

**Авдолимов Е.М.**

**Реконструкция водяных  
тепловых сетей**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 62-63  
ББК 30.6  
А18

**Авдолимов Е.М.**  
А18 Реконструкция водяных тепловых сетей / Авдолимов Е.М. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 305 с.

**ISBN 978-5-458-25280-5**

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 инженеров-технических работников, связанных с реконструкцией тепловых сетей.

**ISBN 978-5-458-25280-5**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



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  $\frac{2}{3}$  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 удешевить 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. удобства 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 предприятий 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 однострунных 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 водяных 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 однострубных 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 однострубной 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 однострубного (транзитного) транспорта теплоты.

Однострубные 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, строительно-монтажных 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 коррозионной 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 — заносу 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 большую 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 маслянистого 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 утраченное 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-