, выполненного с помощью щитовой проходки, состоит из наружной оболочки-обделки и внутренней рубашки (рис. 3.22). Наружная оболочка состоит из сборных керамических, бетонных или железобетонных блоков. В строительстве тоннелей малого диаметра наибольшее применение нашли блоки трапецеидальной фор-

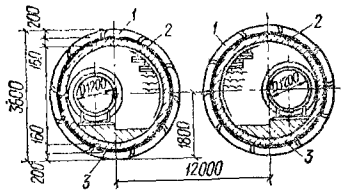


Рис. 3 23. Тоннели щитовой проходки для прокладки теплопроводов большого диаметра

1 — обделка тоннеля; *2* — железобетонная рубашка; *3*—гидроизоляция

мы, на торцевых гранях которых имеются гребни и пазы. Связь между этими блоками осуществляется по четырем торцевым сторонам их.

Составленная из отдельных сборных блоков обделка тоннеля собирается в процессе щитовой проходки по мере продвижения щита. Недостатками малых блоков являются большая трудоемкость работ по их укладке, большое количество швов и недостаточная герметичность тоннеля. Кроме того, мелкоблочная обделка не всегда является несущей конструкцией. Для упрочнения устраивают внутренние сборные или монолитные железобетонные рубашки.

Между наружной оболочкой и внутренней рубашкой выполняется гидроизоляция из нескольких слоев гидроизола на битумной мастике. Теплопроводы укладывают в тоннели методом наращивания. Для нормальной эксплуатации тоннели оборудуют электроосвещением, вентиляцией и водоотливом. В Москве для сооружения проходных тоннелей закрытым способом применяются механизированные щиты диаметром 2,56 и 3,6 м, причем для теплопроводов больших диаметров прокладывают по два рядом расположенных тоннеля (для подающего и обратного теплопроводов) (рис. 3.23).

Пневмопробивку применяют для создания в устойчивых грунтах горизонтальных, вертикальных и наклонных сквозных и других скважин диаметром до 400 мм. Пневмопробойники приводятся в действие сжатым воздухом от компрессоров. Технические характеристики некоторых пневмопробойников приведены в табл. 3.10. Для предохранения изоляции трубопроводов от повреждений при протягивании они должны быть обложены деревянными рейками, скрепленными проволочными скрутками.

Таблица 3.10. Технические характеристики пневмопробойников

Характеристика	Пневмопробойники	
	ИП-4601А	ИП-4603
Диаметр скважины, мм	135—250	130—200
Длина скважины, м	50	50
Скорость проходки, м/ч	6—60	1—40
Масса, кг	80	90

Примечание. Для получения больших диаметров скважин пневмопробойники укомплектовывают набором расширителей.

§ 3.9. Прокладка попутного дренажа

При реконструкции водяных тепловых сетей часто подземные теплопроводы приходится прокладывать в зоне грунтовых вод. Борьбу с этими водами, как отмечалось выше, осуществляют устройством постоянно действующего попутного дренажа, прокладываемого параллельно теплосети. Широкое применение получили трубчатые дренажи (см. § 2.13) с устройством фильтрующих слоев из гравия и крупного чистого песка.

Укладку асбестоцементных и керамических труб ведут следующим образом. Завозимые на трассу трубы раскладывают вдоль траншеи, чтобы расстояние до них от бровки было не менее 1—1,5 м и чтобы положение их было бы таким, каким оно будет в траншее. Для раструбных труб движение воды по будущему дренажу должно быть по направленню от раструба к гладкому концу. Каждую последующую трубу в траншее укладывают путем заведения ее гладкого конца в раструб или в надетую на ранее уложенную трубу муфту. Прокладка безнапорных трубопроводов ведется с самой нижней точки вверх, т. е. против уклона.

Монтаж асбестоцементного или керамического трубопровода сводится к следующим процессам: проверке качества труб, опусканию труб в траншею, центрированию по заданному уклону, направлению и закреплению трубы на месте. До начала укладки труб проверяют щебеночное основание на песчаной подушке в траншее по уклону и глубине заложения. Перед опусканием в траншею каждую трубу осмат-

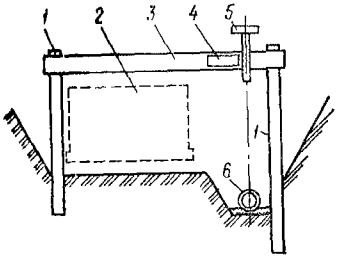


Рис. 3.24. Установка постоянных визирок

1 — столб обноски; *2* — габарит будущего канала; *3* — доска обноски; *4* — полочка; *5* — постоянная визирка; *6* — прокладываемая труба

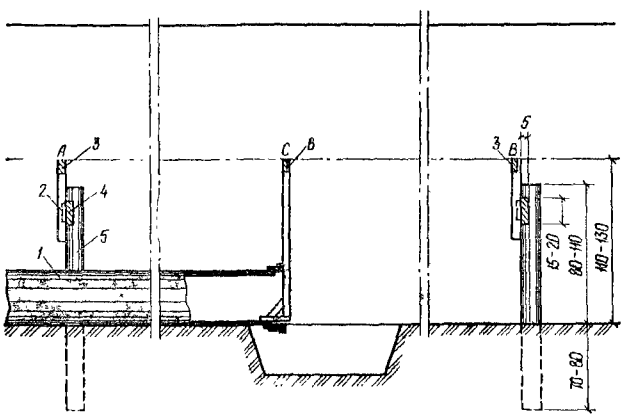


Рис. 3.25. Схема укладки труб по визирке (продольный разрез по траншее; размеры даны в см)

1 — прокладываемая труба; *2* — полочка; *3* — постоянная визирка; *4* — обноска; *5* — столбы обноски; *6* — ходовая визирка

ривают и простукивают легкими ударами молотка для обнаружения возможных дефектов. Трубы с дефектами отбраковывают. Одновременно с этим трубы очищают от грязи и засорений (внутри).

Легкие трубы (диаметром до 200 мм) опускают в траншею обычно вручную с помощью канатов. Чтобы создать необходимый проектный уклон трубопроводу, положение конца укладываемой трубы проверяют либо непосредственно нивелиром, либо путем визирования. Последний, довольно простой способ обеспечивает необходимую точность. Способ визирования заключается в следующем. В начале и конце прокладываемого интервала (это обычно места колод-

цев) устанавливают обноски (рис. 3.24), для чего вкапывают в грунт на глубину 0,7—0,8 м два столба диаметром 16—18 см и высотой 0,8—1,1 м от дна траншеи. К этим столбам по уровню пришивают доску обноски толщиной 5 см и шириной 15—20 см. На обноску выносят разбивочную ось и делают надрез. Между обносками в интервале натягивают проволоку по надрезам. К обноскам пришивают постоянные визирки, верхние кромки которых находятся на одинаковой высоте от прокладываемой трубы. Таким образом, визирная ось *AB* (рис. 3.25) будет параллельна проектной оси трубопровода. Высота постоянных визирок должна быть приблизительно на уровне глаз.

Ходовую визирку делают длиной, равной расстоянию от оси *AB* до лотка трубы. По ходу укладки труб визирку устанавливают башмачком на лоток. Взглядом с одной неподвижной визирки «*A*» на другую неподвижную визирку «*B*» проверяют положение ходовой визирки в точке «*C*». Если точка «*C*» не совпадает с осью *AB*, конец трубы соответственно опускают или поднимают так, чтобы верхняя грань ходовой визирки оказалась строго на визирной оси. Для того чтобы точно вынести ось визирования, поступают следующим образом. К обноске пришивают остроганную дощечку-палочку, верхнюю грань которой устанавливают по уровню. Отметку полочки определяют нивелиром. Далее вычислят, на каком расстоянии по высоте должна находиться верхняя грань постоянной визирки. Отмеряют это расстояние и устанавливают постоянную визирку так, чтобы верхняя грань ее была горизонтальна. Это расстояние должно равняться разности между высотой ходовой визирки и расстоянием от лотка трубы до полочки (т. е. разности их отметок).

Положение укладываемой трубы в горизонтальном положении проверяют с помощью отвеса, который подвешивается на шпагате на проволоку, натянутую в интервале между обносками. Отвес, наведенный на конец трубы, должен показывать центр трубы. После того как труба выверена, ее положение закрепляют путем подбивки щебня в пазухи до половины диаметра трубы. Подбивку производят равномерно с обеих сторон и очень осторожно, чтобы не допустить смещения трубы. Уложенная труба долж-

на **плотно** соприкасаться с основанием по всей ее длине.

Дренажи теплофикационных сетей относятся к безнапорным трубопроводам, на которых строят смотровые колодцы. Смотровые колодцы на дренажах бывают обычно круглого поперечного сечения. Конструктивно колодцы состоят из следующих частей: рабочей (т. е. нижней) части, в которой сооружаются лотки, горловины — верхней цилиндрической части и опорного кольца с чугунным люком. Рабочую часть колодцев изготовляют в виде объемных полых цилиндрических блоков. Горловины делают также в форме полых цилиндрических блоков, но меньшего диаметра. Монтаж колодцев ведут теми же стреловыми самоходными кранами, которыми укладывают теплопроводы. Сборные железобетонные элементы имеют монтажные скобы, за которые зацепляют крюки стропов типа «паук».

Монтаж колодцев ведут в следующей последовательности. На щебеночную подготовку укладывают блок днища. Затем на раствор устанавливают нижние стеновые объемные элементы. После окончания этих работ производят монтаж горловины и опорного кольца. Блоки кладут на растворе, укрепляя их между собой сваркой закладных деталей.

§ 3.10. Испытание и промывка теплопроводов

Испытание смонтированного при реконструкции теплопровода должно производиться так же, как при новом строительстве, в соответствии с указаниями соответствующих глав СНиП и правил Госгортехнадзора СССР. После завершения строительно-монтажных работ по реконструкции теплопроводы подвергают окончательным (приемочным) испытаниям на прочность и герметичность. Кроме того, трубопроводы водяных тепловых сетей промывают, а трубопроводы тепловых сетей при открытой системе теплоснабжения и сети горячего водоснабжения промывают и дезинфицируют. Подземные теплопроводы, уложенные в непроходных каналах и непосредственно в траншеях, испытывают дважды: предварительно и окончательно. Теплопроводы, проложенные в проходных каналах и надземно (т. е. доступные к осмот-

ру в процессе эксплуатации) могут быть испытаны 1 раз.

Предварительные испытания теплопроводов производят до установки сальниковых (сильфонных) компенсаторов, секционирующих задвижек, перед закрыванием каналов и обратной засыпкой теплопроводов бесканальной прокладки. Предварительные испытания трубопроводов на прочность и герметичность выполняют, как правило, гидравлическим способом. При минусовой температуре наружного воздуха и невозможности подогрева воды, а также при отсутствии воды допускается в соответствии с проектом производства работ на реконструкцию предварительные испытания выполнять пневматическим способом. Не допускается пневматическим испытаниям подвергать надземные теплопроводы, а также теплопроводы, прокладываемые в одном канале или в одной траншее с действующими инженерными коммуникациями

Трубопроводы водяных тепловых сетей следует испытывать давлением, равным 1,25 рабочего, но не менее 1,6 МПа; сети горячего водоснабжения — давлением, равным 1,25 рабочего. Асбестоцементные теплопроводы испытывают давлением, равным рабочему, плюс 0,3 МПа (3 кгс/см^2), но не менее 0,5 заводского испытательного давления на водонепроницаемость.

Перед испытаниями на прочность и герметичность необходимо: а) произвести контроль качества сварных стыков; б) отключить заглушками испытываемые трубопроводы от действующих; в) установить заглушки на концах испытываемых трубопроводов вместо сальниковых или сильфонных компенсаторов, секционирующих задвижек при предварительных испытаниях; г) обеспечить на всем протяжении испытываемых трубопроводов доступ для их внешнего осмотра, в том числе сварных швов на время проведения испытаний; д) открыть полностью арматуру и байпасные линии. Использование запорной арматуры для отключения испытываемых заводов не разрешается. При выполнении испытаний трубопроводов на прочность и герметичность давление измеряют по аттестованным в последовательном порядке двум (один — контрольный) пружинным манометрам клас-

с не ниже 1,5 с диаметром корпуса не менее 160 мм и шкалой с номинальным давлением $^4/_3$ измеряемого.

Порядок проведения гидравлического испытания следующий: 1) во время заполнения теплопровода водой воздух из него удаляют через воздухоспускные краны, устанавливаемые в наиболее высоких местах, где более вероятно скопление воздуха; 2) в теплопроводе устанавливают пробное давление в самой высокой точке испытываемого участка и выдерживают 10 мин, затем снижают давление до величины рабочего давления; затем при этом давлении трубопровод осматривают по всей его длине. Если в процессе испытания не будет падения манометрического давления, это говорит о том, что в сварных швах, трубах и других местах нет признаков разрыва, течи, запотевания и сдвига или деформации конструкции неподвижных опор. В этом случае результаты предварительного гидравлического испытания считаются удовлетворительными. Гидравлические испытания производит строящая организация в присутствии представителей заказчика и организации, в чьем ведении находятся тепловые сети.

Пневматические испытания. Пневматические испытания производят для стальных трубопроводов с рабочим давлением не выше 1,6 МПа и температурой до 250 °С, монтируемых из труб и деталей, испытанных на прочность и герметичность (плотность) заводами-изготовителями в соответствии с ГОСТ 3845—75* (при этом заводское испытательное давление для труб, арматуры, оборудования и других изделий и деталей трубопроводов должно быть на 20 % выше испытуемого давления, принятого для смонтированного трубопровода). Устанавливать чугунную арматуру (кроме вентилей из ковкого чугуна) на время испытаний запрещается. Заполнять трубопровод воздухом и поднимать давление следует плавно со скоростью не более 0,3 МПа в 1 ч. Визуальный осмотр трассы (вход в охранную зону, но без спуска в траншею) допускается при величине давления, равной 0,3 испытательного, но не более 0,3 МПа. На период осмотра трассы подъем давления должен быть прекращен.

При достижении величины испытательного давления трубопровод выдерживают для выравнивания

температуры воздуха по длине трубопровода. После выравнивания температуры воздуха испытательное давление выдерживают 30 мин и затем плавно снижают до 0,3 МПа, но не выше величины рабочего давления теплоносителя; при этом давлении производят осмотр трубопроводов с отметкой дефектных мест. Места утечки определяют по звуку просачивающегося воздуха, по пузырям при покрытии сварных стыков и других мест подогретым мыльным раствором. Дефекты устраняют только при снижении избыточного давления до нуля и отключении компрессора. Результаты предварительных пневматических испытаний считаются удовлетворительными, если во время их проведения не произошло падения давления по манометру, не обнаружены дефекты в сварных швах, во фланцевых соединениях, трубах, оборудовании и других элементах трубопровода; отсутствуют признаки сдвига или деформации трубопровода и неподвижных опор.

Трубопроводы водяных тепловых сетей в закрытых системах теплоснабжения, как правило, подвергают гидропневматической промывке. Допускается гидравлическая промывка с повторным использованием промывочной воды путем пропуска ее через временные грязевики, устанавливаемые по ходу движения воды на концах подающего и обратного трубопроводов. Промывку производят технической водой. Допускается промывка хозяйственно-питьевой водой при соответствующем обосновании.

Трубопроводы водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения и сетей горячего водоснабжения необходимо промывать гидропневматическим способом водой питьевого качества до полного осветления промывочной воды. По окончании промывки трубопроводы должны быть продезинфицированы путем их заполнения водой с содержанием активного хлора в дозе 75—100 мг/л при времени контакта не менее 6 ч. Трубопроводы диаметром до 200 мм и протяженностью до 1 км разрешается, по согласованию с местными органами санитарно-эпидемиологической службы, хлорированию не подвергать и ограничиться промывкой водой, соответствующей ГОСТ 2874—82*. После промывки результаты лабораторного анализа проб промывкой воды должны соответствовать требо-

ваниям ГОСТ 2874—82*. В результатах промывки (дезинфекции) санитарно-эпидемиологическая служба составляет заключение.

Давление в трубопроводе при промывке должно быть не выше рабочего. Давление воздуха при гидропневматической промывке не должно превышать рабочее давление теплоносителя и быть не выше 0,6 МПа. Скорости воды при гидравлической промывке должны быть не ниже расчетных скоростей теплоносителя, указанных в рабочих чертежах, а при гидропневматической — превышать расчетные не менее чем на 0,5 м/с. О результатах испытаний трубопроводов на прочность и герметичность, а также об их промывке (продувке) составляют акты в соответствии со СНиП 3.05.03—85.

§ 3.11. Сдача и приемка в эксплуатацию тепловых сетей

Приемку в эксплуатацию законченных при реконструкции тепловых сетей производят в соответствии со СНиП 2.03.07—86. Приемку вновь сооруженных трубопроводов в эксплуатацию осуществляет комиссия в составе представителей заказчика, подрядчика и управления тепловых сетей (технадзора), а при непосредственном водоразборе и представителя санитарно-эпидемиологической службы. Трубопроводы с рабочим давлением 0,07—1,6 МПа и температурой свыше 115 °С принимают в эксплуатацию с учетом «Правил устройства и безопасности эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» без регистрации теплопроводов в органах Госгортехнадзора. Трубопроводы с теплоносителем горячей воды с рабочим давлением свыше 1,6 МПа и температурой свыше 115 °С с условным проходом более 100 мм подлежат регистрации в органах Госгортехнадзора СССР и принимаются в эксплуатацию с обязательным участием инспекции последнего.

Сдаче в эксплуатацию законченного строительством всего объекта или его части (которая может самостоятельно эксплуатироваться) предшествует промежуточная приемка отдельных его частей или видов работ в процессе строительства. Промежуточной приемке, оформляемой соответствующими актами, под-

лежат: разбивка трассы, устройство оснований траншей и котлованов; укладка трубопроводов; сварка трубопроводов и закладных частей сборных конструкций; актикоррозионное покрытие труб; монтаж строительных конструкций; заделка и омоноличивание стыков; тепловая изоляция трубопроводов; дренажные устройства; гидроизоляция строительных конструкций; устройство электрозащиты; растяжка П-образных компенсаторов; ревизия и испытание арматуры; сальниковые компенсаторы; засыпка траншей и котлованов; очистка внутренней поверхности труб; укладка футляров; промывка трубопроводов; гидравлическое или пневматическое испытание.

В эксплуатацию теплопроводы принимает рабочая комиссия (образованная заказчиком), состав которой указан выше. Строительно-монтажная организация предъявляет комиссии следующую документацию: рабочие чертежи проекта тепловых сетей с нанесенными на них изменениями (исполнительные чертежи), допущенными в процессе строительства и согласованными с проектной организацией и управлением тепловых сетей; паспорт трубопроводов; акты (указанные выше); сертификаты на трубы, сварочные материалы, фасонные части заводского изготовления, теплоизоляционные и гидроизоляционные материалы и изделия, бетон и бетонные изделия; схему сварных стыков; журнал производства работ; заключения по проверке сварных стыков физическими методами контроля и результаты механических испытаний контрольных сварных стыков; паспорта на установленную арматуру, приборы учета и контроля и автоматические регуляторы.

Исполнительные чертежи реконструируемых водяных тепловых сетей должны быть представлены в следующем объеме: 1) план трассы в масштабе 1 : 500; 2) профиль трассы в вертикальном масштабе 1 : 50 и горизонтальном 1 : 500; 3) схема стыков подземных трубопроводов; 4) чертежи камер в масштабе 1 : 20; 5) чертежи ИТП и ЦТП в объеме проекта; 6) чертежи прокладки по подвалам зданий.

Ознакомившись с документами, комиссия производит наружный осмотр коллекторов, каналов и самих трубопроводов, компенсаторов, узлов, камер, колодцев и всех доступных осмотру элементов соору-

жений. Одновременно с этим проверяет возможность свободного удаления воздуха из сети и опорожнения трубопровода во всех точках согласно проекту. После этого рабочая комиссия знакомится с актами на испытания трубопроводов. Промывку трубопроводов производят в присутствии рабочей комиссии или же комиссия ограничивается просмотром актов на промывку трубопроводов. В процессе работы комиссия устанавливает качество выполненных работ и соответствие их проекту.

Приемка в эксплуатацию уникальных и особо важных объектов производится государственными приемочными комиссиями. В состав государственных приемочных комиссий включаются представители заказчика, генерального подрядчика, генерального проектировщика, органа государственного санитарного надзора, органа государственного пожарного надзора, органов по использованию и охране водных ресурсов, технической инспекции советов профсоюзов и финансирующего банка. Государственная приемочная комиссия рассматривает заключение рабочих комиссий о готовности объекта к приемке в эксплуатацию; проверяет наличие и содержание актов на приемку теплопроводов и сооружений, составленных рабочей комиссией, комплектность и достоверность представленной заказчиком технической документации; устанавливает соответствие предъявленного к приемке в эксплуатацию объекта утвержденному проекту, качество выполненных работ; проверяет соответствие фактической стоимости выполненной части объекта сметной; проверяет готовность предъявляемого к приемке в эксплуатацию объекта к действию в соответствии с правилами технической эксплуатации, техники безопасности и производственной санитарии; дает оценку качества выполненным работам и объекту в целом.

В заключение своей работы как рабочая, так и государственная приемочные комиссии составляют и подписывают акты приемки в эксплуатацию объекта. После этого начинается нормальная эксплуатация принятого объекта. В тех случаях, когда сдача в эксплуатацию теплосетей производится отдельными, полностью законченными участками, присоединение их к действующим сетям производится следую-

щим образом. Если развитие сети предусмотрено проектом, то в местах присоединения заранее устанавливают фланцы с задвижками или заглушками. Если присоединение ранее не предусмотрено, то в действующую линию врезают штуцера и устанавливают запорную арматуру, к которой присоединяют новую линию. Для этого действующий трубопровод выключают, давление в нем опускают и теплоноситель удаляют. По окончании сварочных работ трубопровод промывают. После этого новую линию наполняют теплоносителем и приступают к ее эксплуатации.

ГЛАВА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

§ 4.1. Асбестоцементные трубы

Эффективной возможностью снижения капитальных затрат и металловложений при реконструкции водяных тепловых сетей с температурой теплоносителя до 115 °С и давлением до 1,2 МПа, а также повышения срока эксплуатации и надежности тепловых сетей является замена стальных труб неметаллическими, в частности асбестоцементными. В настоящее время асбестоцементные трубы составляют около 70 % всех неметаллических, выпускаемых в нашей стране. Впервые асбестоцементные трубы появились в Италии, где в 1913 г. обществом «Этернит» было организовано производство их заводским способом. Несколько позднее, к 1921 г., асбестоцементные трубы стали изготовлять во Франции, Бельгии, Англии, Германии и других промышленных странах. В 1929 г. фирма «Джонс-Менвилл» стала выпускать асбестоцементные трубы для подземной прокладки в США и Канаде.

В СССР асбестоцементные трубы начали выпускать в 1928 г. на заводе «Красный строитель» в г. Воскресенске Московской обл. Материалами для изготовления асбестоцементных труб служат асбест, цемент и вода. Для производства асбестоцемента используют в основном хризотил-асбест. Асбестоцементные волокна наряду с высокой огнеупорностью и химической стойкостью обладают значительной прочностью на растяжение. Они армируют цементный ка-

мень, тем самым упрочняя его. В состав асбестоцементных напорных труб входит примерно 15 % асбеста и 85 % портландцемента. Трубы изготавливают машинным способом (навивкой под давлением).

Стенки труб состоят из отдельных тонких асбестоцементных слоев-пленок, накладываемых на форматную скалку и спрессовываемых в процессе формования в монолит. По достижении заданной толщины стенки формование трубы прекращается, затем снятые с форматной скалки трубы проходят процесс твердения, чтобы пластичный свежеотформованный асбестоцемент превращался в камневидный материал, обладающий высокой механической прочностью, после чего их концы обрезают и обтачивают на токарных станках. На напорные трубопроводы, проложенные под землей, действуют силы давления транспортируемой рабочей жидкости и внешние нагрузки от давления грунта и транспорта.

Одним из основных показателей, определяющих возможность применения асбестоцементных труб в напорных трубопроводах, является их механическая прочность. Результаты исследований, проведенных в СССР и за границей, показали, что механическая прочность асбестоцементных труб лежит значительно выше, чем требуемая минимальная прочность при применении их в трубопроводном строительстве. Выпускаемые на асботрубных заводах напорные асбестоцементные трубы в зависимости от марки рассчитаны на определенное давление рабочей жидкости. При испытании асбестоцементных напорных труб на отечественных заводах-изготовителях в соответствии с ГОСТ 539—80* обеспечивается двойной запас при испытании на разрыв внутренним гидравлическим давлением.

Широкое применение асбестоцементных труб во многом зависит от их долговечности в условиях эксплуатации. Асбестоцементные трубы по сравнению с металлическими обладают высокой коррозионной стойкостью. Асбестоцемент обладает значительным электрическим сопротивлением, поэтому все электрохимические коррозионные процессы полностью исключаются. Изучение вопроса о грунтовой коррозии асбестоцементных труб показало, что эти трубы более устойчивы к химическому воздействию, чем бетонные и особенно металлические.

Однако химическая стойкость асбестоцементных труб является хотя и очень высокой, но не безграничной. Поскольку асбестоцементные трубы кроме стойкого к воздействию агрессивных сред асбеста содержат также цемент, они в особо агрессивных грунтах и водах подвержены тем же видам коррозии, что и бетонные трубы. Это, однако, происходит в редких случаях; чаще всего асбестоцемент, подвергшийся химическому воздействию, представляет вид поверхности, обтянутой тончайшим бархатом. Цемент выщелочен, и асбестовые волокна образуют защитный слой. Химическое воздействие проникает в глубину все медленнее и, наконец, практически совсем прекращается, поскольку указанный асбестовый слой выполняет роль «буфера». Кроме того, следует заметить, что асбестоцементные трубы благодаря особенностям технологии их изготовления (имеется в виду давление, при котором асбестоцементные волокна наматываются на стальную скалку) получают высокую плотность, способствующую повышению сопротивления труб химическому воздействию. Поскольку поры в асбестоцементе имеют очень малые размеры, проникновение в них агрессивных веществ, растворение и выведение компонентов из асбестоцемента в существенной мере затруднены.

Практика показала, что никогда еще не возникала необходимость замены асбестоцементных труб из-за разрушения агрессивными средами. Состояние асбестоцементных труб при морозе вследствие хорошей теплоемкости асбестоцемента вполне удовлетворительно. Так, например, участки асбестоцементных напорных труб замораживали и снова окунали в ванну с водой до 30 раз. При этом не было обнаружено никаких повреждений. Асбестоцементные напорные трубы обладают хорошими гидравлическими свойствами. Способы выработки асбестоцементных труб при формировании их на стальных скалках обеспечивают такую ровную и гладкую внутреннюю поверхность, которая из-за малого гидравлического сопротивления создает незначительные потери напора и не способствует образованию отложений на стенках трубопровода и скоплению в них осадков.

Исследования по определению гидравлического сопротивления асбестоцементных труб при движении

по ним чистой воды были достаточно глубоко проведены как за рубежом, так и в нашей стране. На основании исследований, проведенных во ВНИИ ВОДГЕО, Ф. А. Шевелевым составлены таблицы для гидравлического расчета асбестоцементных водопроводных труб. В напорных трубопроводах в результате закрывания и открывания запирающих устройств возникают гидравлические удары, которые могут в несколько раз превышать рабочее давление. С уменьшением времени закрывания запирающего устройства увеличивается сила гидравлического удара. Последний становится опасным для системы трубопроводов, не обладающей необходимым запасом прочности.

Применяемые для соединения асбестоцементных напорных труб асбестоцементные муфты с резиновыми уплотнительными кольцами, работающими по принципу самоуплотнения, смягчают гидравлические удары в асбестоцементном трубопроводе, так как при распространении напорной волны уплотнительные кольца сжимаются сильнее. Кроме того, муфтовые эластичные соединения, соединяющие отдельные асбестоцементные трубы, допускают некоторые угловые отклонения труб от оси. Это в случае просадок грунта не нарушает герметичности трубопровода. Стоимость асбестоцементных труб ниже стоимости труб металлических, железобетонных и даже керамических, кроме того, они обладают и сравнительно небольшой массой. К недостатку асбестоцементных труб следует отнести их хрупкость. Поэтому при монтаже, погрузке и разгрузке, а также при перевозке должны строго соблюдаться необходимые меры предосторожности.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что асбестоцементные трубы обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью, морозостойкостью, хорошими гидравлическими характеристиками, невысокой стоимостью и небольшой массой. Именно благодаря этим свойствам они получают в последнее время все большее распространение в трубопроводном строительстве как в СССР, так и в других странах.

Прокладки асбестоцементных трубопроводов нашли широкое применение в системах водоснабжения и канализации. Асбестоцементные трубы получают

все большее применение при сооружении газопроводов. Исследования свойств асбестоцементных труб для газопроводов, проведенные в нашей стране НИИасбестоцементом совместно с ВНИИСТом и ГипроНИИГазом позволили еще шире рекомендовать их для газопроводов. Кроме того, асбестоцементные трубы работают в качестве ирригационных и промышленных трубопроводов, для дренажа, прокладки телефонных и электрических кабелей, каналов для кондиционирования воздуха, для вентиляции, дымоходов, дымовых труб и других целей.

Технология строительства перечисленных трубопроводов из асбестоцементных труб достаточно подробно и широко освещена в литературе. В Советском Союзе производство асбестоцементных труб развивается быстрыми темпами, что позволяет более широко применять их в народном хозяйстве для транспортирования жидкостей и газов как экономически выгодные, заменяющие дефицитные и дорогостоящие металлические трубы.

В мировой практике асбестоцементные трубы применяются при строительстве тепловых сетей в основном в качестве защитных оболочек, одеваемых на стальные трубы. Применение асбестоцементных труб для изготовления теплоизоляционных оболочек было известно в Советском Союзе и ряде других стран. Применяли следующие способы прокладок стальных теплопроводов в асбестоцементных трубах: прокладка, выполняемая протаскиванием готовых стальных теплопроводов в асбестоцементные трубы, уложенные в траншею; прокладка полностью готовыми звеньями, собранными вне траншеи. Оба вида прокладки предусматривают применение заранее сваренных стальных плетей длиной до 50 м.

Применение асбестоцементных труб в качестве несуще-ограждающей конструкции зарубежные авторы обосновывают следующими преимуществами этих труб: большой прочностью на сжатие; значительной стойкостью к химическим воздействиям; большой водо- и газонепроницаемостью оболочки, а следовательно, отсутствием коррозии труб и снижением тепловых потерь теплопроводов; высокими диэлектрическими свойствами; простой и быстрой укладкой труб с незначительным объемом земляных работ; возмож-

ностью блочного строительства. Теплопотери при прокладке стальных теплопроводов в асбестоцементных трубах не выше, чем при канальной прокладке.

Многолетний опыт эксплуатации стальных теплопроводов, проложенных в асбестоцементных трубах (фирма Wanit), подтвердил их работоспособность. В настоящее время фирма Eternit прокладывает тепловые сети с температурой теплоносителя до 100 °С из асбестоцементных напорных труб с тепловой изоляцией из пенополиуретана, залитой в пространство между асбестоцементными напорными трубами и асбестоцементной оболочкой.

В нашей стране первые исследования по определению возможности применения асбестоцементных труб в качестве теплопроводов были проведены в 1932—1933 гг. во Всесоюзном теплотехническом институте им. Ф. Э. Дзержинского. Исследовали опытный участок теплопровода длиной 15 м, смонтированный из асбестоцементных труб, изготовленных на воскресенском комбинате «Красный строитель». Трубы имели внутренний диаметр 218 мм и толщину стенки 14—16 мм. Соединение асбестоцементных труб осуществляли с помощью наружных металлических муфт, зачеканенных асбестоцементной массой того же состава, что и трубы. Асбестоцементные трубы были заполнены водой под давлением в течение 3900 ч, в том числе с температурой 50—150 °С — 1400 ч. Во время испытаний производили замеры расхода воды, ее температуры, давления, сопротивления труб, утечки из труб и стыков, температурных удлинений и тепловых потерь. В результате испытаний трубы и стыковые соединения показали вполне удовлетворительные результаты при всех заданных режимах температур и давлений (до 150 °С и до 0,6 МПа).

В процессе испытания было установлено, что в случае применения жесткой конструкции стыкового соединения, какой является муфта, зачеканенная асбестоцементной массой, необходимо устанавливать компенсирующие устройства. Исходя из опытных данных теплосетью Мосэнерго в ноябре 1933 г. в подвале строящейся гостиницы «Москва» был проложен опытный участок теплопровода протяженностью около 50 м, смонтированный из асбестоцементных труб $D_у$=200 мм и подключенный параллельно обратному

стальному теплопроводу. В одной из концевых точек участка для компенсации температурных деформаций был установлен сальниковый компенсатор. Однако из-за несовершенства примененных жестких стыковых соединений (раструбных чугунных муфт, зачеканенных асбестоцементной массой) попытка включить этот асбестоцементный теплопровод в эксплуатацию не имела успеха.

В 1955 г. во Всесоюзном теплотехническом институте им. Ф. Э. Дзержинского на опытных прокладках асбестоцементных труб А. А. Скворцовым были испытаны 3 типа стыковых соединений для асбестоцементных теплопроводов: 1) жесткий стык с использованием стандартной асбестоцементной муфты с плотной зачеканкой зазора между муфтой и трубой асбестоцементным или чисто цементным раствором; 2) гибкий стык с использованием асбестоцементной муфты, герметичность соединения которого достигается уплотнением зазора четырьмя резиновыми кольцами (по два с каждой стороны муфты), изготовленными из термостойкой резины, плотно прижимаемыми к муфте металлическими фланцами, стянутыми болтами; 3) стык с металлической муфтой с уплотнением резиновыми манжетами. Результаты испытаний позволили считать стыковые соединения (типы 2 и 3) пригодными для применения в асбестоцементных теплопроводах, прокладываемых лишь в местах, доступных для осмотра и обслуживания. Жесткий стык (тип 1) получил отрицательную оценку.

Н. П. Карягин (Горьковский инженерно-строительный институт) получил положительные результаты проводимых опытов по использованию асбестоцементных труб для изготовления нагревательных приборов в системах центрального отопления и взамен корродирующих стальных труб в экономайзерах. Асбестоцементные трубы опробовали также для подогрева грунта при теплоснабжении парников и теплиц, однако для этих условий работы трубопроводов требования к прочности и надежности труб и стыковых соединений значительно ниже, чем для тепловых сетей. Известны отдельные случаи, когда асбестоцементные трубы были успешно применены на курортах для транспортирования термальной минеральной воды от скважин к ванным зданиям.

Исследованиями, проведенными во ВЗИСИ, установлена возможность и целесообразность применения асбестоцементных труб при бесканальной прокладке тепловых, сетей, разработаны и исследованы новые конструкции тепловых сетей и методы их строительства.

Отечественная промышленность выпускает в настоящее время следующие напорные асбестоцементные трубы: 1) асбестоцементные водопроводные напорные трубы марок ВТ6, ВТ9, ВТ12 и ВТ15, соответственно рассчитанные на рабочее давление 0,6; 0,9; 1,2 и 1,5 МПа, диаметром условного прохода ($D_у$) 100—500 мм (ГОСТ 539—80*); 2) асбестоцементные водопроводные напорные трубы марок ВТ9, ВТ12 и ВТ15, соответственно рассчитанные на рабочее давление 0,9; 1,2 и 1,5 МПа, $D_у$ 150—500 мм, длиной 6 м (ТУ 21-24-77-76). Выпуск асбестоцементных труб длиной 6 м начат в 1964 г. воскресенским комбинатом «Красный строитель» на оборудовании итальянской фирмы «РКМ» и осваивается другими асботрубными заводами страны на отечественных машинах, разработанных СКБ «Асбоцеммаш» Минстройдормаша.

Установлено, что наиболее подходящими для применения в тепловых сетях являются напорные асбестоцементные трубы марок ВТ9, ВТ12 и ВТ15 длиной 3, 4 и 6 м. Проведенные исследования показали, что асбестоцементные трубы обладают достаточной стойкостью при длительном воздействии теплоносителя—горячей и перегретой воды. Их прочностные характеристики не снижаются, состав и структура не меняются. Это позволило применять асбестоцементные трубы в качестве теплопроводов.

Основными факторами, влияющими на величины линейных деформаций асбестоцементных труб при транспортировке по ним теплоносителя, являются влажность и температура. Величина набухания асбестоцементных труб при увлажнении близка величине набухания цементного камня и колеблется от 0,952 до 1,724 мм на 1 м трубы. Суммарные линейные деформации от воздействия температуры при нагревании в воде с учетом набухания не превышают 2,15 мм на 1 м трубы. При использовании для стыкования асбестоцементных теплопроводов асбестоцементных муфт с теплостойкими уплотнительными

кольцами эти деформации могут компенсироваться в самих стыках за счет оставляемого между асбестоцементными трубами монтажного зазора в 10—15 мм при длине труб 3—4 м и 15—20 мм при длине труб 6 м. В этом случае отпадает необходимость в устройстве специальных компенсаторов.

Коэффициент теплопроводности асбестоцемента с объемной массой, равной 1,9 г/см^3 при естественной влажности и нулевой температуре, равен 0,35 Вт/м·°С. Однако при транспортировании по асбестоцементным трубам горячей воды с повышением ее температуры увеличивается и коэффициент теплопроводности. Под воздействием теплоносителя (воды) при температуре до 150 °С коэффициент теплопроводности увлажненной стенки асбестоцементных труб в практических расчетах можно принимать равным 0,9 Вт/м °С. Стенки асбестоцементных труб из-за невысокого значения коэффициента теплопроводности (по сравнению со стальными, коэффициент теплопроводности которых равен 58 Вт/м·°С), имеют термическое сопротивление, которое необходимо учитывать при тепловом расчете асбестоцементных теплопроводов. Это позволяет уменьшить толщину слоя тепловой изоляции.

Учитывая высокую экономическую эффективность использования асбестоцементных труб для горячего водоснабжения, а также отсутствие в литературе сведений, касающихся их гигиенической оценки, Саратовский НИИ сельской гигиены провел комплексные натурные и лабораторные исследования по обоснованию возможности использования напорных трубопроводов для систем горячего водоснабжения. Гигиеническое изучение последних с применением напорных асбестоцементных труб ВТ9 и ВТ12 включало в себя натурное обследование опытных водопроводов горячего водоснабжения в Люберцах Московской обл. и поселке им. Карла Либкнехта Курской обл. Одновременно в лабораторных условиях на моделях трубопроводов рассматривались физико-химическое и санитарно-токсикологическое свойства водных вытяжек.

Для правильной гигиенической интерпретации полученных данных в качестве контрольных были взяты дома, горячая вода к которым поступает по стальным трубам. Изучение ее качеств проводили по следующим показателям: органолептическим (запах,

привкус, прозрачность, цветность), химическим (pH, окисляемость, жесткость, кальций, железо, сухой остаток), бактериологическим (коли-индекс, общее микробное число) и др. Установлено, что ни один из названных показателей не был ухудшен. Это же подтвердили и лабораторные исследования с водными вытяжками из асбестоцементных труб.

Опрос по специально разработанным анкетам позволил установить, что горячая вода, поступающая по асбестоцементным трубам, большинством потребителей оценивается как вода, обладающая благоприятными органолептическими характеристиками, вполне пригодна для хозяйственно-бытового употребления. (Бóльшая часть жалоб связана с появлением в воде ржавчины от стальных труб.) Какого-либо специфического воздействия асбестоцементных труб на качество горячей воды выявить не удалось. На основании результатов исследований, проведенных Саратовским НИИ сельской гигиены как в лабораторных условиях, так и при эксплуатации натурных тепловых сетей из асбестоцементных труб, Министерство здравоохранения СССР разрешило применение асбестоцементных теплопроводов для систем централизованного горячего водоснабжения, что еще больше расширяет область их применения

§ 4.2. Стыковые соединения асбестоцементных теплопроводов

Как показали проведенные исследования, сами асбестоцементные трубы обладают достаточной стойкостью при длительном воздействии горячей и перегретой воды, поэтому надежность всей системы теплопроводов зависит в первую очередь от их стыковых соединений. Для соединения асбестоцементных труб в напорных трубопроводах в настоящее время применяются в основном два типа муфтовых соединений: а) чугунная фланцевая муфта ГОСТ 17584—72*; б) асбестоцементная самоуплотняющаяся муфта типа САМ ГОСТ 539—80*.

Чугунная фланцевая муфта с резиновыми уплотнительными кольцами круглого и трапециевидного поперечного сечения обеспечивает высокую надежность стыкового соединения (вплоть до разрыва ас-

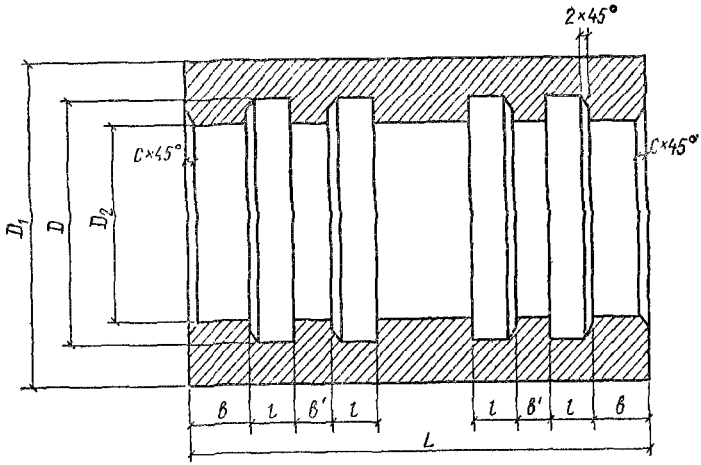


Рис. 4.1. Самоуплотняющаяся асбестоцементная муфта САМ-2-ТП

бестоцементных труб), однако болтовое соединение фланцев ограничивает применение этой муфты для стыкования труб тепловых сетей. Высокой надежностью обладает асбестоцементная муфта типа САМ с резиновыми уплотнительными кольцами, работающими по принципу самоуплотнения, что обеспечивает увеличение герметичности по мере увеличения давления в трубопроводе. Для соединения асбестоцементных труб в теплопроводе на базе серийной самоуплотняющейся муфты САМ разработаны новые муфты САМ-2-ТП с четырьмя резиновыми уплотнительными кольцами (по два кольца на каждую сторону стыкуемых труб). Форма муфт должна соответствовать указанной на рис. 4.1, размеры муфт должны соответствовать указанным в табл. 4.1.

Помимо высокой герметичности стыковых соединений разработанные муфты обеспечивают также возможность компенсации линейных деформаций асбестоцементных труб посредством скольжения последних в резиновых уплотнительных кольцах за счет оставляемого между торцами труб зазора. Герметизация муфтовых соединений (САМ-2-ТП, САМ9, САМ12 и САМ15) осуществляется с помощью уплотнительных колец из теплостойкой резины марки

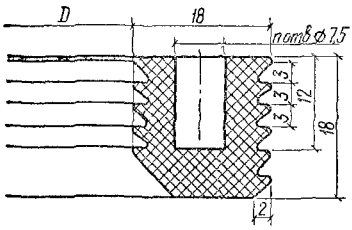


Рис. 4 2. Сечение резинового кольца для муфт САМ и САМ-2-ТП

Таблица 4.1. Размеры муфты САМ-2-ТП, мм

Условный проход	Наружный диаметр	Внутренний диаметр	Диаметр канавок	Ширина канавок	Ширина буртика	Ширина перемычки	Ширина конусной расточки	Длина
100	175	127	150	20	27	20	6	210
150	224	173	196	20	27	20	6	210
200	286	229	252	20	27	20	6	210
250	341	279	302	20	27	20	6	210
300	398	329	352	20	27	20	6	210

ИРП-1220 по форме и размерам, отвечающим требованиям ГОСТ 5228—76*. Форма и размеры резиновых колец должны соответствовать рис. 4.2 и табл. 4.2.

Таблица 4.2. Размеры резиновых колец

Условный диаметр $D_у$, мм	Внутренний диаметр D, мм	Число гнезд в кольце
100	119	40
150	165	56
200	222	72
250	272	88
300	322	104

Условия работы резиновых уплотнителей в стыковых соединениях асбестоцементных теплопроводах более тяжелые, нежели в обычных водопроводах, поскольку повышенная температура транспортируемой среды в значительной мере ускоряет процесс «старения» обычных резиновых манжет, что проявляется в потере резиной эластичности, а значит, в снижении

герметичности стыковых соединений. Выбор рецептуры теплостойкой резины, способной длительное время сохранять высокоэластичные свойства при температуре до 150 °С, осуществлялся совместно с лабораторией формовых изделий Загорского филиала НИИ резиновой промышленности. Проведенные в этом направлении исследования показали, что резины на основе синтетических каучуков, и особенно на основе бутилкаучука, обладают повышенной стойкостью в предъявленных условиях температурного воздействия.

Исходя из этого для исследований были предложены рецептуры резин следующих марок: 1) «4990»— на основе синтетического нитрильного каучука СКН-40; 2) «НО-70» — на основе наирита (синтетического хлоропренового каучука) и СКН-18; 3) «ИРП-1220» — на основе синтетических нитрильных каучуков СКН-18 и СКН-26; 4) «ЗФ4-26б» — на основе бутилкаучука. Прочностные свойства асбестоцементных самоуплотняющихся муфт типа САМ с резиновыми уплотнительными кольцами достаточно глубоко обоснованы для применения в обычных условиях в работах НПО «Асбестцемент». Поэтому основным направлением исследований было обеспечение герметичности в условиях воздействия температуры и давления теплоносителя и долговечности этих стыковых соединений. Кроме этого, были исследованы угловые отклонения асбестоцементных труб в муфтах САМ-2-ТП.

Для обеспечения герметичности муфтовых стыков с резиновыми уплотнительными кольцами очень важное значение имеет давление на контакте труба — резина — муфта, возникающее в результате действия упругих сил, внешне проявляющихся при сжатии резиновых колец. Это контактное напряжение зависит от модуля упругости резины или ее твердости и степени начального обжатия колец между трубой и муфтой. Степень начального обжатия колец (%) определяют по формуле

$$\varepsilon = [(h_к - h_1)/h_к]\,100\%, \qquad (4.1)$$

где $h_к$ — высота резиновых уплотнительных колец, мм; h_1 — высота резиновых уплотнительных колец в обжатом состоянии, мм.

Высота уплотнительных колец в обжатом состоя-

нии зависит от диаметра расточки канавок асбестоцементных самоуплотняющихся муфт и наружного диаметра обточенных концов асбестоцементных труб

$$h_1 = (D_к - D_{тр})/2, \qquad (4.2)$$

где $D_к$ — диаметр расточки канавок муфт, мм; $D_{тр}$ — наружный диаметр обточенных концов труб, мм.

Для исследования герметичности стыковых соединений в условиях температурного воздействия теплоносителя в зависимости от твердости резины и степени начального обжатия колец были проведены лабораторные испытания на специальном стенде. Стендовые испытания показали, что при твердости резины 50—60 по ТМ-2 и степени начального обжатия уплотнительных колец в рабочем состоянии 15—18 % вполне обеспечивается герметичность стыковых соединений асбестоцементных труб при использовании их в качестве теплопроводов в рабочем диапазоне давлений горячей воды. Лучшие результаты показали уплотнительные кольца из теплостойкой резины марок ИРП-1220 и ЗФ4-26б.

В процессе эксплуатации надежную работу уплотнения характеризуют два показателя: контактное напряжение и остаточная деформация колец. При длительной эксплуатации вследствие развивающегося процесса химической релаксации и накопления остаточной деформации происходит постепенное падение контактного напряжения, которое может вызвать разуплотнение стыка. Для определения долговечности резиновых колец при использовании их в качестве уплотнителей стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов было проведено ускоренное старение образцов резин при деформационном режиме, близком к режиму работы колец в муфте.

Для этого были использованы разработанные в НИИРПе методы ускоренного старения резин, которые основаны на том, что в результате длительной выдержки при более низких температурах в резине развивается, хотя и значительно медленнее, процесс химической релаксации той же природы, что и при более высоких температурах. Поэтому испытания при средней температуре эксплуатации резиновых колец можно заменить кратковременными испытаниями при более высоких температурах. На основании

проведенных совместно с Загорским филиалом НИИРП исследований был сделан вывод о возможности применения уплотнительных колец из теплостойкой резины марок ИРП-1220 и ЗФ4-26б для муфтовых стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов в течение длительного времени.

Кроме того, для проверки надежности и долговечности муфтовых стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов были проведены исследования в процессе их эксплуатации. Результаты этих исследований подтвердили первоначальный вывод о возможности применения уплотнительных колец из отобранных марок резин для асбестоцементных теплопроводов в течение длительного времени (опыт эксплуатации уплотнительных колец из теплостойкой резины марки ИРП-1220 в асбестоцементных теплопроводах с температурой теплоносителя до 100 °С составляет около 10 лет).

Преимуществами муфтовых стыковых соединений асбестоцементных теплопроводов являются их эластичность (т. е. способность выдерживать вибрацию), а также угловые смещения труб от прямолинейной оси трубопровода в 3—5 ° без нарушения герметичности стыков. Эта особенность муфтовых стыковых соединений способствует сохранению герметичности асбестоцементных теплопроводов в случае угловых отклонений в процессе строительства или возможных просадок грунта в процессе эксплуатации. Еще одним преимуществом является возможность быстро перемонтировать стыковые соединения в случае выявления каких-либо дефектов в стыках во время проведения испытания теплопровода.

В настоящее время НПО «Асбестцемент» разработаны для сельских систем теплоснабжения технические условия на трубы и муфты асбестоцементные напорные для тепловых сетей ТУ 21-028437-023-88.

§ 4.3. Тепловая изоляция

При оценке качества тепловых сетей важную роль играют их тепловые потери, которые в основном зависят от температуры теплоносителя, теплозащитных свойств и толщины изоляции, температурно-влажностных условий эксплуатации. Из многих видов тепло-

вой изоляции засыпная является наиболее простой, так как она сводит к минимуму технологические процессы по ее устройству, ускоряет и удешевляет производство работ.

Многие засыпные изоляции (фрезерный торф, шлак и др.) не получили в свое время распространения в практике строительства тепловых сетей только лишь из-за усиленной подверженности стальных труб коррозии. В случае же строительства тепловых сетей из не подверженных коррозии асбестоцементных труб применение засыпной тепловой изоляции вполне целесообразно.

В качестве засыпных теплоизоляционных материалов применяют засыпки, обладающие небольшой объемной массой, хорошими теплоизоляционными свойствами, достаточной прочностью, малой величиной водопоглощения и высокой капиллярного поднятия, стойкостью в условиях высокой температуры и влажности, низкой отпускной стоимостью. В качестве засыпной тепловой изоляции для бесканальной прокладки тепловых сетей из асбестоцементных труб были исследованы два вида засыпки, удовлетворяющей указанным требованиям: из керамзитового гравия средней фракцией 20—40 мм и гранулированного шлака средней фракцией 2—7 мм.

Первоначально оба вида засыпки для определения температуро- и водоустойчивости были подвергнуты длительному испытанию в кипящей воде. Кроме того, температуро- и водоустойчивость определяли при переменном режиме путем периодического нагревания увлажненных навесок керамзита и гранулированного шлака при температуре 150 °С, а затем увлажнения их холодной водой. Было проведено 25 циклов испытаний. При испытаниях гранулы керамзита и шлака не разрушались. Не произошло изменения первоначальной массы высушенных до постоянной массы навесок. На основании результатов этих испытаний можно было сделать вывод, что керамзитовый гравий и гранулированный шлак обладают достаточной температуро- и водоустойчивостью. Это позволило применить их в качестве засыпной тепловой изоляции асбестоцементных теплопроводов, работающей в переменных температурно-влажностных условиях.

Недостатком засыпной тепловой изоляции, как и большинства других видов тепловой изоляции, является то, что, обладая пористой структурой, она при прохождении через ее слой поверхностных вод может впитывать влагу, что ухудшает ее теплозащитные свойства. С целью сохранения теплозащитных свойств засыпки при возможном ее увлажнении целесообразно на гранулы засыпки наносить гидрофобизирующее покрытие, например битумное, полимерное или другое. Как один из возможных вариантов гидрофобизации гранул засыпной тепловой изоляции была опробована примененная во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева обработка керамзита как наполнителя по способу Н. В. Михайлова, при котором в качестве гидрофобизатора применяется разжиженный в керосине или зеленом масле нефтяной битум.

С целью уточнения методики гидрофобизации были проведены исследования по гидрофобизации керамзитового гравия и гранулированного шлака для использования их в качестве засыпной тепловой изоляции бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб. Для гидрофобизации был принят следующий состав битумного раствора, %: битум БН-у — 40; керосин — 59, асидол — 1. Гидрофобизацию проводили путем погружения нагретых до 150 °С навесок керамзита и шлака в битумный раствор с последующим сцеживанием на металлической сетке и дальнейшей сушкой на воздухе в течение 5 сут. Расход битумного раствора составлял при этом около 6—8 % массы гидрофобизируемых материалов.

После сушки были проведены испытания на водопоглощение гидрофобизированных и негидрофобизированных керамзита и гранулированного шлака путем погружения навесок в воду после предварительной сушки до постоянной массы. Суточное водопоглощение гидрофобизированных материалов составило: керамзитового гравия 2 %; гранулированного шлака 8 %. То же негидрофобизированных: керамзитового гравия 24 %; гранулированного шлака 35 %. Водопоглощение гидрофобизированных материалов, погруженных на 20 суток: керамзитового гравия 12 %; гранулированного шлака 32 %. То же негидрофобизированных: керамзитового гравия 47 %; гранулированного шлака 53 %.

Водопоглощение гидрофобизированных материалов после длительной выдержки и кипячения в воде изменилось весьма незначительно — всего на 2—3 %, следовательно, нанесенное гидрофобное покрытие является достаточно температуро- и водоустойчивым. На основании полученных результатов был сделан вывод о том, что исследованный способ гидрофобизации засыпной тепловой изоляции является вполне эффективным. В ходе исследований было установлено, что гидрофобизация керамзитового гравия оказалась более эффективной, чем гранулированного шлака. Это объясняется тем, что гранулы шлака имеют меньшие размеры и более развитую ноздреватую поверхность. Таким образом, для гидрофобизации оптимальными являются гранулы засыпной тепловой изоляции размером 20—40 мм и имеющие указанную форму.

Для обеспечения теплозащитных свойств тепловой изоляции большое значение имеет высота капиллярного подъема влаги в слое тепловой изоляции. Простейшей моделью капиллярно-пористого тела может служить насыпное тело. Сферические частицы в таком теле могут располагаться различно. Наиболее плотной укладкой является гексагональная, которая наиболее соответствует практическим условиям эксплуатации. При этом плотность максимальна, а поры минимальны. Значит, высота капиллярного всасывания должна быть при этом максимальной, т. е. рассматриваются наихудшие условия. Расчеты и исследования показали, что при размере гранул свыше 20 мм величиной капиллярного подъема в практических условиях можно пренебречь.

В свою очередь, увеличение размеров гранул может привести к увеличению конвективного переноса теплоты в межзерновом пространстве. Согласно известным данным, конвективным переносом теплоты в порах и капиллярах теплоизоляционных материалов можно пренебречь, если их размеры менее 6 мм. Проведенная оценка эквивалентного диаметра пор при гексагональной укладке гранул показала, что последний будет менее 6 мм при размерах гранул от 40 мм и ниже, следовательно, конвекцией в этом случае можно пренебречь. В силу этого оптимальными размерами гранул для засыпной тепловой изоляции бес-

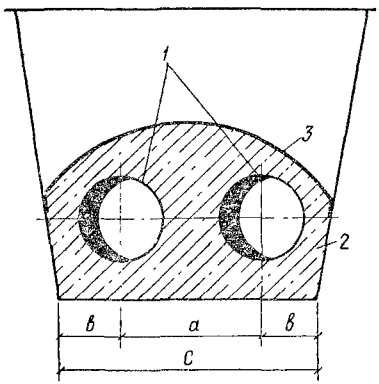


Рис. 4.3. Бесканальная прокладка тепловых сетей из асбестоцементных труб с гранулированной гидрофобизированной засыпкой

1 — асбестоцементные трубы; *2* — гранулированная гидрофобизированная засыпка; *3* — защитная пленка

канальных тепловых сетей из асбестоцементных труб являются гранулы с гидрофобизирующим покрытием (в виде водонепроницаемого слоя) размером 20—40 мм, при которых практически отсутствуют силы капиллярного подъема (подсоса) и практически не возникает конвекция.

В качестве тепловой изоляции трубопроводов следует применять засыпку из гидрофобизированного керамзитового гравия толщиной не менее 200 мм или других гидрофобизированных теплоизоляционных материалов (рис. 4.3). Геометрические размеры поперечника теплосети с тепловой засыпкой из гидрофобизированного керамзита приведены в табл. 4.3.

Были проведены также исследования засыпной тепловой изоляции в процессе эксплуатации. Вскрытие экспериментальной бесканальной тепловой сети из асбестоцементных труб с засыпной тепловой изоляцией из керамзитового гравия после 7 лет эксплуа-

Таблица 4.3. Геометрические размеры поперечника теплосети с тепловой засыпкой из гидрофобизированного керамзита, мм

$D_у$	*a*	*b*	*c*
100	300	200	700
150	350	225	800
200	300	250	900
250	450	275	1000
300	500	370	1240

тации показало, что пространство между гранулами керамзита оказалось засоренным частицами грунта, что ухудшает теплозащитные свойства засыпки. Причиной этого является периодическое прохождение через слой тепловой изоляции поверхностных вод (паводковых или от осадков), несущих с собой мельчайшие частицы грунта, которые задерживаются и накапливаются между гранулами засыпки.

Для предохранения от засорения и заиливания частицами грунта пространства между гранулами засыпной тепловой изоляции, а также прямого попадания поверхностных вод на засыпку сверху помещается защитная пленка (полимерная или другая), которая должна образовывать цилиндрическую поверхность выпуклостью вверх. Края пленки следует загибать вниз по засыпке не менее чем на 100 мм. Кроме засыпной тепловой изоляции для асбестоцементных теплопроводов можно применять также и монолитные конструкции, наносимые на трубы в заводских условиях. Из наиболее распространенных видов могут быть применены тепловые изоляции из битумоперлита, пенобетона, асфальтокерамзитобетона, полимербетона и других материалов. Для каждого вида тепловой изоляции толщина слоя может быть определена теплотехническим расчетом.

§ 4.4. Сопряжение асбестоцементных теплопроводов

Отечественной промышленностью пока не освоен выпуск асбестоцементных фасонных деталей для напорных асбестоцементных водопроводов (переходов, отводов, тройников, крестовин и т. д.). Поэтому при строительстве тепловых сетей из асбестоцементных труб переходы при изменениях диаметров трубопроводов, углы поворота и ответвления можно выполнять при помощи деталей из стальных труб с нанесенным на них стойким антикоррозионным покрытием. Это оправдано и тем, что для установки арматуры, которая соединяется на фланцах с помощью болтов, необходимо применение стальных патрубков. Металлические участки теплопроводов должны быть покрыты антикоррозионным покрытием и теплоизолированы в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию тепловых сетей.

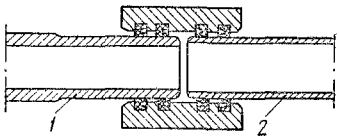


Рис. 4.4. Стыкование асбестоцементных труб со стальными

1 — асбестоцементная труба; *2* — стальная труба

При строительстве асбестоцементных теплопроводов для соединения асбестоцементных труб со стальными отводами и патрубками были испытаны чугунные фланцевые муфты (ГОСТ 17584—72*) с резиновыми уплотнительными кольцами из теплостойкой резины марки ИРП-1220. Проведенные гидравлические испытания смонтированных асбестоцементных теплопроводов перед пуском их в эксплуатацию показали надежность таких соединений. Однако после пуска теплопроводов в эксплуатацию были случаи небольшого подтекания чугунных фланцевых муфт из-за частичного ослабления их болтовых соединений в результате температурного воздействия теплоносителя. После подтяжки болтов на муфтах подтеканий больше не наблюдалось. Это подтвердило первоначальное мнение, что при строительстве тепловых сетей из асбестоцементных труб чугунные фланцевые муфты с уплотнительными кольцами из теплостойкой резины могут быть использованы для соединения асбестоцементных труб со стальными вставками лишь в местах, доступных для осмотра и обслуживания, т. е. в теплофикационных камерах или в техподпольях.

Были проведены также опыты по использованию асбестоцементных самоуплотняющихся муфт САМ и САМ-2-ТП для стыкования асбестоцементных труб со стальными отводами и патрубками в теплофикационных камерах и на вводах в здания. При этом диаметр стальных патрубков соответствовал диаметрам асбестоцементных труб (рис. 4.4). Степень начального обжатия уплотнительных колец между трубой и муфтой была также в пределах 15—18 %. Гидравлические и эксплуатационные испытания показали надежность таких стыковых соединений.

§ 4.5. Конструктивные особенности бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб

На основании разработок ВЗИСИ бывшим Минсельстроем СССР были изданы «Ведомственные строительные нормы на устройство тепловых сетей из асбестоцементных труб бесканальным способом» (ВСН 2-77), а затем «Инструкция по проектированию и строительству бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб» (ВСН 2-79 Минсельстрой СССР). Аналогичный нормативный документ после утверждения Мособлисполкомом был выпущен Московским областным управлением Мособлтеплоэнерго (ВУ 1-81 Мособлэнерго). Кроме того, ЦНИИЭП инженерного оборудования были выпущены «Рекомендации по инженерному оборудованию сельских населенных пунктов» (Ч. 4: Теплоснабжение. — М.: Стройиздат, 1984), где также отражены вопросы бесканальной прокладки тепловых сетей из асбестоцементных труб. В настоящее время по этому вопросу готовится новый нормативный документ.

На основании этих документов при одновременном выполнении требований действующих глав СНиП 2.04.07—86 «Тепловые сети» и СНиП 3.05.02—88 «Тепловые сети» можно вести проектирование и строительство бесканальных подземных тепловых сетей (отопления, горячего водоснабжения) из асбестоцементных труб условным проходом до 300 мм, предназначенных для транспортирования горячей воды с температурой до плюс 115 °С и давлением до 1,2 МПа включительно. Проектирование подземных бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб, выбор трассы, разработку и составление профиля при рабочем проектировании, установку арматуры производят в соответствии с главой СНиПа по проектированию тепловых сетей. Примерный план трассы и монтажная схема показаны на рис. 4.5.

Тепловые сети из асбестоцементных труб можно прокладывать в сухих и маловлажных грунтах. При прокладке трубопроводов в насыщенных водой грунтах предусматривают попутный дренаж. При пересечении тепловыми сетями железнодорожных и трамвайных путей, а также автомобильных дорог трубопроводы из асбестоцементных труб прокладывают,

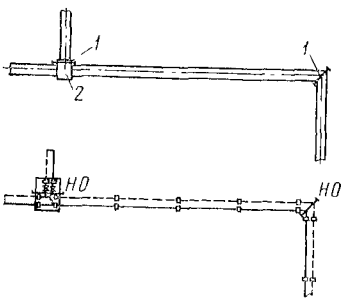


Рис. 45. Примерный план и монтажная схема теплотрассы

1 — неподвижные опоры; 2 — камера

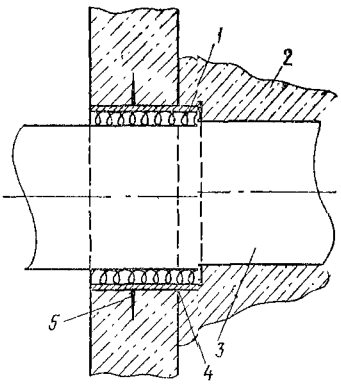


Рис. 46. Узел прохода асбестоцементных теплопроводов через стены теплофикационных камер

1 — стальная гильза; *2* — засыпная теплоизоляция; *3* — асбестоцементная труба; *4* — уплотнительная набивка; *5* — анкерные детали

как правило, в каналах или футлярах, конструкция которых должна обеспечить проведение ремонтных работ без нарушения движения по путям и дорогам. Заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия следует принимать не менее 1,2 м до верха асбестоцементных труб. В местах прохода теплопроводов из асбестоцементных труб через стены зданий и теплофицированных камер необходимо предусматривать установку гильз с уплотнением зазора смоляной прядью (рис. 4.6). Гильзу устраивают из металлической трубы, диаметр которой на 50—70 мм больше наружного диаметра асбестоцементных труб.

При бесканальной прокладке тепловых сетей из стальных труб во избежание неравномерных просадок, что вызывает дополнительные изгибающие напряжения, обычно свободные опоры под трубопроводами не устанавливают. Трубы в этом случае укладывают на нетронутый грунт или на утрамбованный слой песка. Свободные опоры применяют лишь на углах поворота и в местах установки гнутых компенсаторов, где сохраняются канальные участки. При

бесканальной же прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб канальные участки исключаются полностью, поэтому необходимость в устройстве свободных опор отпадает. Не требуется в этом случае и устройства неподвижных опор на асбестоцементных теплопроводах, так как незначительные линейные температурные деформации асбестоцементных труб компенсируются за счет монтажных зазоров равномерно в каждом муфтовом стыке и осевых усилий в трубопроводе не создают.

В процессе проектирования асбестоцементных трубопроводов требовалось уточнить необходимость устройства неподвижных опор на углах поворота и в местах ответвлений, узлы которых были выполнены из стальных отводов и патрубков. С целью проверки работы этих узлов в эксплуатационных условиях они при монтаже экспериментальных асбестоцементных теплотрасс первоначально не были закреплены неподвижными опорами. При пуске асбестоцементных тепловых сетей в эксплуатацию наблюдалась частичная разгерметизация отдельных стыков на углах поворота и в местах ответвлений, которая была вызвана податливостью стальных отводов и патрубков при температурных деформациях.

После закрепления стальных отводов и патрубков неподвижными опорами в процессе всего периода эксплуатации разгерметизации не наблюдалось. Это позволило установить, что при монтаже тепловых сетей из асбестоцементных труб углы поворота и ответвления, выполняемые с помощью стальных отводов и патрубков, должны быть закреплены неподвижными опорами.

Строительство бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб показало большое их преимущество по сравнению с традиционными тепловыми сетями из стальных труб. Полностью отпадает необходимость в устройстве каналов; исключается применение специальных компенсаторов линейных деформаций, теплотрасса в этом случае становится прямолинейной (без П-образных выступов в плане); не требуется нанесения противокоррозионного покрытия; упрощается конструкция тепловой изоляции.

§ 4.6. Прокладка асбестоцементных теплопроводов

При разработке и исследовании бесканальной прокладки тепловых сетей из асбестоцементных труб с засыпной тепловой изоляцией из гранулированных гидрофобизированных материалов определены следующие технологические процессы: подготовительные и земляные работы, укладка и монтаж асбестоцементных теплопроводов, устройство тепловой изоляции и испытание теплопроводов.

Одним из основных достоинств строительства бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб является то, что оно осуществляется индустриальным методом при максимальной механизации работ. В заводских условиях производят гидрофобизацию засыпной гранулированной тепловой изоляцией, изготовляют унифицированные теплофикационные камеры из сборного железобетона и собирают узлы теплофикационных камер. На строительной площадке осуществляют только монтаж тепловых сетей с максимальным использованием средств механизации.

Рытье траншей для трубопроводов и котлованов под теплофикационные камеры ведут механическим способом одноковшовыми экскаваторами, при этом за счет исключения компенсаторных ниш либо котлованов под теплофикационные камеры для размещения сальниковых компенсаторов объем земляных работ значительно уменьшается. Укладку асбестоцементных труб в траншею производят самоходными кранами на пневмоколесном ходу или трубоукладчиками одновременно по две трубы (подающей и обратной) при помощи монтажной траверсы либо четырехветьевого стропа с шарнирными торцевыми захватами, имеющими мягкие резиновые прокладки.

Шарнирные торцевые захваты (рис. 4.7) состоят из двух пластинок, соединенных между собой шарниром. При подъеме трубы подвижная пластинка поворачивается и конец трубы зажимается. Для предохранения труб от разрушения торцы пластинок захвата обкладывают резиной. Для монтажа одиночных асбестоцементных труб используют траверсы (рис. 4.8), представляющие собой стальную трубу диаметром 75 мм, на концах которой приварены стальные

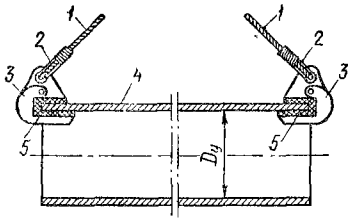


Рис. 4.7. Шарнирный торцевой захват для асбестоцементных труб

1 — стропы; *2* — коуши; *3* — захваты; *4* — труба; *5* — резиновые прокладки

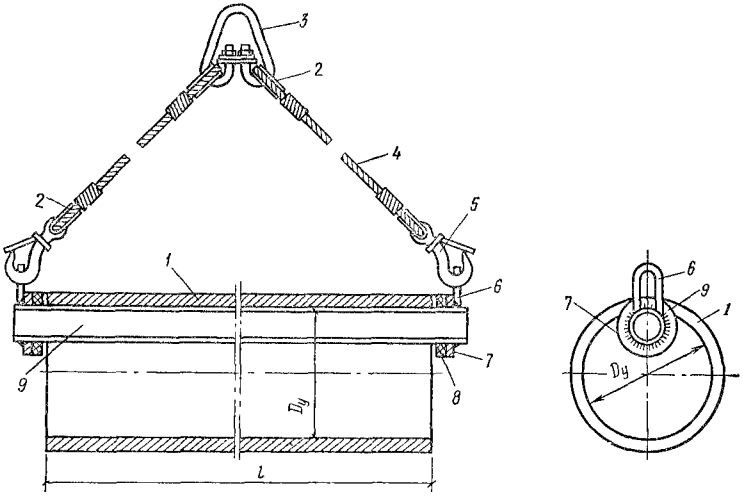


Рис 4.8 Траверса для асбестоцементной трубы

1 — асбестоцементная труба; *2* — коуши; *3* — серьга; *4* — ветвь стропа; *5* — крюк стропа; *6* — скоба; *7* — стальной фланец; *8* — резиновая шайба; *9* — стальная труба диаметром 75 м

фланцы. К фланцам с внешней стороны приваривают скобы для зацепления крюком стропа, а с внутренней — наклеивают резиновые шайбы, благодаря чему торец асбестоцементной трубы при подъеме имеет мягкое соприкосновение с траверсой. Для подъема асбестоцементной трубы траверса пропускается внутрь ее и зацепляется за скобы крюками строп (с коушами). Такие траверсы используют и при погрузочно-разгрузочных работах.

Если асбестоцементные трубы монтируют плетями по 3—4 трубы, то используют траверсы-фермы

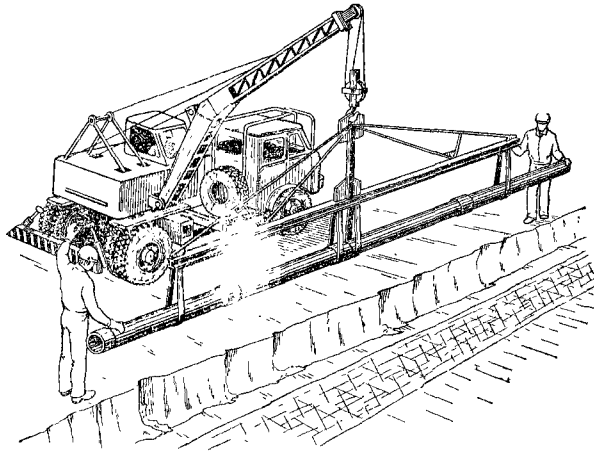


Рис. 4 9. Траверса для монтажа секции из четырех асбестоцементных труб

(рис. 4.9). Сборка и уплотнение стыков на поверхности траншеи в этом случае значительно повышают качество стыков, однако требуют большой осторожности при монтаже. Уложенные в траншею трубы соединяют между собой на муфтах, монтаж которых производят специальными рычажными приспособлениями: цепным или с монтажным хомутом. Ю. Ф. Полковниковым и др. (Волгоградский инженерно-строительный институт) разработаны приспособления и механизмы, позволяющие полностью механизировать процесс монтажа асбестоцементных труб. К трактору «Беларусь» устанавливается приспособление типа «механическая рука». Механическая рука захватывает асбестоцементную трубу с бермы, опускает на дно траншеи, центрирует и надвигает асбестоцементную муфту. Достоинство этого метода заключается в механизации ручных процессов работ и отсутствии необходимости нахождения рабочих в траншее.

Стыковка асбестоцементных теплопроводов является одним из основных технологических процессов на строительстве тепловых сетей из асбестоцементных труб. До начала соединения асбестоцементных труб на асбестоцементных самоуплотняющихся муфтах САМ и САМ-2-2ТП в очищенные от загрязнений ка-

навки муфт вставляют резиновые кольца. При установке резиновых колец в муфты необходимо расправлять их, чтобы они равномерно выступали из канавок. Углубления в теле колец должны быть обращены внутрь муфты. Обычно при стыковке асбестоцементными самоуплотняющимися муфтами с резиновыми уплотнительными кольцами для облегчения монтажа наружную поверхность обточенных концов асбестоцементных труб и внутреннюю поверхность вставленных в муфты резиновых уплотнительных колец смазывают графитно-глицериновой пастой или мыльным раствором. Состав графитно-глицериновой пасты по массе должен быть следующим, %: графита — 40, глицерина — 45, воды — 15.

Для компенсации линейных деформаций асбестоцементных труб между их торцами оставляют монтажный зазор в 10—15 мм при длине труб 3—4 м и 15—20 мм при длине труб 6 м, который должен совпадать с серединой муфты. Для этого на асбестоцементных трубах, на расстоянии от их концов, равном $l_м$, делают отметки, до которых надвигают муфты при монтаже стыковых соединений. Величину $l_м$ определяют из выражения

$$l_м = (L_м - l_з)/2,$$

где $L_м$ — длина муфты, мм; $l_з$ — величина монтажного зазора, мм.

Тепловую изоляцию засыпают непосредственно с автосамосвалов с разравниванием, создавая выпуклую цилиндрическую поверхность с проверкой ее по шаблону. Сверху укладывают защитную пленку. Для предохранения ее от повреждения делают присыпку из мягкого грунта слоем в 15—20 см. Засыпку верхней части траншеи выполняют обычно бульдозерами.

Гидравлическое испытание смонтированных тепловых сетей целесообразно проводить при помощи специальной установки на базе поливомоечной машины. Таким образом, при прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб ручной труд остается только лишь при доработке грунта после экскаватора, разравнивании тепловой изоляции, укладке защитной пленки над изоляцией и присыпке, что составляет небольшой объем от всего комплекса строительно-монтажных работ.

Для оценки технологии строительства бесканаль-

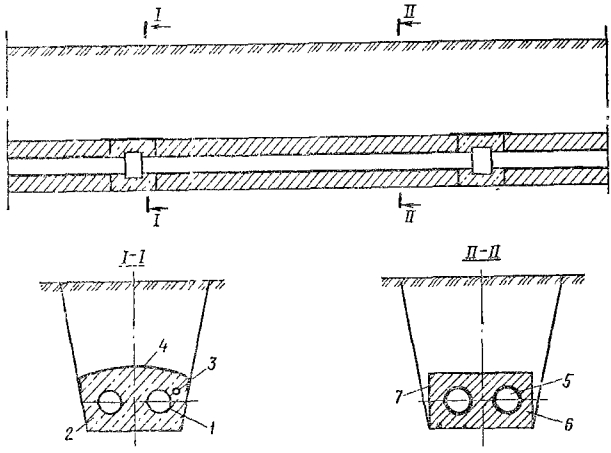


Рис. 4.10. Прокладка тепловых сетей из асбестоцементных труб укрупненными блоками

1 — асбестоцементные трубы; *2* — засыпная теплоизоляция; *3* — гидрофобизирующее покрытие гранул засыпки; *4* — защитная пленка; *5* — обмазка из термопластичного материала; *6* — монолитная тепловая изоляция; *7* — гидроизоляционное покрытие

ных тепловых сетей из асбестоцементных труб проведено ее сравнение с существующей технологией строительства тепловых сетей из стальных труб. При этом за эталон сравнения была принята получившая наибольшее распространение индустриальная бесканальная прокладка стальных теплосетей с битумоперлитной изоляцией. Условия прокладки для обоих вариантов тепловых сетей приняты одинаковыми.

Расчетные данные, а также результаты экспериментальных исследований, проведенных в процессе строительства обоих видов бесканальных тепловых сетей, при которых производится хронометраж по видам и комплексам работ, показали, что при бесканальной прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб продолжительность строительства снижается в среднем на 20—30 %, трудоемкость — на 35—40 %, потребность в механизмах — на 55—60 %. Это дает основание считать, что разработанная технология бесканальной прокладки тепловых сетей из асбестоцементных труб по всем технико-экономическим показателям является более рациональной, чем существующая тех-

нология бесканальной прокладки тепловых сетей из стальных труб. Бесканальные тепловые сети из асбестоцементных труб с засыпкой тепловой изоляцией целесообразно прокладывать для отдельно строящихся или перекладываемых заново теплотрасс.

Для районов сосредоточенного строительства тепловых сетей разработан и рекомендован более индустриальный метод монтажа из укрупненных блоков, изготавливаемых в заводских условиях (рис. 4.10). При разработке конструкции укрупненных блоков для асбестоцементных теплосетей определяющими были следующие основные требования: а) габаритные размеры блока должны выбираться с учетом длины и диаметра применяемых асбестоцементных труб, их количества в блоке, вида и характеристик тепловой изоляции, возможности осуществления стыкования труб при монтаже теплопровода; б) прочность блока должна обеспечивать восприятие транспортных, монтажных и эксплуатационных нагрузок; в) по теплозащитным свойствам должны быть соблюдены установленные для тепловых сетей требования по нормированным тепловым потерям; г) конструкция блока должна быть технологичной как в изготовлении по принятой заводской технологии или в условиях приобъектного полигона, так и при монтаже теплосети.

Укрупненные блоки состоят из двух асбестоцементных труб (подающей и обратной) с нанесенной на них в заводских условиях монолитной тепловой изоляцией, в качестве которой используются пенобетон, газобетон, газосиликат, полимербетон, асфальтокерамзитобетон и другие аналогичные материалы. Основной конструктивной особенностью блоков является наличие в блоке своеобразного ядра жесткости из асбестоцементных труб, которые, в свою очередь, при изготовлении должны быть замоноличены теплоизоляцией в строго фиксированном положении.

При конструировании блоков в числе эксплуатационных нагрузок было учтено возможное температурное воздействие, особенно в периоды пуска и отключения теплотрассы, т. е. в периоды температурных изменений и вызванных ими деформаций. В этих случаях могут возникать дополнительные напряжения в трубах вследствие неравномерного прогрева блока по толщине и защемления труб в окружающей монолитной тепло-

изоляции. Для устранения возможности такого эффекта предложено создать между поверхностью асбестоцементных труб и соприкасающейся поверхностью тепловой изоляции прослойку из термопластичного материала (на основе битума или другого материала с подобными свойствами).

Термопластичная прослойка, размещаемая между поверхностью труб и монолитной изоляцией (т. е. нанесенная на поверхность труб перед изготовлением блока), при нормальных температурах сцепляет трубы с теплоизоляцией. Это важно для обеспечения процесса стыковки блоков между собой при монтаже теплопроводов, когда муфты одевают сразу на обе трубы при продвижении одного блока к другому. А под воздействием температуры теплоносителя при эксплуатации теплопровода термопластичная прослойка размягчается и позволяет асбестоцементным трубам перемещаться внутри монолитной изоляции при линейных деформациях труб (которые компенсируются в эластичных стыках), что исключает перенапряжение труб. В результате термопластичная прослойка создает благоприятные условия для монтажа и работы теплопровода из укрупненных блоков с асбестоцементными трубами.

Для предохранения монолитной тепловой изоляции от увлажнения на ее поверхность наносят обмазочную гидроизоляцию. На участках стыковых соединений асбестоцементных труб длиной порядка 420 мм (по 210 мм с каждой стороны стыкуемых труб, оставляемых для надвижки на них соединительных муфт при монтаже или демонтаже) применяют засыпную тепловую изоляцию с защитной пленкой, помещенной сверху. Объединенные изоляцией в монолитный блок асбестоцементные трубы помимо теплозащиты приобретают дополнительную защиту против случайных механических воздействий при транспортировке, монтаже и эксплуатации, что сохраняет целостность труб, а значит, способствует повышению эксплуатационной надежности теплопроводов.

Основными технологическими процессами при изготовлении укрупненных блоков для асбестоцементных теплосетей являются: а) подготовительные, в которые входят отбор асбестоцементных труб и муфт по маркам и диаметрам и их испытание, а также подготовка ком-

плектующих деталей, оснастки, нанесение на поверхность труб термопластичного слоя и сборка форм; б) собственно изготовление блоков, включающее подготовку и заливку в формы теплоизоляционной массы, ее формование и твердение: в) распалубка и обработка поверхности блоков гидрофобным покрытием; г) приемка, маркировка и складирование готовой продукции. В подготовительном отделении должна быть предусмотрена возможность проведения гидравлических испытаний асбестоцементных труб при давлении, равном испытательному давлению в теплосети. Таким испытаниям желательно подвергать поштучно все отсортированные по маркам диаметрам и длине асбестоцементные трубы, поступающие со склада.

Асбестоцементные муфты и резиновые теплостойкие уплотнительные кольца подвергают визуальному контролю, при котором устанавливают их марку, диаметр и отсутствие внешних дефектов. Заготавливают требуемых размеров и конфигурации закладные детали, в частности монтажные петли. При подготовке к формованию блоков на поверхность прошедших сортировку и испытания асбестоцементных труб наносят слой термопластичного материала. Такой слой, например на основе битума, размягчающийся при температуре порядка +40 °С, может быть образован методом налива массы на поверхность вращающейся в приводных центрах трубы, либо набрызгов из распылителя, либо намазкой кистью в зависимости от производительности линии по производству блоков и оснащения подготовительного отделения.

Заключительным из числа подготовительных процессов является сборка форм. Здесь производится чистка и смазка форм, укладка в формы подготовленных труб и их фиксация: в торцевых диафрагмах — для обеспечения в стыкуемых блоках строгой соосности труб, в торцевых упорах — для выпуска торцов труб из блока на одинаковую длину, необходимую для надвижки муфт. Укладку и фиксацию труб в диафрагмах и торцевых упорах следует выполнять особо тщательно, поскольку несогласованность труб по осям и длинам выступающих торцов затруднит стыкование блоков при монтаже теплотрассы. Торцевые диафрагмы и борта форм должны быть надежно закреплены.

Далее в формы устанавливают монтажные петли

на расстояния от торцов в четверть длины блока, при этом отогнутые нижние концы петель заводят под трубы и привязывают к ним. При этом верх петель не должен располагаться ниже поверхности блока. Собранные формы при необходимости герметизируют путем промазки щелей, после чего они считаются подготовленными для формования блоков.

Процесс изготовления блоков для асбестоцементных тепловых сетей состоит из приготовления массы теплоизоляционного материала, заливки или укладки этой массы в форму и ее твердения. В качестве материала для теплоизоляционного монолита блока были опробованы керамзитобетон, пеносиликат и газосиликат по принятой заводской технологии изделий из этих материалов как наиболее распространенные и доступные. В то же время для возможности организации приобъектного полигонного изготовления блоков для теплосетей была специально разработана технология безавтоклавного газобетона.

Технологические схемы и режимы изготовления блоков для асбестоцементных тепловых сетей следует выбирать строго в соответствии с видом материала для теплоизоляционного монолита блока, используя при этом соответствующие технологические нормативные документы и рекомендации. Обработка поверхности затвердевших и распалубленных блоков из негидрофобных материалов состоит в устройстве набрызгом, обмазкой или другим способом гидроизоляционного слоя, например битумного, либо из подходящего материала с гидрофобными свойствами. При складировании и транспортировке блоков необходимо защитить выступающие торцы труб специальными колпачками либо обмоткой.

Анализируя технологическую схему производства укрупненных блоков для теплосетей из асбестоцементных труб и опыт практического опробования этой технологии в производственных условиях, можно считать, что изготовление укрупненных блоков для теплосетей может быть организовано на действующих предприятиях, выпускающих блоки из аналогичных материалов для других целей.

Поскольку принципиально технология таких изделий одинакова, а дополнительно к заводской технологии при изготовлении блоков для теплосетей приба-

вятся лишь несколько операций по подготовке труб и гидроизоляции поверхности блоков (т. е. основной технологический поток и режимы не меняются), можно использовать существующие технологические нормативные материалы и рекомендации, выработанные для изготовления аналогичных материалов и продукции в условиях тех заводов, где эти блоки будут изготовляться.

В случаях потребности в малых партиях блоков, например при строительстве теплосетей в отдаленных от заводов стройматериалов небольших поселках, их изготовление можно организовать на приобъектном полигоне. В этом случае в качестве монолитной тепловой изоляции блоков может быть рекомендован ячеистый бетон безавтоклавного твердения либо другой подобный материал, который может быть изготовлен по упрощенной технологии. Для изготовления укрупненных блоков необходимы соответствующие формы, удовлетворяющие существующим требованиям и обеспечивающие технологический процесс изготовления блоков для асбестоцементных теплосетей.

Были разработаны, изготовлены и опробованы в производственных условиях как деревянные (на полигоне), так и металлические многооборотные сборно-разборные формы. Первоначально были разработаны и изготовлены деревянные формы-опалубки для установления характерных конструктивных особенностей, которые в дальнейшем были учтены в разработке металлических многооборотных сборно-разборных форм, использованных при заводском изготовлении укрупненных блоков для асбестоцементных теплосетей. Эти первые деревянные формы, безусловно, не моделировали полностью металлические, однако позволили установить необходимость строгой фиксации труб по осям и длине выступающих торцов, герметизации форм, обеспечения жесткости днища и бортов и т. п.

Все это практически весьма трудно достигается в деревянных формах. Например, для обеспечения соосности труб в блоках пришлось сначала их состыковать по длине, а затем формовать блоки и после их затвердения нумеровать стыки для согласованной стыковки блоков в траншее при монтаже теплопровода. Все же такой прием, хотя и многодельный, впоследствии сочли возможным допустить при необходимости

изготовления малых партий блоков в условиях приобъектного полигона по упрощенной технологии.

Затем была разработана конструкция металлической формы с учетом необходимости обеспечения конструктивных и технологических требований. Поддон формы выполнен из стального листа, укрепленного снизу прямоугольной рамкой из швеллера № 10 с поперечными ребрами. К раме поддона на петлях прикреплены продольные откидные борта, сделанные из швеллера № 20, поставленные один на другой для придания бортам продольной жесткости и обеспечения высоты борта 40 см (такие борта легче, чем из швеллера № 40). По краям бортов внутри форм укреплены на расстоянии 3 и 4 м друг от друга вертикальные пазы, в которые вставляются съемные поперечные диафрагмы с центрированными отверстиями, калиброванными по наружному диаметру обточенных концов асбестоцементных труб. Кроме этого, на диафрагмах снаружи устроены ограничительные упоры для фиксации труб по длине, чтобы их торцы выступали из блока на одинаковую длину.

Такое решение бортоснастки позволяет использовать форму для изготовления блоков нескольких типоразмеров путем соответствующего подбора требуемого калибра диафрагм и установки их на необходимом расстоянии друг от друга по длине формы. При сборке формы борта укрепляют в рабочем положении поперечными стяжками-скобами. В таких формах, выполненных по заказу Люберецкой теплосети Мособлтеплоэнерго, были изготовлены в заводских условиях партии блоков для опытных прокладок асбестоцементных теплосетей из укрупненных блоков.

Монтаж блоков осуществляют следующим образом: на концы асбестоцементных труб наносят риски, до которых должны быть надеты асбестоцементные муфты, чтобы обеспечить необходимую величину монтажного зазора. Наружную поверхность выступающих концов асбестоцементных муфт резиновых уплотнительных колец смазывают графитоглицериновой пастой. Между блоками устанавливают две асбестоцементные муфты, после чего блоки стягивают между собой рычажным приспособлением до тех пор, пока муфты не займут необходимое проектное положение.

Демонтаж блоков осуществляют также рычажным приспособлением.

Строительство серии бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб укрупненными блоками на объектах теплосети Мособлтеплоэнерго показало, что по сравнению с бесканальной прокладкой с засыпкой тепловой изоляцией существенно повышается индустриализация. Трудоемкость строительства при этом снижается на 17—20 %, а уровень сборности повышается более чем в 2 раза.

ГЛАВА 5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

§ 5.1. Общие положения

Масштабы реконструкции водяных тепловых сетей ежегодно возрастают. Вместе с тем организация строительно-монтажных работ при реконструкции тепловых сетей имет свою специфику. Реконструкцию тепловых сетей ведут на основе проектов и смет, в которых содержатся все технические решения и экономические обоснования, а также рабочие чертежи. От качества проекта, глубины его разработки, научной обоснованности технических решений и своевременности выполнения проектных работ в большой мере зависят качество, сроки и экономичность реконструкции. Отступление от рабочих чертежей заказчик обязан согласовать с проектной организацией.

Проектная документация по организации реконструкции включает проект организации реконструкции $ПОС_р$ и проект производства работ при реконструкции $ППР_р$. При организации и проведении реконструкции необходимо соблюдать следующие положения: а) работы следует выполнять только по чертежам, оформленным в установленном порядке. Отступления от чертежей должны быть согласованы заказчиком с проектной организацией; б) заказчик и подрядчик должны определять и согласовывать объем, характер, очередность и сроки начала и окончания работ на всех этапах реконструкции тепловых сетей; в) проектная организация с участием заказчика и генподрядчика, а применительно к специальным работам с участием

субподрядчиков должна составить перечень и объемы работ, выполняемых в стесненных и вредных условиях, на которые распространяются удорожающие коэффициенты; г) инвентарь, оснастка, приспособления, применяющиеся в специфических условиях реконструкции, должны иметь малую массу, малые габариты и быть удобными для применения в стесненных условиях.

Организация реконструкции должна предусматривать три этапа: 1) подготовку организационно-технологической документации; 2) расстановку строительно-монтажных организаций, подразделений, бригад по объектам, предоставление им фронта работ и обеспечение требующимися ресурсами; 3) управление реконструкцией — контроль за правильностью ведения работ. Реконструкция тепловых сетей может осуществляться: без остановки теплопотребляющих систем и изменения режимов их работы (без прекращения подачи теплоты); с частичным уменьшением подачи теплоты потребителям; с полным прекращением подачи теплоты. Во всех случаях необходимо, когда это возможно, проводить реконструкцию без прекращения подачи теплоты.

Работы по реконструкции водяных тепловых сетей должны быть организованы с учетом их беспрерывного проведения широким фронтом и окончания в короткие сроки, не превышающие нормативные. В тех случаях, когда они проводятся с прекращением снабжения потребителей теплоносителем, продолжительности перерывов должны быть предельно короткими. Для этого рекомендуются: а) выполнение работ путем концентрации трудовых, материальных и технических ресурсов; б) наиболее полная механизация; в) широкое применение индустриальных конструкций, укрупненных узлов, блочного монтажа; г) применение поточного и узлового метода организации, арендного подряда на основе хозяйственного расчета; д) выполнение наибольшего объема работ в доостановочный период, в том числе укрупнительной сборки узлов и конструкций; е) двух-трехсменный режим работы; ж) организация четкого и бесперебойного материально-технического снабжения. При организации реконструкции тепловых сетей должно быть обеспечено выполнение как промежуточных, так и окончательных сроков проведения работ.

В связи с короткими сроками и специфическими условиями выполнения работ по реконструкции тепловых сетей особо важное значение имеет технологичность принимаемых конструктивных решений с точки зрения их осуществления при строительстве и монтаже. Конструктивные решения при реконструкции тепловых сетей увязывают со способами производства работ. При проектировании реконструкции тепловых сетей и ее организации предусматривают использование пригодных конструкций и узлов для целей самой реконструкции.

Реконструкцию можно производить: а) подрядным способом — силами строительных и монтажных организаций; б) хозяйственным способом — силами эксплуатационного персонала тепловых сетей; в) смешанным способом, при выполнении части работ организациями-подрядчиками и другой части — силами эксплуатационного персонала. При проектировании организации работ по реконструкции водяных тепловых сетей и в ходе ее проведения необходимо учитывать большее многообразие факторов, чем при новом строительстве. В условиях реконструкции водяных тепловых сетей требуется выполнять специфические работы, многие из которых проводятся в стесненных условиях, ограничивающих применение распространенных средств механизации.

Реконструкцию тепловых сетей следует вести индустриальным, преимущественно поточным методом. Сущность индустриализации работ при реконструкции тепловых сетей заключается в отделении заготовительных работ от сборочных. Заготовительные работы должны концентрироваться на заготовительных предприятиях, задачей которых является выпуск максимально укрупненных узлов с последующей сборкой из них на объекте тепловых сетей. Индустриализация характеризуется степенью сборности, т. е. отношением сметной стоимости заготовок к общей сметной стоимости.

Составной частью индустриализации является комплексная механизация строительно-монтажных работ. Под комплексной механизацией следует понимать применение машин, механизмов и других технических средств (увязанных между собой по производительности), обеспечивающих выполнение всех технологиче-

ских процессов по всему циклу производства без применения ручного труда, за исключением операций управления машинами и механизмами, их регулировки и наладки.

План материально-технического обеспечения реконструируемых объектов составляют исходя из календарных планов работ по реконструкции с учетом опережающей поставки материалов, конструкций, деталей и оборудования в объеме, предусмотренном проектами и сметами. При составлении и реализации плана необходимо предусматривать образование на складах запасов материально-технических ресурсов, обеспечивающих бесперебойную работу строительно-монтажных организаций. Номенклатура и объем ресурсов определяются расчетами в каждом конкретном случае реконструкции. При этом к моменту остановки тепловых сетей целесообразно создавать на строительной площадке стопроцентное наличие всех ресурсов, необходимых для выполнения в кратчайший срок всех намеченных на остановочный период работ. Планом обеспечения объектов реконструкции материально-техническими ресурсами кроме материалов, деталей конструкций и оборудования следует предусматривать также предоставление строительных машин, механизмов, оснастки, приспособлений, инструментов и инвентаря.

Все виды строительно-монтажных работ необходимо выполнять со строгим соблюдением строительных норм и правил, стандартов и других нормативных документов, утвержденных Госстроем СССР или согласованных с ним, а также ведомственных нормативных документов, утвержденных или согласованных в установленном порядке. Кроме того, в течение всего срока строительства тепловых сетей особое внимание следует уделять требованиям охраны труда, пожаро- и взрывобезопасности, охраны окружающей среды.

§ 5.2. Проект организации реконструкции

Проект организации реконструкции $ПОС_р$ является неотъемлемой частью технического (или технорабочего) проекта на реконструкцию тепловых сетей. Проект организации реконструкции разрабатывают для всего периода реконструкции и всего объема строи-

тельно-монтажных работ. Его составляет специализированная проектная организация, осуществляющая проектирование тепловых сетей, и согласовывает с генеральной подрядной строительной организацией, которой поручено осуществление реконструкции тепловых сетей. В проекте организации реконструкции устанавливают очередность и сроки реконструкции, ее потребность в денежных средствах, материально-техническом снабжении, строительных кадрах и пр. На основе этого проекта ведут планирование реконструкции и ее материально-технического снабжения, а также составляют проекты производства работ при реконструкции.

Проект организации реконструкции тепловых сетей должен основываться на передовом опыте и новейших достижениях науки и строительной техники, учитывать требования повышения эффективности строительного производства и высокого класса строительно-монтажных и специальных работ, предусматривать выполнение планов по повышению производительности труда и комплексной механизации, снижению трудоемкости и себестоимости работ.

Проект организации реконструкции $ПОС_р$ должен содержать: 1) сводный календарный план реконструкции с выделением очередей пусковых комплексов и основных объектов по главным магистралям, распределительным и квартальным тепловым сетям; 2) сводную ведомость объемов основных строительно-монтажных работ с распределением их по комплексам реконструкции и отдельным крупным объектам; 3) ведомость объемов работ, выполняемых в подготовительный период; 4) сводный график потребности в трубах, строительных конструкциях, деталях, полуфабрикатах и основных материалах; 5) строительный генеральный план (стройгенплан) с расположением на нем всех постоянных и временных зданий, сооружений и устройств, включая дороги, склады и т. д.; 6) пояснительную записку, содержащую следующие данные:

описание и обоснование принятых методов производства работ; определение потребности в основных строительных и монтажных машинах, механизмах и транспорте; определение потребности в рабочих кадрах по годам реконструкции с учетом запланированного роста производительности труда и обеспечения

их жильем и культурно-бытовым обслуживанием; обоснование потребности в воде, электроэнергии, паре, сжатом воздухе и кислороде с указанием источников удовлетворения этой потребности; перечень временных сооружений, вспомогательных предприятий и хозяйств, необходимых для реконструкции, с указанием принимаемых для них типовых проектов; основные технико-экономические показатели — продолжительность реконструкции, уровень применения сборных конструкций, выработка на одного рабочего в денежном выражении, уровень механизации основных видов работ и др.

Проекты организации реконструкции для технически несложных сооружений разрабатывают сокращенно, и состав их можно ограничить календарным планом реконструкции с выделением в нем графика выполнения подготовительных работ и пояснительной записки с необходимыми указаниями и расчетами.

§ 5.3. Проект производства работ при реконструкции

Последовательность, увязка между собой и продолжительность выполнения работ по сооружению тепловых сетей принимаются в соответствии с проектом производства работ при реконструкции $ППР_р$. Последний ($ППР_р$) является также руководящим материалом для текущего планирования и оперативного руководства реконструкцией тепловых сетей, а также для контроля и учета строительного производства.

Проект производства работ составляют на основе проекта организации реконструкции по рабочим чертежам на строительство новых или реконструкцию и расширение действующих тепловых сетей, а также на выполнение отдельных видов строительно-монтажных работ и работы подготовительного периода. Проект производства работ разрабатывает генеральная подрядная строительная организация вместе с субподрядными строительно-монтажными и специализированными организациями на основе решений, принятых в проекте организации реконструкции с учетом плана организационно-технических мероприятий строительно-монтажных организаций.

Реконструкция тепловых сетей без утвержденных в установленном порядке $ППР_р$ запрещается. Затраты,

связанные с разработкой $ППР_р$, а также с привязкой проектов к местным условиям, осуществляются каждой строительной организацией за счет ее накладных расходов. Проектные организации разрабатывают $ППР_р$ как исключение в тех случаях, когда имеются заказы строительно-монтажных организаций. Эти работы выполняют на основе договоров, причем разработка осуществляется, как правило, непосредственно на строительных площадках.

При особой сложности схемы участков теплопроводов (например, воздушных мостовых переходов или подводных через реки), сложности условий производства работ и в случае применения новых конструкций или строительных материалов по решению организации, утвердившей технорабочий (технический) проект, разработку $ППР_р$ выполняет проектная организация за счет средств на проектирование. Для разработки проекта производства работ при реконструкции необходимы следующие исходные данные: сводная смета; проект организации реконструкции; рабочие чертежи; задание на разработку проекта производства работ (сведения об объеме и сроках строительства); сведения о сроках и порядке поставок готовых конструкций, материалов, деталей и оборудования, о наличии технических средств, кадров и др.

Проект производства работ при реконструкции тепловых сетей должен содержать:

1. Календарный план (график) производства работ или сетевой график по объектам с указанием последовательности и сроков выполнения строительно-монтажных работ в целом. Пример календарного графика на строительство бесканальных тепловых сетей с битумоперлитной изоляцией показан на рис. 5.1. Следует отметить, что сетевые графики не находят широкого применения на строительстве или реконструкции линейной части трубопроводов, в частности тепловых сетей (за исключением строительства подводных и воздушных переходов через крупные водные преграды), прежде всего потому, что набор работ здесь небольшой (примерно 10—20 наименований). Пример сетевого графика на прокладку тепловых сетей показан на рис. 5.2.

Сетевые графики, по-видимому, целесообразно применять для строительства или реконструкции крупных

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТ	ОБЪЕМ РАБОТ: ЕДИН. ИЗМЕРЕНИЯ	ОБЪЕМ РАБОТ: КОЛИЧЕСТВО	ТРУДОЕМКОСТЬ В ЧЕЛ.-ДНЯХ	ПОТРЕБНЫЕ МАШИНЫ: НАИМЕНОВАНИЕ	ПОТРЕБНЫЕ МАШИНЫ: КОЛИЧЕСТВО	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ, ДН.	КОЛИЧЕСТВО СМЕН	ЧИСЛО РАБОЧИХ В СМЕНУ	СОСТАВ БРИГАДЫ	РАБОЧИЕ ДНИ (5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55)
1	ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ			10	—	—	5	1	2	ТРУБОУКЛ 4р.–1 2р.–1	
2	МЕХАНИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА ТРАНШЕЙ И КОТЛОВАНОВ ПОД ТЕПЛОФИКАЦИЕЙ КАМЕРЫ	$м^3$	1880	240	Э-153	24,0	12,0	2	1	МАШИН.–1р	
3	ПОДЧИСТКА ДНА ТРАНШЕИ И РЫТЬЕ ПРИЯМКОВ	$м^3$	350	56,0	—	—	14	1	4	ТРУБОУКЛ 5р.–1 4р.–2 2р.–1	
4	УСТРОЙСТВО ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ	$м^3$	520	78	—	—	20	1	4	— „ —	
5	УКЛАДКА И СВАРКА ТЕПЛОПРОВОДОВ	$м^3$	1950	61,2	К-51	15,3	7,8	2	4	СВАРЩ.–6р ТРУБОУКЛ 4р.–2 2р.–1	
6	УСТРОЙСТВО СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР	шт.	13	26,2	К-51	6,5	3,25	2	4	ТРУБОУКЛ 5р.–1 4р.–2 2р.–1	
7	УСТАНОВКА САЛЬНИКОВЫХ КОМПЕНСАТОРОВ	шт.	26	15,6	К-51	4,4	2,2	2	4	СВАРЩ.–6р ТРУБОУКЛ 4р.–2 2р.–1	
8	УСТАНОВКА ЗАДВИЖЕК	шт	6	2							
9	УСТРОЙСТВО ЩИТОВЫХ Ж/Б ОПОР	шт.	14	15	—	—	4	1	4		
10	ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ	м	2000	48,2	—	—	12	1	4		
11	ПРОТИВОКОРРОЗ. ИЗОЛЯЦИЯ СТЫКОВ	м	100	—	—	—	3,6	1	4	ТРУБ 4р.–2р.–1	
12	ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ СТЫКОВ	м	100	—	—	—	3,6	1	4	— „ —	
13	ПРИСЫПКА ТРАНШЕИ ВРУЧНУЮ	$м^3$	1100	16,5	—	—	2,8	1	4	— „ —	
14	ЗАСЫПКА ТРАНШЕЙ БУЛЬДОЗЕРОМ	$м^3$	14120	5	Д-271	1	1,5	1	1	МАШИН.–1р	

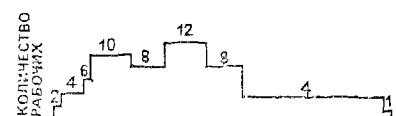


Рис. 5.1. График выполнения работ по строительству бесканальных тепловых сетей из стальных труб $D_у$=200 мм с битумоперлитной изоляцией (на 1 км двухтрубной теплосети)



Рис. 5.2. Модель сетевого графика прокладки тепловых сетей

комплексов, включающих большое разнообразие видов строительно-монтажных и специальных работ, в том числе и по строительству или реконструкции тепловых сетей, когда может потребоваться оптимизация графиков, особенно при наличии автоматизированных систем управления строительством или реконструкцией с применением ЭВМ. Кроме того, традиционные календарные планы (графики) производства работ по строительству или реконструкции теплопроводов отличаются простотой построения, возможностью варьирования объемом информации, предельной простотой корректировки в ходе строительства или реконструкции и, что особенно важно, наглядностью.

2. График поступления на объект труб, изоляционных материалов, строительных конструкций, деталей, полуфабрикатов, оборудования, арматуры и других материалов, согласованный с соответствующими управлениями производственно-технической комплектации.

3. График движения рабочих по профессиям.

4. График работы основных строительных и специальных машин, механизмов и комплектов оборудования (сварочного, водопонижения и др.).

5. Строительный генеральный план объекта с планом теплотрассы, с нанесением на нем всех действующих подземных коммуникаций и проектируемых трубопроводов, с указанием способа прокладки (в каналах, бесканально, в коллекторах, на мачтах и т. д.), с нанесением фундаментов мачт, камер, ниш и прочих строительных конструкций. На генеральном плане

указывают: разделение трассы на отдельные строительные участки, места расположения плетей или звеньев труб, материалов, деталей и всех временных устройств, места размещений строительных механизмов, пути движения транспорта, расположение ограждений участков работ, места устройства пешеходных и проездных мостов, места укладки грунта для обратной засыпки, мероприятия техники безопасности и противопожарные мероприятия.

6. Технологические карты на сложные по составу и исполнению работы, а также на работы, выполняемые по новым технологическим и организационным схемам и с использованием новой техники. На остальные виды работ составляют схемы производства работ (на каждый вид или совмещенные) или используют типовые технологические карты после их привязки к конкретным условиям реконструкции тепловых сетей.

7. Рабочие чертежи временных зданий и сооружений (складов, бытовок, навесов и т. д.).

8. Мероприятия по технике безопасности, производственной санитарии и противопожарной безопасности, требующие проектной разработки и отвечающие конкретным условиям реконструкции тепловых сетей.

9. Решения по охране окружающей среды на весь период реконструкции тепловых сетей.

10. Пояснительная записка, которая должна содержать все необходимые обоснования принятых в $ППР_р$ решений, расчеты потребности в ресурсах и графический материал, а также следующие технико-экономические показатели: общую продолжительность реконструкции тепловой сети, в том числе продолжительность периода подготовки строительного производства; механовооруженность производственных подразделений, выполняющих отдельные виды работ, их энерговооруженность; уровень индустриализации реконструкции; трудоемкость (в человеко-днях на 1 км или 1 м теплопровода); среднедневную выработку по реконструкции теплосети в целом и среднемесячную выработку на одного рабочего (в рублях за месяц).

При разработке проекта производства работ при реконструкции необходимо учитывать: достижение непрерывности и поточности производства; максимальное внедрение в производство готовых конструкций, узлов и деталей заводского изготовления; максимальную

комплексную механизацию всех строительно-монтажных процессов с применением для этих целей специальных машин со сменным оборудованием, средств малой механизации, контейнерной доставки материалов и т. д.; уменьшение объема и количества временных сооружений и установок путем использования соответствующих передвижных или сборно-разборных инвентарных конструкций; использование наиболее прогрессивной и безопасной технологии и последовательности отдельных работ, что решается использованием существующих или разработкой специальных технологических карт (ТК), карт труда (КТ) и других документов; организацию контроля за ходом и качеством строительно-монтажных работ.

При реконструкции тепловых сетей небольшой протяженности и небольших диаметров проект производства работ можно ограничить календарным планом (графиком) производства работ, строительным генеральным планом, схемой производства основных видов работ и краткой пояснительной запиской. Проект производства работ при реконструкции должен быть утвержден главным инженером строительно-монтажной организации и передан на объект не позднее чем за 2 мес до начала работ. Проект производства работ при реконструкции согласовывают с организациями, дающими разрешение на производство работ. При изменениях условий работ в проект производства работ при реконструкции могут быть внесены коррективы, обеспечивающие выполнение плана работ по объекту в установленные сроки.

Технологические карты. Практика разработки и внедрения проектов производства работ при реконструкции тепловых сетей показывает, что наиболее эффективным является составление и применение типовых технологических карт (ТК) производства отдельных видов работ с привязкой их к конкретным условиям реконструкции. Это объясняется тем, что состав работ, выполняемых при реконструкции тепловых сетей, практически постоянен, однако различие их типоразмеров, грунтовых, природно-климатических и других условий определяет специфику производства каждого вида работ. Технологические карты регламентируют порядок и технологическую последовательность отдельных производственных процессов при вы-

полнении определенных видов работ и определяют необходимые для этого ресурсы, оснастку, оборудование, инструмент и состав звена или бригады.

Привязка типовых технологических карт к местным условиям реконструкции заключается в уточнении объемов работ, средств механизации, потребности в материальных ресурсах, а также графической схемы организации процесса работ. При этом методы выполнения работ, принятые в типовой технологической карте, и технико-экономические показатели могут изменяться только в сторону их улучшения.

Типовые технологические карты производства отдельных видов строительных, монтажных и специальных работ, выполняемых при прокладке теплопроводов, разрабатывают с целью обеспечения соответствующих организаций наиболее рациональными решениями по технологии и организации строительного производства, способствующими повышению производительности труда, повышению качества и снижению себестоимости работ. Типовые технологические карты разрабатывают на основе изучения и обобщения передового опыта планирования и современного уровня техники, технологии, организации и управления реконструкцией тепловых сетей.

В технологических картах должны быть предусмотрены: а) применение технологических строительных и монтажных процессов, строительных и монтажных операций, рабочих приемов и рабочих движений, обеспечивающих необходимый уровень производительности труда и качества работ; б) синхронная по объемам и времени поставка труб, изоляционных и других материлов, конструкций, изделий, деталей и приспособлений из расчета на 1 пог. м теплотрассы; в) внедрение комплексной механизации всех видов работ, в том числе вспомогательных, с максимальным использованием машин, механизмов и оборудования (рекомендуется в две, а иногда в три смены), а также широкое применение средств малой механизации; г) применение сборного железобетона, готовых опорных и других конструкций, укрупненных узлов оборудования камер, инвентарных узлов для подключения агрегатов при испытании теплопроводов и т. д., изготовленных в заводских или базовых условиях; д) контроль качества работ; е) соблюдение действую-

щих правил охраны труда и техники безопасности; ж) выполнение мероприятий по охране окружающей среды.

Типовые технологические карты включают, как правило, следующие основные разделы: 1) область применения; 2) технико-экономические показатели; 3) организацию и технологию строительного процесса; 4) организацию и методы труда рабочих; 5) материально-технические ресурсы.

§ 5.4. Организация производства работ поточным методом

Работы по реконструкции тепловых сетей рекомендуется выполнять *поточным методом*. Основным принципом организации реконструкции поточным методом является обеспечение непрерывного выполнения строительно-монтажных работ в короткие сроки при наибольшем совмещении их по времени и в пространстве путем рационального разделения фронта работ на отдельные участки, планомерного перемещения бригад и технических средств к местам работ, обеспеченных всеми необходимыми ресурсами. Поточный метод в условиях реконструкции применяется главным образом при работах на сооружениях значительной протяженности с повторяющимися процессами на отдельных участках. Потоки при реконструкции тепловых сетей характеризуются пространственными, технологическими и временными параметрами по аналогии с новым строительством.

Организация поточного выполнения работ проводится по следующим этапам: а) определение очередности реконструкции сетей и сооружений; б) разбивка реконструируемых объектов на участки и захватки; в) расчленение объемов работ на процессы для комплектования потоков; г) комплектование потоков (назначение численного состава звеньев, бригад, средств механизации, приспособлений, оснастки, инвентаря); д) подготовка графиков потока. При последовательном графике к выполнению каждого отдельного вида работ по объекту приступают после полного окончания предыдущего вида, например устройство канала начинают после окончания земляных работ в траншее, монтаж и испытание трубопроводов — после уст-

ройства канала, перекрытие канала и засыпку траншеи — после монтажа и испытания трубопроводов и т. д.

При совмещенном графике производства работ трассы разбивают на участки, на которых ведут различные виды работ в порядке технологической последовательности их выполнения. По окончании работ по разработке траншеи на первом участке рабочие переходят на второй участок, где выполняют ту же работу, тогда как на первом другая бригада или звено начинает устройство канала. По окончании земляных работ на втором участке рабочие переходят на третий участок, а на второй участок с первого переходит бригада или звено по устройству канала; на первом участке в это же время начинают работы по монтажу трубопроводов. По окончании земляных работ на третьем участке рабочие переходят на четвертый участок, а на третий участок со второго переходит бригада по устройству канала, а на второй участок с первого переходит бригада по монтажу трубопроводов; на первом участке в это же время начинают работы по перекрытию канала и засыпке траншеи. Такой метод организации производства строительно-монтажных работ, основанный на принципе совмещения во времени рабочих процессов и их непрерывности, называют *поточным методом.*

Графики выполнения работ по последовательному и совмещенному (поточному) методам показаны на рис. 5.3. В приведенных графиках условно приняты четыре вида рабочих процессов с одинаковой трудоемкостью — по 400 чел.-дн при общем сроке производства работ, равном 40 дням. При последовательном графике срок выполнения каждого рабочего процесса 10 дней при численности каждой специализированной бригады 40 чел. При поточном методе организации работ график строят с разделением объекта на несколько участков, в данном случае на 5. Если каждая из четырех специализированных бригад состоит из 16 чел., продолжительность работы каждой бригады составит 25 дней с переходом с одного участка на другой через каждые 5 дней. При таком построении графика при полном развороте работ на объекте будут одновременно выполняться четыре рабочих процесса; общее число одновременно занятых

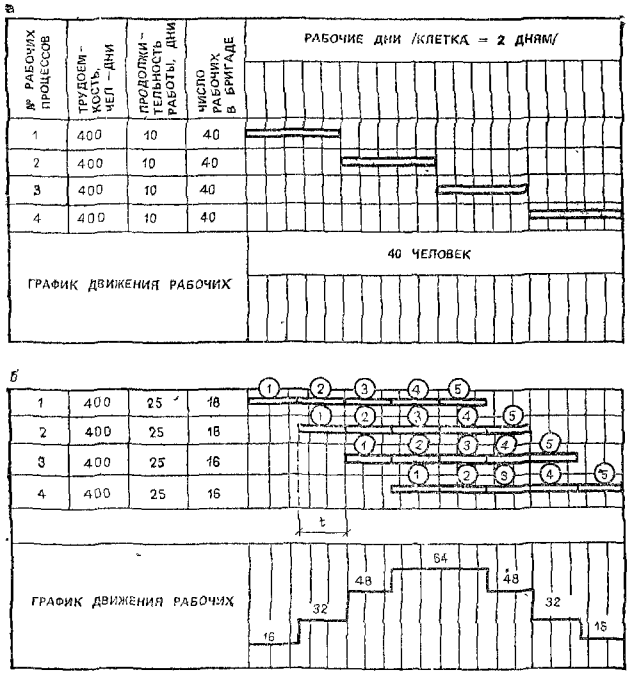


Рис. 5 3. Графики производства работ и движения рабочих
а — последовательный график; *б* — совмещенный график; *t* — шаг потока

рабочих достигнет 64 чел. и будет постепенно снижаться по мере окончания работ на участке.

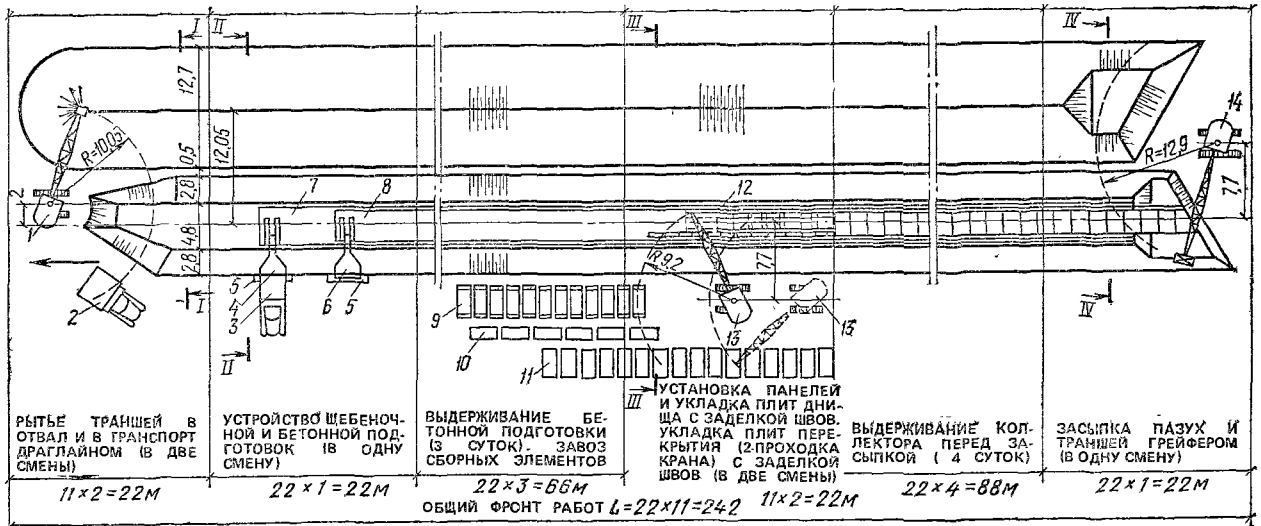
Из приведенных примеров видно, что при поточном методе производства работ потребность в рабочих каждой профессии снижается, а продолжительность работы каждой бригады на объекте увеличивается; последнее является одним из требований рационального использования рабочих. В поточном методе закономерно сочетается последовательное и параллельное выполнение различных процессов производства на многих участках работ. Последовательное выполнение разнородных процессов позволяет вести одновременно работы бригадами различных специальностей по заранее запланированному графику.

При поточном методе строительства линейно-протяженного сооружения (например, теплопроводов)

весь процесс производства работ расчленяется на отдельные элементарные потоки, которые в сумме составляют комплексный поток. Элементарные потоки следуют один за другим. Если шаги элементарных потоков равны (шагом потока называется время перехода от одного элементарного потока к другому), то комплексный поток называется ритмичным. Ритмичный поток целесообразно строить по захватной системе. Рассмотрим на примере. Предположим, что необходимо проложить бескапальным способом теплопроводы с заводской тепловой изоляцией. На трассе необходимо будет произвести следующие виды работ (излагается для простоты объяснения схематично): 1) *рытье траншей*, 2) *устройство основания*, 3) укладку труб и их соединения, 4) испытание, 5) изоляцию стыков, 6) присыпку труб и засыпку траншей. Все эти шесть видов работ выполняются последовательно один за другим.

Чтобы построить ритмичный поток, всю длину теплопровода разбивают на участки, причем длину участка определяют по сменной производительности ведущей машины (например, экскаватора). Таким образом, длину разрытого участка за смену принимают за длину захватки, и все последующие виды работ организуют так, чтобы на участке этой длины они выполнялись за смену. В этом случае комплексный ритмичный поток будет выполняться по шестизахватной системе (захватками называют участки работ с приблизительно равной трудоемкостью, на которых смежные процессы выполняются в одно и то же время) со сменным шагом потока. Делянкой будет захватка, а длина общего фронта работ будет равна сумме длин всех шести захваток.

Одновременное выполнение работ постоянного состава на различных захватках в течение смены позволяет каждому предшествующему звену подготавливать делянку следующему за ним звену, выполняющему последующий вид работ. Непрерывность производства и строгая очередность работы звеньев достигаются соответствующим расчетом элементов потока, состава бригад (и звеньев) и технического оснащения. Каждый поток характеризуется рядом показателей, взаимно связанных между собой. Такими показателями являются шаг потока, число захваток


I
II
III
IV
12,7
12,05
0,5
2,8
4,8
2,8
R=10,5
R=12,9
7,7
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
II
III
IV
I
РЫТЬЕ ТРАНШЕЙ В ОТВАЛ И В ТРАНСПОРТ ДРАГЛАЙНОМ (В ДВЕ СМЕНЫ)
11×2=22м
УСТРОЙСТВО ЩЕБЕНОЧНОЙ И БЕТОННОЙ ПОДГОТОВОК (В ОДНУ СМЕНУ)
22×1=22м
ВЫДЕРЖИВАНИЕ БЕТОННОЙ ПОДГОТОВКИ (3 СУТОК). ЗАВОЗ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
22×3=66м
УСТАНОВКА ПАНЕЛЕЙ И УКЛАДКА ПЛИТ ДНИЩА С ЗАДЕЛКОЙ ШВОВ. УКЛАДКА ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ (2-ПРОХОДКА КРАНА) С ЗАДЕЛКОЙ ШВОВ (В ДВЕ СМЕНЫ)
11×2=22м
ВЫДЕРЖИВАНИЕ КОЛЛЕКТОРА ПЕРЕД ЗАСЫПКОЙ (4 СУТОК)
22×4=88м
ЗАСЫПКА ПАЗУХ И ТРАНШЕЙ ГРЕЙФЕРОМ (В ОДНУ СМЕНУ)
22×1=22м
ОБЩИЙ ФРОНТ РАБОТ L=22×11=242

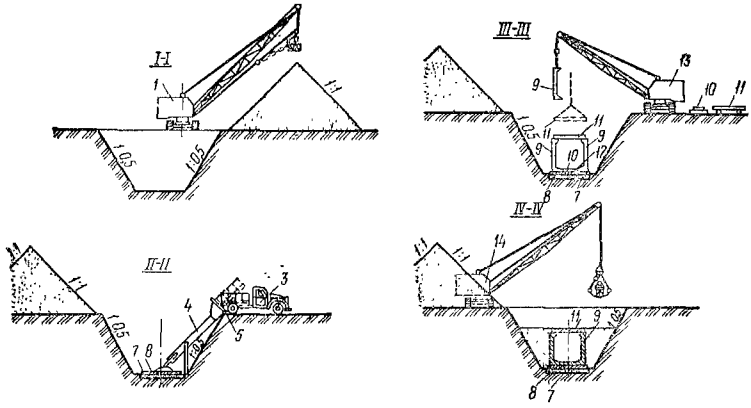


Рис. 5.4. Схема организации производства строительно-монтажных работ поточным методом при сооружении сборного железобетонного коллектора

1 — экскаватор-драглайн; *2* — автосамосвал, отвозящий лишний грунт; *3* — автосамосвал со щебнем; *4* — лоток для спуска щебня в траншею; *5* — отбойный брус; *6* — лоток для спуска бетонной смеси в траншею; *7* — щебеночная подготовка; *8* — бетонная подготовка; *9* — стеновые панели коллектора; *10* — плиты днища; *11* — плиты перекрытия; *12* — замоноличивание панелей стен и днища; *13* — кран-экскаватор; *14* — экскаватор с грейферным ковшом

на объекте, число последовательно работающих звеньев, определяемых по числу рабочих процессов, и общая продолжительность всех работ на потоке.

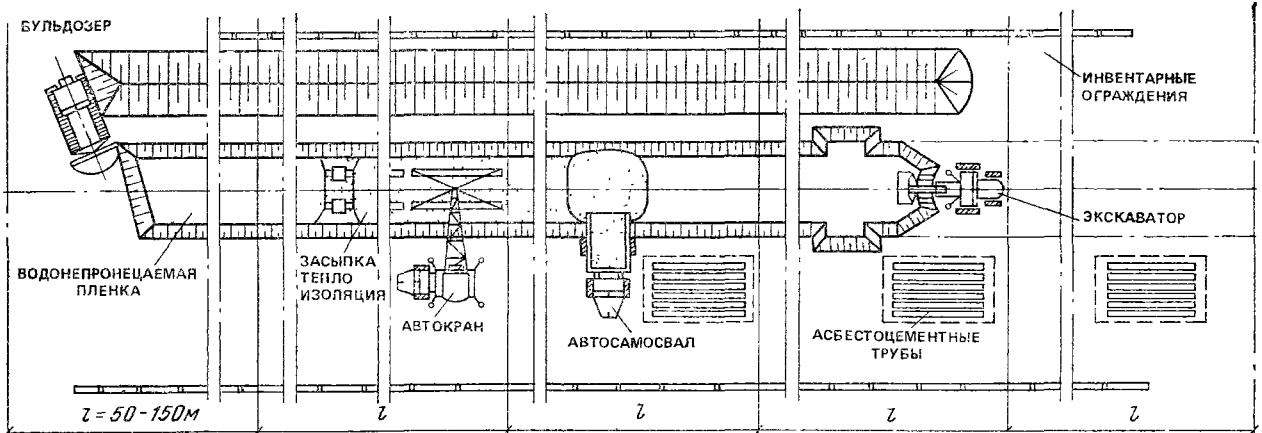
Поточный метод организации строительства при равных шагах элементарных потоков обеспечивает непрерывность и ритмичность общего технологического процесса, что способствует повышению производительности труда рабочих, сокращению сроков строительства, снижению его себестоимости. Обязательными условиями для успешного выполнения строительства поточным методом являются организация своевременного и комплексного снабжения материально-техническими ресурсами и механизация трудоемких процессов. Организация работ поточным методом наиболее целесообразна на строительстве сооружений линейного характера, к которым относятся и теплопроводы, когда специализированные бригады продвигаются по трассе, выполняя каждая определенный полностью законченный объем определенного участка работ, характеризующий интенсивность потока.

Следует отметить, что при строительстве тепловых

сетей из стальных труб применение поточного метода встречает определенные трудности. Причиной этого является то, что строительство тепловых сетей из стальных труб, особенно при прокладке в каналах, состоит из сложного комплекса строительно-монтажных работ, включающих различные технологические процессы, многие из которых требуют большого количества ручного малопроизводительного труда. В результате этого при построении потока число захваток может составлять 10—15 и даже более, что затрудняет четкую организацию работ на всех захватках. Кроме того, объемы работ на каждой захватке могут изменяться по причине изменения диаметров трубопроводов, неравномерности распределения по трассе камер, компенсаторов, опор и других конструкций, что также вызывает дополнительные трудности.

При прокладке нескольких видов инженерных коммуникаций (в том числе и тепловых сетей) в общих коллекторах бывает целесообразно организовать самостоятельный поток по возведению самого коллектора. Схема организации производства строительно-монтажных работ поточным методом при сооружении сборного железобетонного коллектора общего назначения показана на рис. 5.4. Ведущие работы — разработка траншеи экскаватором и монтаж сборных конструкций краном — предусмотрены в две смены. Общий фронт работ, равный 242 м, состоит из 11 линейных захваток по 22 м каждая. У экскаватора и крана сменная линейная захватка 22 м при работе в две смены. Если монтаж теплопроводов и других коммуникаций ведут после устройства коллектора, то трубы, оборудование, теплоизоляционные и другие материалы подают в коллектор через люки и проемы, устраиваемые в перекрытии.

Значительное упрощение процесса сооружения бесканальных тепловых сетей расширяет возможности для практического применения поточного метода строительства. На рис. 5.5 показана технологическая схема производства работ по строительству поточным методом бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб по пятизахватной системе. На каждой захватке производятся определенные виды работ: на первой — расчистка трассы, установка ограждений, разработка шурфов в местах пересечения теплотрас-



V ЗАХВАТКА

1. РАЗБОРКА ОГРАЖДЕНИЙ
2. ЗАСЫПКА ТРАНШЕЙ БУЛЬДОЗЕРОМ

IV ЗАХВАТКА

1 УКЛАДКА И МОНТАЖ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТЕПЛОПРОВОДОВ
2 УСТРОЙСТВО ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ КАМЕР
3. ЗАСЫПКА ГИДРОФОБИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ СВЕРХУ ТРУБ
4 ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ
5. РАЗРАВНИВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ НАД СТЫКАМИ
6 ПОКРЫТИЕ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОЙ ПЛЕНКОЙ

III ЗАХВАТКА

1 ДОРАБОТКА ГРУНТА ВРУЧНУЮ ПО ВИЗИРКАМ
2. УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЯ ИЗ ЗАСЫПНОЙ ГИДРОБИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

II ЗАХВАТКА

1 РАЗРАБОТКА ТРАНШЕЙ И КОТЛОВАНОВ ПОД ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ КАМЕРЫ ЭКСКАВАТОРОМ

I ЗАХВАТКА

1 РАЗБИВКА И РАСЧИСТКА ТЕПЛОТРАССЫ
2. УСТАНОВКА ОГРАЖДЕНИЙ
3. РАЗРАБОТКА ШУРФОВ В МЕСТАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТЕПЛОТРАССЫ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ КОММУНИКАЦИЯМИ
4. ЗАВОЗКА ТРУБ, МУФТ И РЕЗИНОВЫХ КОЛЕЦ

Рис. 5.5. Технологическая схема производства работ при бесканальной прокладке тепловых сетей из асбестоцементных труб по пятизахватной системе

сы с существующими коммуникациями, завоз труб, муфт и резиновых колец, т. е. все подготовительные работы; на второй — разработка экскаватором траншей под трубопроводы и котлованов под теплофикационные камеры; на третьей — доработка грунта и устройство основания из засыпной гранулированной гидрофобизированной тепловой изоляции; на четвертой — *укладка и монтаж асбестоцементных теплопроводов*, устройство теплофикационных камер, засыпка гранулированной гидрофобизированной тепловой изоляции сверху труб, предварительно гидравлическое испытание, разравнивание тепловой изоляции, покрытие тепловой изоляции защитной пленкой; на пятой — разборка ограждений и засыпка траншей бульдозером.

Оптимальную длину захваток в зависимости от диаметра труб и условий работ принимают в пределах 50—150 м. Составы звеньев на захватках определяют расчетом в зависимости от трудоемкости. Строительство бесканальных тепловых сетей можно также производить по четырехзахватной системе в зависимости от условий работ. В качестве примера на рис. 5.6 показан график поточного метода бесканальной прокладки двухтрубных тепловых сетей протяженностью 500 м из асбестоцементных труб D_y 150 мм с монолитной тепловой изоляцией укрупненными блоками по четырехзахватной системе.

Расчет и построение потока. Предположим, что поточным методом проектируется прокладка теплопровода, который для построения потока разбит на 20 участков одинаковой длины. Производство работ проектируется по пятизахватной системе, т. е. при развернутом потоке работы выполняют одновременно на пяти захватках. На каком-то этапе работы будут производиться на участках с 11 по 15 (рис. 5.7). При этом общая длина участка (фронта) L работ составляет $5l$, (где l — *средняя длина захватки*). *Если* работы на каждой захватке выполнять, например, в одну смену, то ежедневно на участке длиной l будет полностью завершаться весь цикл работ, включая и засыпку. В этом случае говорят, что работы производятся со сменным шагом ритмичного потока.

На каждой захватке производятся определенные виды работ; их выполняет специализированное звено.

№ комплексов работ	Работы	№ участков	Длина участка, м	Количество человек в звене	Выработка звена	Необходимое время	Планируемый % выполнения норм	Срок работы, ч
1	Механизированная разработка траншей	1	100	1	10,4	9,6	120	8
		2	100	1	10,4	9,6	120	8
		3	100	1	10,4	9,6	120	8
		4	100	1	10,4	9,6	120	8
		5	100	1	10,4	9,6	120	8
2	Доработка грунта вручную по визиркам	1	100	3	13,0	8,35	104	8
		2	100	3	12,0	8,35	104	8
		3	100	3	12,0	8,35	104	8
		4	100	3	12,0	8,35	104	8
		5	100	3	12,0	8,35	104	8
3	Укладка и монтаж укрупненных блоков /1 смена/ Испытание тепловодов /2 смена/ Устройство засыпной тепловой изоляции в местах стыков с покрытием защитной пленкой /2 смена/	1	100	3 / 5	12,0 / 12,2	8,35 / 8,2	104 / 102,5	8 / 8
		2	100	3 / 5	12 / 12,2	8,35 / 8,2	104 / 102,5	8 / 8
		3	100	3 / 5	12 / 12,2	8,35 / 8,2	104 / 102,5	8 / 8
		4	100	3 / 5	12 / 12,2	8,35 / 8,2	104 / 102,5	8 / 8
		5	100	3 / 5	12 / 12,2	8,35 / 8,2	104 / 102,5	8 / 8
4	Присыпка траншей вручную Засыпка траншей бульдозером	1	100	3	11,5	8,7	109	8
		2	100	3	11,5	8,7	109	8
		3	100	3	11,5	8,7	109	8
		4	100	3	11,5	8,7	109	8
		5	100	3	11,5	8,7	109	8

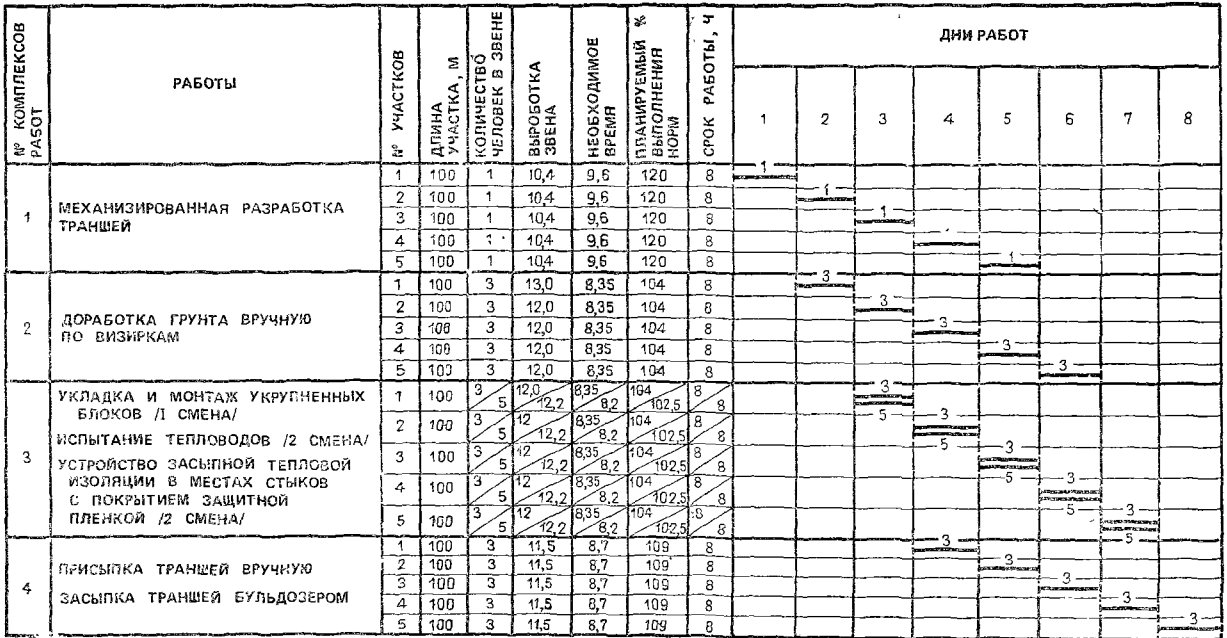


Рис. 5.6. График поточного метода бесканальной прокладки двухтрубных тепловых сетей протяженностью 500 м из асбестоцементных труб $D_y = 150$ мм с монолитной тепловой изоляцией укрупненными блоками

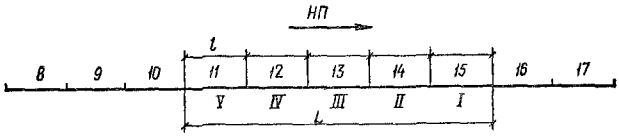


Рис. 5.7. Схема разбивки теплопровода на участки и захватки
8—17 — номера участков; *I—V* — номера захваток; *l* — длина захватки; *L* — длина фронта работ; НП — направление потока

Это звено ежедневно, оканчивая работу на предыдущем участке, переходит на последующий, а на его место вступает следующее звено. Работа каждого звена построена по своему индивидуальному потоку, который называется *элементарным потоком.* В приведенном примере (см. рис. 5.7) на каждом участке ежедневно в начале смены вступает новое звено, т. е. начинается самостоятельный элементарный поток. Таким образом, время между сменой элементарных потоков равно одной смене, а это значит, что работа ведется со сменным шагом потока. Все специализированные звенья, выполняющие весь комплекс работ на захватках с 1 до 5, объединяются в одну комплексную бригаду. Следовательно, бригадой ежедневно выполняется (в нашем случае) пять элементарных потоков. Сумма таких элементарных потоков называется *комплексным потоком.*

Продукцией комплексной бригады в смену в рассматриваемом примере является законченный строительством участок теплопровода длиной *l.* Величина его характеризует интенсивность потока. Для расчета и построения потока (рис. 5.8) применяют методику, предложенную проф. А. П. Шальновым, при которой интенсивность потока определяется по ведущей машине — экскаватору. Интенсивность потока определяют по погонной (условной) скорости движения экскаватора при рытье траншеи, которую находят по формуле, пог м/ч,

$$v = П/(VT_{см}), \qquad (5.1)$$

где П — производительность экскаватора, м³ в смену; V — средний объем грунта, м³, на данном участке, приходящийся на 1 пог. м траншеи; $T_{см}$ — время смены, ч (при 8-часовой смене $T_{см}=8$).

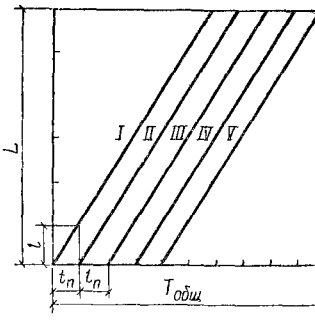


Рис. 5.8 График потока

L — общая длина тепловых сетей; $T_{общ}$ — общая продолжительность; $t_п$ — шаг потока; I—V — графики элементарных потоков по захваткам; l — длина захватки

Для расчета принимают эксплуатационную сменную производительность экскаватора, определяемую по ЕНиР. Сменная производительность экскаватора ($м^3$/см) равна:

$$П = T_{см}/H_{вр}, \qquad (5.2)$$

где $H_{вр}$ — норма машинного времени, маш.-ч, на разработку 1 $м^3$ грунта в плотном состоянии (по ЕНиР).

При подборе экскаватора, когда заранее задается интенсивность потока (по условной скорости v), производительность экскаватора определяют по преобразованной формуле

$$П = vVT_{см}. \qquad (5.3)$$

Определив условную скорость движения экскаватора по трассе или задавшись интенсивностью потока, приступают к выбору других механизмов и расчету состава комплексной бригады, подчиняя производительность участвующих в потоке машин и выработку звеньев принятой интенсивности потока, которая должна быть строго увязана с шагом потока.

Поток работ с использованием захватной системы строится в зависимости от принятого метода. Если принят метод, при котором рытье траншей производят экскаватором, а засыпку — бульдозером, то бульдозер выбирают также по производительности в соответствии с интенсивностью потока, для чего определяют условную погонную скорость движения бульдозера по трассе. Для городских условий работ используют наиболее легкие бульдозеры. После выбора всех машин и приспособлений рассчитывают состав звеньев и бригад по комплексам работ. Определяют трудоемкость и рас-

считывают состав звеньев для каждого комплекса работ, т. е. для каждой захватки в отдельности, при этом длину захватки для упрощения расчета принимают средней. Расчет ведут по ЕНиР.

Из таких звеньев формируется комплексная бригада, которая выполняет все рабочие процессы и сдает работу, исчисляемую в погонных метрах уложенного и засыпанного теплопровода или всего объекта в целом. Комплексной бригаде до начала работ обычно выдается аккордный наряд. Все расчеты и обоснования выбранных машин и механизмов приводят в пояснительной записке, приложенной к проекту производства работ на строительство теплопровода.

Общая продолжительность строительства тепловых сетей складывается из продолжительности работы экскаватора и продолжительности работ до экскаватора и после него:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{э}} + T_1, \tag{5.4}$$

где $T_{\text{э}}$ — время работы экскаватора; T_1 — время работы до экскаватора и после него.

Время работы экскаватора равно:

$$T_{\text{э}} = L/v, \tag{5.5}$$

где L — общая длина участка тепловых сетей; v — интенсивность потока.

Время работы до экскаватора и после него можно определить по формуле

$$T_1 = (N - 1)\, t_{\text{п}}, \tag{5.6}$$

где N — число захваток; $t_{\text{п}}$ — шаг потока.

Тогда

$$T_{\text{общ}} = L/v + (N - 1)\, t_{\text{п}}. \tag{5.7}$$

Таким образом, зная протяженность теплотрассы и производительность экскаватора, легко рассчитать общую продолжительность реконструкции тепловых сетей. Однако в практике проектирования потоков продолжительность работ на объекте задается заранее из календарного плана $\text{ПОС}_{\text{р}}$, она и должна быть принята за основу при построении графика потока или расчете его параметров.

При организации поточного метода в состав проекта производства работ при реконструкции водяных тепловых сетей входит разработка строительного генерального плана с построением потока на весь объем

работ и размещением необходимых механизмов и приспособлений по каждой захватке. В нем указывают размеры захваток, длину фронта работ, направление и интенсивность потока.

§ 5.5. Централизованное изготовление узлов и крупноблочный монтаж теплопроводов

Централизованное изготовление укрупненных узлов, блоков и деталей тепловых сетей на заготовительных предприятиях — один из важнейших этапов индустриализации работ по их прокладке. При этом сокращаются общие сроки реконструкции тепловых сетей, так как узлы теплопроводов изготовляются параллельно с общестроительными работами; снижается стоимость работ за счет уменьшения трудоемкости изготовления, значительного повышения производительности труда в результате внедрения механизации, уменьшения организационных потерь и ликвидации зависимости производства работ от метеорологических условий, сокращения отходов и потерь материалов, уменьшения расходов на хранение материалов на месте монтажа.

Заготовительными предприятиями в строительно-монтажных организациях являются центральные заготовительные заводы (ЦЗЗ) и мастерские (ЦЗМ), а также участковые заготовительные мастерские (УЗМ). При централизованном изготовлении укрупненных узлов тепловых сетей обеспечивается возможность перенести до 60 % всех трудозатрат с монтажной площадки в заводские условия: механизировать большинство производственных процессов; внедрить высокопроизводительные станки и машины, сборочно-сварочные установки и приспособления; широко применять механическую, механизированную газопламенную и газоэлектрическую резку, полуавтоматические и автоматические способы сварки; механизировать подъемно-транспортные операции; значительно повысить качество выполнения работ.

Технология изготовления укрупненных узлов теплопроводов делится на два этапа: изготовление элементов и их последующая сборка и сварка в узлы. Такая последовательность позволяет применять при изготовлении элементов трубопроводов преимущественно

автоматическую сварку стыков. При монтаже тепловых сетей используют стандартные и нестандартные детали и узлы. Применение стандартных деталей способствует повышению качества строительно-монтажных работ. Узлы, устанавливаемые в камерах тепловых сетей, состоят, как правило, из фасонных частей и трубопроводной арматуры (задвижек, компенсаторов и т. д.). В настоящее время узлы комплектуют из стандартных деталей (отводов, переходов, заглушек и т. д.). Однако в некоторых случаях возникает необходимость в использовании нестандартных деталей, размеры которых привязаны к конкретным условиям их установки в рабочее положение и зависят от строительных размеров камер. В этих случаях составляют замерные эскизы и схемы, по которым изготовляют узлы и детали на монтажных заводах или в заготовительных мастерских.

Укрупнительную сборку узлов и блоков теплопроводов выполняют на жестких, хорошо выверенных стеллажах или на бетонированной площадке. Такие площадки размещают в зоне действия монтажного крана и рядом с подъездными дорогами. Для сборки применяют специальные стенды и приспособления — кондукторы и центраторы, обеспечивающие правильное положение деталей, узлов, труб и арматуры при сборке и сварке. Гидравлическое испытание готовых укрупненных узлов и блоков, как правило, не производят, так как их испытывают в составе теплопровода после их монтажа.

Размеры и масса укрупненных узлов и блоков должны обеспечивать удобство их транспортирования к месту монтажа и установки в проектное положение. Если узел имеет большие габариты и нетранспортабелен в собранном виде, то его собирают на месте монтажа из укрупненных элементов, выполненных на заводе или в мастерских. При транспортировании изолированных узлов и блоков теплопроводов необходимо принимать специальные меры для предупреждения повреждения изоляции. Оборудование, арматуру, узлы и детали отправляют на объект монтажа комплектно с крепежными и прокладочными материалами, и каждую партию изделий сопровождают документами (сертификатами). Укрупнительную сборку узлов и блоков на объекте монтажа выполняют в соответствии с про-

ектом производства работ, а при его отсутствии принимают решения исходя из условий монтажа.

Укрупненные узлы или блоки при подъеме и установке должны сохранять необходимую жесткость и прочность во избежание их поломки или остаточной деформации. В отдельных случаях на период монтажа устанавливают временные связи, обеспечивающие требуемую жесткость. Перед установкой узлов, блоков, деталей и труб в проектное положение необходимо убедиться в надежном закреплении всех опорных конструкций. Следует отметить, что отсутствие специализированных заводов по производству укрупненных узлов, блоков, деталей и элементов теплопроводов заставляет отказываться от применения многих совершенных конструкций, что значительно снижает качество строительно-монтажных работ.

При сооружении неподвижных опор тепломагистралей большого диаметра также целесообразно применять готовые укрупненные блоки из сборного железобетона. Однако изготовление сборных деталей большого габарита возможно только на специализированных заводах железобетонных конструкций для инженерных сетей и сооружений. Задача ближайшего времени при реконструкции тепловых сетей — дальнейшее повышение индустриальности и сборности конструкций теплопроводов, сокращение малопроизводительного ручного труда в теплоизоляционных работах на трубопроводах, трудоемких в исполнении монолитных конструкций и сооружений из кирпича. Большую роль в повышении качества и ускорении сроков строительства тепловых сетей играют организационные и технико-экономические мероприятия.

§ 5.6. Арендный подряд

При реконструкции водяных тепловых сетей важным фактором является переход строительно-монтажных организаций на новые методы хозяйствования. *Арендный подряд* является высшей формой подрядных трудовых отношений, позволяющий органически соединить преимущества общенародной собственности с действенной системой стимулов и собственности, свойственной кооперации. Арендный подряд представляет собой модифицированную вторую форму хозяй-

ственного расчета, основанную на распределении дохода, полученного после возмещения из выручки материальных и приравненных к ним затрат (включая амортизационные отчисления). Арендный подряд называют третьей формой хозрасчета.

Экономическая сущность арендного подряда заключается в том, что подрядный коллектив, арендуя на длительный период (8—15 лет) оборудование, технику, помещения и другие средства производства, становится практически их хозяином и приобретает полную самостоятельность в организации труда и производства. На арендном подряде могут работать как крупные строительно-монтажные организации, так и их подразделения — строительные управления, участки, бригады, подсобные производства и даже отдельные работники.

Основные особенности применения арендного подряда:

1) заключение подрядным коллективом договора арендного подряда с организацией, передающей фонды в аренду;

2) выплата арендной платы за использование производственных фондов;

3) осуществление расчетов с бюджетом в централизованном или децентрализованном порядке;

4) строительная организация (или ее подразделения), работающая на арендном подряде, самостоятельно разрабатывает годовые и пятилетние планы, руководствуясь государственным заказом, контрольными цифрами и заказами потребителей продукции;

5) коллектив, работающий на арендном подряде самостоятельно без нормативов, распределяет хозрасчетный доход и единый фонд оплаты труда;

6) подрядный коллектив, заключивший договор арендного подряда, должен иметь счет в банке или отдельный лицевой счет расходов и доходов в бухгалтерии строительной организации;

7) арендный подряд предполагает хорошо поставленный учет, позволяющий достоверно определять доходы и затраты подрядных коллективов.

Распределение хозрасчетного дохода при арендном подряде должно обеспечивать соблюдение принципа опережения темпов роста производительности труда над темпами роста фонда оплаты труда. Арендные от-

ношения между организацией, передающей в аренду производственные фонды, и подрядным коллективом фиксируются в специальном документе — договоре. В нем определяются конкретные права и обязанности сторон. Договор рекомендуется заключать на длительный период — 8—15 лет. Организация, передающая фонды в аренду, обязуется, согласно договору, обеспечить подрядный коллектив фондами на сырье, материалы и технику, основываясь на производственных потребностях и исходя из установленных норм и нормативов.

В договоре арендного подряда между строительным трестом и его подразделением предусматривается задание подразделению на выполнение определенного объема работ с указанием сроков или выпуск продукции в заданной номенклатуре. В договоре оговариваются обязательства заказчика по своевременному обеспечению подрядчика необходимой технической документацией, материалами, комплектующими изделиями и топливно-энергетическими ресурсами, а также по повышению технического уровня производства и улучшению условий труда. На коллектив, работающий на арендном подряде, распространяется действие коллективного договора, принятого на данном производстве.

Обязательными составляющими арендного подряда между трестом и подразделением являются: 1) размеры фиксированных платежей по тресту; 2) норматив отчислений в бюджет, если подразделение самостоятельно вносит эти платежи; 3) соотношение между приростом производительности труда и приростом средней заработной платы. Строительный трест, полностью переведенный на арендный подряд, планирует свою деятельность на основе доведенных до него государственных заказов, лимитов, контрольных цифр, утвержденных экономических нормативов и заключенных договоров подряда.

При работе подразделений на арендном подряде трест может устанавливать им следующие показатели:

генподрядным подразделениям: а) ввод в действие производственных мощностей, объектов строительства, пусковых комплексов; б) общий объем строительно-монтажных работ по генподряду и собственными силами, выполненных в соответствии с графиками производства работ; в) для организаций, ведущих расчеты

по готовой строительной продукции, — объем готовой строительной продукции, подлежащей выполнению по генподряду и собственными силами;

субподрядным организациям: а) объем готовой строительной продукции по комплексам специальных строительных и монтажных работ; б) объем строительно-монтажных работ (для организаций, ведущих расчеты за объемы выполненных строительно-монтажных работ);

управлениям (участкам механизации): а) объем готовой строительной продукции по комплексам специальных и строительно-монтажных работ; б) объем услуг, оказываемых строительным подразделениям в соответствии с графиками производства работ на объектах;

управлениям производственно-технологической комплектации: объем поставок материальных ресурсов в комплектах, в том числе по пусковым объектам;

подсобным производствам: а) объем товарной продукции; б) объем продукции требуемой номенклатуры в соответствии с договорами (графиками) поставок.

Трест может передать подразделению ряд своих полномочий, предусмотренных Законом СССР «О государственном предприятии (объединении)», в частности: 1) заключение хозяйственных договоров, связанных с выполнением производственной программы; 2) разработку и утверждение годовых планов в соответствии с доведенным трестом госзаказом; 3) определение необходимого перечня (состава) средств производства для выполнения плановых заданий; 4) распределение хозрасчетного дохода и формирование в соответствии с установленными советом коллектива подразделения нормативами фонда развития производства, науки и техники и фонда социального развития; 5) распределение единого фонда оплаты труда по результатам работы за месяц, квартал, год между коллективами участков, бригад, звеньев и т. п. с учетом установленного соотношения между приростом средней заработной платы и приростом производительности труда.

Для всех низовых звеньев общим доходом является разность между выручкой и текущими затратами. Из общего дохода низового звена по нормативу, утвержденному советом трудового коллектива, произво-

дятся отчисления своей вышестоящей организации на образование фондов экономического стимулирования в тресте и создание финансовых резервов. Оставшаяся часть дохода используется низовым коллективом на выплату заработной платы, создание фонда риска и оплату штрафных санкций, отнесенных решением трудового коллектива на низовое звено. Темп роста производительности труда, исчисленной по доходу, должен опережать темп роста заработной платы. Общий доход СМУ (ПМК) определяется как сумма общих доходов низовых звеньев. Из общего дохода арендатор вносит тресту фиксированную плату, плату за трудовые ресурсы и по решению трудового коллектива создает фонд риска. Сумма платежей за ресурсы, арендной платы и фонда риска должна быть равна сумме отчисления от дохода низовых коллективов. Оставшийся хозрасчетный доход СМУ (ПМК) используют на выплату заработной платы, на расходы по социальному, производственному развитию и создание фонда риска.

Доход треста определяется аналогично порядку, изложенному для СМУ (ПМК), с учетом платежей, присущих только на трестовском уровне. Порядок распределения дохода в тресте утверждается советом трудового коллектива треста.

Единый фонд оплаты труда при арендном подряде формируется как остаточная величина хозрасчетного дохода, т. е. за минусом отчислений во все другие образуемые самостоятельно фонды, при этом необходимо руководствоваться принципом опережения темпов роста производительности труда над темпами роста фонда оплаты труда. При расчетах подразделения за выполненные объемы строительно-монтажных работ единый фонд оплаты труда формируется и распределяется советом коллектива ежемесячно (после создания резервного фонда) между участками, бригадами и т. п. исходя из степени участия в конечных результатах деятельности подрядного коллектива. Применение арендного подряда в строительных организациях создает экономические условия, позволяющие сблизить интересы государственных предприятий и их производственных подразделений по улучшению использования основных фондов, выявлению резервов, соблюдению технологической и производственной дисциплины, а также по широкому привлечению трудящихся к уп-

равлению производством и дальнейшему развитию принципов самоуправления. Массовое применение арендного подряда является одним из основных направлений осуществления радикальной экономической реформы и активизации человеческого фактора в строительном комплексе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авдолимов Е. М., Шальнов А. П. Водяные тепловые сети. — М.: Стройиздат, 1984. — 288 с.

Витальев В. П. Бесканальные прокладки тепловых сетей. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 278 с.

Водиные тепловые сети: Справочное пособие/Под ред. Н К. Громова, Е П. Шубина. — М: Энергоатомиздат, 1988. — 375 с.

Захаренко С. Е., Захаренко Ю. С., Никольский И. С., Пищиков М. А. Справочник строителя тепловых сетей. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 185 с.

Ионин А. А., Хлыбов Б. М., Братенков В. Н., Терлецкая Е. Н. Теплоснабжение. — М.: Стройиздат, 1982. — 336 с.

Переверзев В. А., Шумов В. В. Справочник мастера тепловых сетей. — Л.: Энергоатомиздат, 1987. — 272 с.

Рекомендации по реконструкции существующих центральных тепловых пунктов с целью их автоматизации. — М: Госграждан-строй, ЦНИИЭП инженерного оборудования, 1987. — 50 с.

Руководство по организации строительного производства в условиях реконструкции промышленных предприятий, зданий и сооружений. — М: Стройиздат, 1982. — 222 с.

Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. — М.: Энергоиздат, 1982. — 360 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Глава 1. Общая характеристика водяных тепловых сетей и задачи их реконструкции 4
§ 1.1. Основные направления развития системы транспортирования теплоты 4
§ 1.2. Характеристика водяных тепловых сетей . . 10
§ 1.3. Виды ремонтов тепловых сетей 14
§ 1 4. Цели и задачи реконструкции тепловых сетей . 22
Глава 2. Проектирование при реконструкции водяных тепловых сетей 24
§ 2.1. Общие вопросы проектирования тепловых сетей при реконструкции 24
§ 2.2. Выбор способа прокладки реконструируемых тепловых сетей 29
§ 2.3. Определение присоединяемых тепловых нагрузок 34

§ 2.4. Определение расходов теплоносителя 36
§ 2.5. Выбор оптимальной трассировки тепловых сетей 40
§ 2.6. Гидравлический расчет и режим 49
§ 2.7. Выбор труб и их соединений 53
§ 2.8. Выбор компенсаторов 63
§ 2.9. Выбор опорных конструкций 74
§ 2.10. Подбор арматуры 84
§ 2.11. Выбор и расчет тепловой изоляции . . 97
§ 2.12 Выбор строительных конструкций . . 110
§ 2.13. Проектирование попутного дренажа 126
§ 2.14. Специальные сооружения 131
§ 2.15. Реконструкция тепловых пунктов 135
§ 2.16. Автоматизация проектирования тепловых сетей при реконструкции. Использование ЭВМ . . 142

Глава 3. Строительно-монтажные работы при реконструкции водяных тепловых сетей 148

§ 3.1. Особенности производства строительно-монтажных работ при реконструкции водяных тепловых сетей 148
§ 3.2. Организационная подготовка к реконструкции . 151
§ 3.3. Земляные работы 158
§ 3.4. Сборно-сварочные работы при монтаже теплопроводов 174
§ 3.5 Устройство противокоррозионных покрытий стальных труб 185
§ 3.6. Монтаж и замена теплопроводов 191
§ 3.7. Возведение строительных конструкций и сооружений 204
§ 3.8. Прокладка теплопроводов закрытым способом . 218
§ 3.9. Прокладка попутного дренажа 227
§ 3.10 Испытание и промывка теплопроводов . . 230
§ 3.11. Сдача и приемка в эксплуатацию тепловых сетей 234

Глава 4. Использование асбестоцементных труб при реконструкции водяных тепловых сетей 237

§ 4.1. Асбестоцементные трубы 237
§ 4.2. Стыковые соединения асбестоцементных теплопроводов 246
§ 4.3. Тепловая изоляция 251
§ 4.4. Сопряжение асбестоцементных теплопроводов . 256
§ 4.5. Конструктивные особенности бесканальных тепловых сетей из асбестоцементных труб . . . 258
§ 4.6. Прокладка асбестоцементных теплопроводов . . 261

Глава 5. Организация работ при реконструкции водяных тепловых сетей 272

§ 5.1. Общие положения 272
§ 5.2. Проект организации реконструкции 275
§ 5.3 Проект производства работ при реконструкции . 277
§ 5.4. Организация производства работ поточным методом 284
§ 5.5. Централизованное изготовление узлов и крупноблочный монтаж теплопроводов 297
§ 5.6. Арендный подряд 299

Список литературы 304