

ТЕМА 2

СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Виды систем теплоснабжения

Каждая система теплоснабжения состоит из следующих основных элементов: источника тепловой энергии, тепловой сети, абонентских вводов и местных систем потребителей теплоты.

Системы теплоснабжения с различными устройствами и назначениями элементов классифицируют по признакам: источнику приготовления теплоты; роду теплоносителя; способу подачи воды на горячее водоснабжение; количеству трубопроводов тепловых сетей; способу обеспечения потребителей тепловой энергией и др.

По источнику приготовления теплоты различают три вида систем теплоснабжения: 1) высокоорганизованное централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки теплоты и электроэнергии на ТЭЦ – теплофикация; 2) централизованное теплоснабжение от районных отопительных и промышленно-отопительных котельных; 3) децентрализованное теплоснабжение от мелких котельных, индивидуальных отопительных печей и т.п.

Планом дальнейшего развития теплоэнергетики нашей страны предусматривается преимущественное строительство высокоэкономичных ТЭЦ и крупных районных котельных (РК) с постепенным сокращением числа малоэффективных местных источников теплоты.

В недалеком будущем получают более широкое распространение другие источники теплоты, основанные на преобразовании солнечной энергии и тепловой энергии подземных горячих вод.

По **роду теплоносителя** различают водяные и паровые системы теплоснабжения.

Водяные системы применяют в основном для теплоснабжения сезонных потребителей и горячего водоснабжения, а в некоторых случаях и для технологических процессов. В нашей стране водяные системы теплоснабжения по протяженности составляют около 48% от общей длины всех тепловых сетей.

Паровые системы теплоснабжения распространены главным образом на промышленных предприятиях, где требуется высокотемпературная теп-

ловая нагрузка. За рубежом в системах теплоснабжения пар используется по-разному.

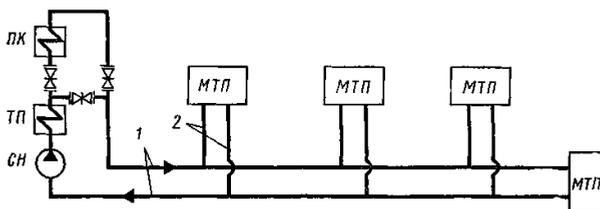


Рис. 2.1 Схема одноступенчатой системы теплоснабжения:

1 – магистральные трубопроводы; 2 – ответвления; МТП – местный тепловой пункт; ТП – теплофикационный подогреватель; ПК – пиковый котел; СН – сетевой насос

В США и Бельгии пар принят единственным теплоносителем. В большинстве европейских стран (Швейцарии, Швеции, Италии, Дании) на долю паровых систем приходится 1 – 10% протяженности тепловых сетей, а в ФРГ и Финляндии – до 30 – 40%. В Исландии и Норвегии пар как теплоноситель вообще не используется.

По способу подачи воды на горячее водоснабжение водяные системы делят на закрытые и открытые. В *закрытых* водяных системах теплоснабжения воду из тепловых сетей используют только как греющую среду для нагревания в подогревателях поверхностного типа водопроводной воды, поступающей затем в местную систему горячего водоснабжения.

В *открытых* водяных системах теплоснабжения горячая вода к водоразборным приборам местной системы горячего водоснабжения поступает непосредственно из тепловых сетей.

По количеству трубопроводов различают однотрубные и много трубные системы теплоснабжения.

По способу обеспечения потребителей тепловой энергией различаются одноступенчатые и многоступенчатые системы теплоснабжения.

В *одноступенчатых* системах теплоснабжения потребители теплоты присоединяют непосредственно к тепловым сетям (рис. 2.1), Узлы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям называют *абонентскими вводами*. На абонентском вводе каждого здания устанавливают подогреватели горячего водоснабжения, элеваторы, насосы, арматуру, контрольно-измерительные приборы для регулирования параметров и расходов теплоносителя по местным отопительным и водоразборным приборам. Поэтому

часто абонентский ввод называют *местным тепловым пунктом* (МТП), Если абонентский ввод сооружается для отдельной, например технологической установки, то его называют *индивидуальным тепловым пунктом* (ИТП).

Непосредственное присоединение отопительных приборов ограничивает пределы допустимого давления в тепловых сетях, так как высокое давление, необходимое для транспорта теплоносителя к конечным потребителям, опасно для радиаторов отопления. В силу этого одноступенчатые системы применяют для теплоснабжения ограниченного числа потребителей от котельных с небольшой длиной тепловых сетей.

В *многоступенчатых* системах (рис. 2.2) между источником теплоты и потребителями размещают *центральные тепловые пункты* (ЦТП) или *контрольно-распределительные пункты* (КРП), в которых параметры теплоносителя могут изменяться по требованию местных потребителей. ЦТП и КРП оборудуются насосными и водонагревательными установками, регулирующей и предохранительной арматурой, контрольно-измерительными приборами, предназначенными для обеспечения группы потребителей в квартале или районе теплотой необходимых параметров.

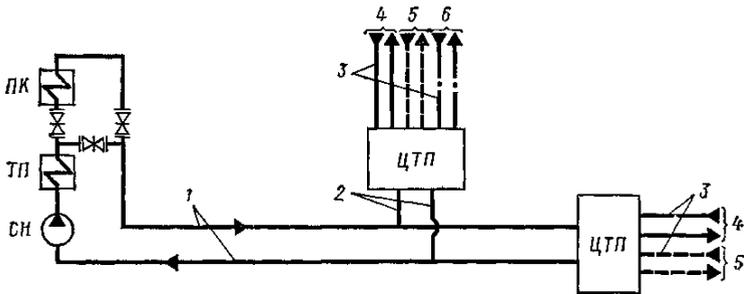


Рис. 2.2 Схема двухступенчатой системы теплоснабжения:

1 – магистральные трубопроводы; 2 – ответвления; 3 – распределительные сети; 4, 5 – ответвления к зданиям на отопление и вентиляцию; 6 – ответвление на технологические процессы

С помощью насосных или водонагревательных установок магистральные трубопроводы (первая ступень) соответственно частично или полностью гидравлически изолируются от распределительных сетей (вторая ступень). Из ЦТП или КРП теплоноситель с допустимыми или установленными параметрами для местных потребителей по общим или от-

дельным трубопроводам второй ступени подается в МТП каждого здания. При этом в МТП производится лишь элеваторное подмешивание обратной воды из местных отопительных установок, местное регулирование расхода воды на горячее водоснабжение и учет расхода теплоты.

Полная гидравлическая изоляция тепловых сетей первой и второй ступени является важнейшим мероприятием повышения надежности теплоснабжения и увеличения дальности транспорта теплоты. Многоступенчатые системы теплоснабжения с ЦТП и КРП позволяют в десятки раз уменьшить число местных подогревателей горячего водоснабжения, циркуляционных насосов и регуляторов температуры, устанавливаемых в МТП при одноступенчатой системе. В ЦТП возможна организация обработки местной водопроводной воды для предупреждения коррозии систем горячего водоснабжения. Наконец, при сооружении ЦТП и КРП сокращаются в значительной мере эксплуатационные затраты и затраты на содержание персонала для обслуживания оборудования в МТП.

2.2 Присоединение потребителей в водяных системах теплоснабжения

Эффективность водяных систем теплоснабжения во многом определяется схемой присоединения абонентского ввода, который является связующим звеном между наружными тепловыми сетями и местными потребителями теплоты. Схемы присоединения местных систем отопления по признаку гидравлической связи с тепловыми сетями различаются на зависимые и независимые.

В зависимых схемах присоединения теплоноситель в отопительные приборы поступает непосредственно из тепловых сетей. Таким образом, один и тот же теплоноситель циркулирует как в тепловой сети, так и в отопительной системе. Вследствие этого давление в местных системах отопления определяется режимом давлений в наружных тепловых сетях.

В независимых схемах присоединения теплоноситель из тепловой сети поступает в подогреватель, в котором его теплота используется для нагревания воды, заполняющей местную систему отопления. При этом сетевая вода и вода в местной системе отопления разделены поверхностью нагрева и таким образом сеть и система отопления полностью гидравлически изолированы друг от друга. Гидравлическая изоляция теплоносителей на абонентском вводе используется для защиты местных установок от за-

вышенного или заниженного давлений в тепловых сетях, при которых возможно разрушение нагревательных приборов или опорожнение местных систем отопления.

На рис. 2.3 зависимое присоединение отопительных приборов показано на схемах а, б. При зависимом присоединении местных установок на абонентском вводе применяют наиболее простое и дешевое оборудование. Кроме того, в отопительных приборах полезное использование перепада температур сетевой воды достигает наибольшего значения, благодаря чему может быть уменьшен расход теплоносителя на вводе и сокращена стоимость тепловых сетей за счет уменьшения диаметров труб.

Основной недостаток зависимого присоединения потребителей состоит в том, что давление теплоносителя в тепловых сетях передается на приборы местных систем. Поэтому зависимые местные системы отопления используются в условиях, когда давление в тепловых сетях не превышает прочности отопительных приборов. Отопительные чугунные радиаторы выпускаются на избыточное давление до 0,6 МПа, а стальные конвекторы – до 1,0 МПа.

Если температура сетевой воды в подающем трубопроводе больше $95 - 105^{\circ}\text{C}$ и разность давлений в подающем и обратном трубопроводах достаточна (0,08 – 0,15 МПа) для нормальной работы элеватора, то отопительные системы присоединяются по схеме а. Необходимая температура воды, поступающей в нагревательные приборы, поддерживается элеваторным подмешиванием остывшей обратной воды из системы отопления к высокотемпературной сетевой воде из подающего трубопровода. Эту схему применяют для отопления жилых и общественных зданий.

Схема б используется вместо схемы а при разности давлений в подающем и обратном трубопроводах на абонентском вводе, недостаточной для нормальной работы элеватора. Замена элеваторного смешения на насосное является прогрессивным решением отопительной техники. Применение насосных смесителей на 10 % сокращает потребность сетевой воды и позволяет использовать при монтаже местных систем отопления трубы небольшого диаметра (до 10 мм). Отопительные системы с высоким гидравлическим сопротивлением необходимы для повышения гидравлической устойчивости тепловых сетей, гарантирующей надежное теплоснабжение при резких колебаниях расходов сетевой воды. Недостаток насосного смешения – шумная работа.

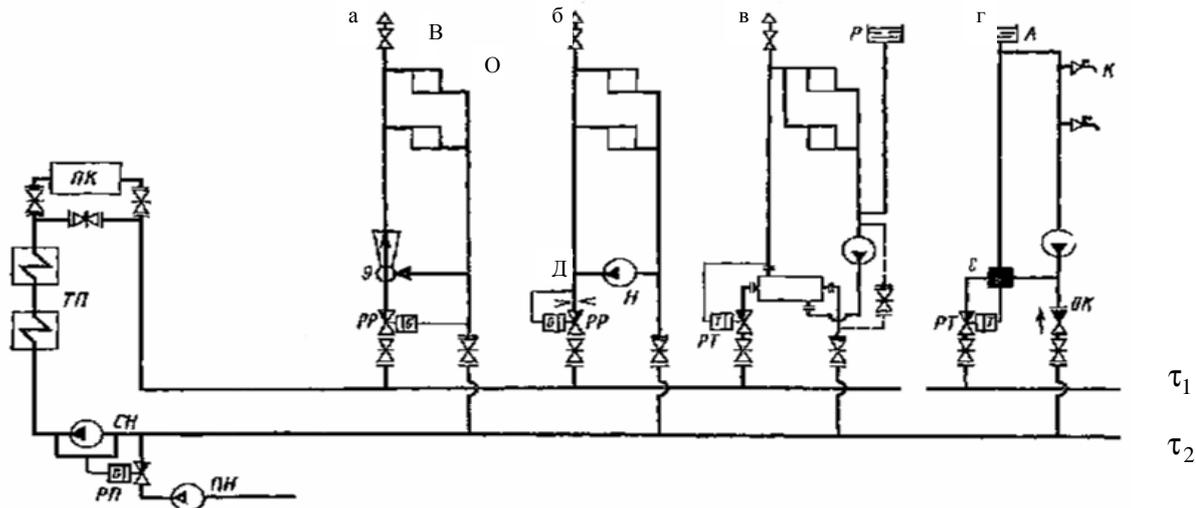


Рис. 2.3. Схемы присоединения местных систем отопления и горячего водоснабжения в двухтрубных водяных системах. Зависимые схемы отопительных систем: *а* – с элеваторным смешением; *б* – с насосным смешением; *в* – независимая схема отопительной системы; *г* – схема системы горячего водоснабжения с верхним баком аккумулятора; *В* – воздушный кран; *О* – отопительный прибор; *Р* – расширительный бак; *К* – водоразборный кран; *Д* – измерительная диафрагма; *Э* – элеватор; *Н* – циркуляционный насос местной системы; *С* – смеситель; *ПК* – пиковый котел; *ТП* – теплофикационный подогреватель; *СН*, *ПН* – сетевой и подпиточный насосы; *РП*, *РР*, *РТ* – регуляторы подпитки, расхода и температуры; *ОК* – обратный клапан; t_1, t_2 – подающий и обратный трубопроводы

При отключении абонентского ввода, присоединенного к тепловой сети по схеме а, вместе с прекращением циркуляции воды в местной системе отопления появляется опасность размораживания отопительных приборов и трубопроводов. Эти недостатки в схеме устраняются включением циркуляционного насоса. С помощью циркуляционного насоса легко осуществляется регулирование расхода циркулирующей воды, что особенно важно в теплое время отопительного сезона, когда для отопления требуется количественное регулирование «пропусками».

Независимое присоединение местной отопительной системы по схеме в применяют для подключения абонентов к тепловой сети с недопустимо высоким давлением теплоносителя. По такой же схеме подключаются отдельные нетипичные для района высотные здания, для которых давление теплоносителя в сетях недостаточно для заполнения отопительных приборов на верхних этажах.

Местная система оборудуется расширительным баком, создающим собственное независимое от наружных сетей гидростатическое давление.

Это предохраняет систему от повышенных или аварийных колебаний давления в наружной тепловой сети. Циркуляция воды в местной системе создается работой циркуляционного насоса. Подпитка изолированного контура может производиться очищенной и деаэрированной водой из тепловых сетей через перемычку (показанную пунктиром) между обратным трубопроводом и местной системой. Если давление в обратном трубопроводе сети недостаточно для подачи воды в расширительный бак, то на перемычке устанавливается подкачивающий насос (на схеме в насос на перемычке не показан). Схема независимого присоединения отопительных установок сложнее зависимого, а оборудование теплового пункта значительно дороже.

Вентиляционные установки представляют собой теплообменники поверхностного типа (калориферы) для нагревания воздуха, нагнетаемого в помещения. Другой способ нагрева воздуха в вентиляционной технике не применяют, поэтому калориферы вентиляционных систем присоединяют к тепловым сетям непосредственно, т. е. по зависимой схеме. Если калориферы устанавливают на верхних этажах здания, то для предупреждения вскипания высокотемпературной сетевой воды в калорифере допускается подмешивание к ней воды из обратного трубопровода.

Местные системы горячего водоснабжения в открытых системах теплоснабжения присоединяются непосредственно, в закрытых – через поверхностные водо-водяные подогреватели.

В *открытых* системах теплоснабжения наиболее распространена схема, показанная на рис.2.3, г, с баком-аккумулятором. За время отопительного сезона температура сетевой воды в подающем трубопроводе изменяется от 60 до 150°C, а в обратном – от 30 до 70°C. В водоразборные приборы вода должна подаваться с температурой не более 60°C. Это достигается смешением в смесителе воды из подающего и обратного трубопроводов. Когда водоразбор на горячее водоснабжение становится меньше расчетного, вода (схема г) насосом подается к смесителю и далее, смешиваясь с горячей водой из тепловой сети, идет на зарядку верхнего аккумулятора. По такой схеме аккумулятор заряжается под напором воды в обратном трубопроводе тепловой сети. Насос предназначен для восполнения потерь напора в местной системе горячего водоснабжения

В *закрытых* системах теплоснабжения местные системы горячего водоснабжения гидравлически изолированы от внешних тепловых сетей (рис. 2.4). Гидравлическая изоляция сетевой и местной водопроводной воды гарантирует защиту местных систем горячего водоснабжения от выноса шлама из отопительных установок, который существенно ухудшает качество воды в водоразборных приборах при непосредственном водоразборе из тепловых сетей. При параллельном присоединении подогревателя горячего водоснабжения расход греющей сетевой воды через подогреватель регулируется регулятором температуры РТ в соответствии с нагрузкой горячего водоснабжения и независимо от нагрузки на отопление. Одноступенчатый подогреватель не обеспечивает глубокого охлаждения, сетевой воды. Кроме того, по такой схеме не используется теплота обратной воды после отопления, имеющей на продолжении отопительного сезона достаточно высокую температуру (40 – 70°C), которой вполне достаточно для покрытия значительной части нагрузки горячего водоснабжения и нагрева водопроводной воды вплоть до 60°C. Из-за неполного использования теплосодержания теплоносителя на абонентском вводе наблюдается повышенный расход сетевой воды, складывающийся из расчетного расхода воды на отопление и расхода на горячее водоснабжение при максимальной нагрузке. Большой расход сетевой воды требует увеличения диаметров труб, что удорожает тепловые сети. Но независимое регулирование теплоты на горячее водоснабжение исключает снижение расхода теплоты на отопление при максимальных водоразборах. Поэтому параллельные присоединения подогревателей применяются при значительной доле тепловой нагрузки на горячее водоснабжение $Q_{h\max}/Q_o \geq 1,2$, а также в зданиях с небольшим суммарным расходом теплоты (до 230 кВт), когда простота

приготовления горячей воды и затраты на оборудование экономически выгоднее перерасхода теплоносителя.

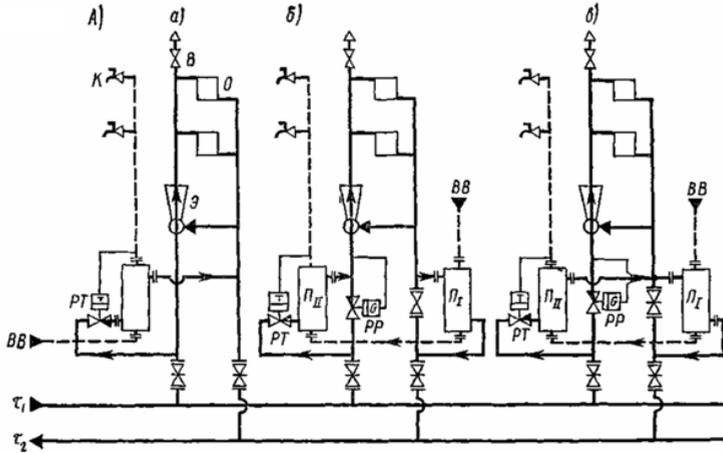


Рис. 2.4. Схемы присоединения местных систем горячего водоснабжения в двух-трубных водяных системах:

В закрытых системах: *а* – параллельное присоединение подогревателя; *б* – двух-ступенчатое последовательное присоединение подогревателя; *в* – двухступенчатое смешанное присоединение подогревателя; *К* – водоразборный кран; *В* – воздушный кран; *О* – отопительный прибор; *Э* – элеватор; *П* – подогреватель; *С* – смеситель, *ВВ* – водопроводная вода; *РР*, *РТ* – регуляторы расхода и температуры; *П_I*, *П_{II}* – первая и вторая ступени подогревателя

По предвключенной схеме подогреватель горячего водоснабжения подключается только к подающему трубопроводу перед отопительной системой, что приводит к значительному снижению расхода теплоты на отопление при максимальных нагрузках горячего водоснабжения. Для уменьшения влияния горячего водоснабжения на отопление предвключенные подогреватели рекомендуется применять в жилых и общественных зданиях при небольших соотношениях нагрузок $Q_{h\max}/Q_o < 1$. В городах с развитым централизованным горячим водоснабжением эти подогреватели не применяют.

В схеме *б* с двухступенчатым последовательным присоединением подогревателя вторая ступень *П_{II}* подключается к подающему трубопроводу по предвключенной схеме, а первая ступень *П_I* – к обратному трубо-

проводу по замкнутой схеме. Сетевая вода из подающей трубы разветвляется ко второй ступени через регулятор температуры РТ и к регулятору расхода РР. За регулятором расхода сетевая вода из ступени $П_{II}$ смешивается с потоком воды, движущимся к элеватору. После отопительной установки теплоноситель еще раз направляется в ступень $П_I$ для нагревания водопроводной воды, поступающей в систему горячего водоснабжения. Водопроводная вода предварительно нагревается в ступени I, окончательно догревается до нормы (60°C) в ступени II подогревателя.

При максимальной температуре обратной воды из системы отопления (70°C) и средней нагрузке горячего водоснабжения водопроводная вода практически нагревается до нормы в ступени I; дополнительного подогрева в ступени II не требуется. В этих случаях ступень II полностью разгружается, с закрытием регулятора температуры РТ вся сетевая вода поступает через регулятор расхода РР и систему отопления, вследствие чего отопительная система получает теплоты больше расчетного значения.

Когда обратная вода после отопления имеет температуру много ниже максимальной ($30 - 40^{\circ}\text{C}$), предварительный нагрев водопроводной воды в ступени I становится недостаточным, для окончательного ее нагревания включается ступень II подогревателя, через которую поступает лишь дополнительный расход сетевой воды на горячее водоснабжение.

Следовательно, при всех соотношениях тепловых нагрузок потребителей предварительный подогрев водопроводной воды в ступени I подогревателя происходит за счет теплоты обратной воды, в результате чего уменьшается тепловая нагрузка ступени II подогревателя и потребность дополнительного расхода сетевой воды на горячее водоснабжение через эту ступень.

Снижение суммарного расхода сетевой воды на всех абонентских вводах позволяет, с одной стороны, уменьшить диаметры трубопроводов и соответствующие расходы на сооружение тепловых сетей и их обслуживание, с другой - многоступенчатое использование теплоносителя по схеме б обеспечивает глубокое охлаждение обратной сетевой воды по сравнению с другими схемами присоединения подогревателей. Возврат сетевой воды с пониженной температурой улучшает эффект теплофикации, так как для ее подогрева достаточны отборы пара пониженных давлений, и увеличивается возможность использования других низкопотенциальных тепловых ресурсов на ТЭЦ.

В этом состоит главное преимущество схемы включения подогревателя. Двухступенчатые последовательные подогреватели применяются в

жилых, общественных и промышленных зданиях при соотношении нагрузок $Q_{h\max}/Q_o \leq 0,6$, так как при большей нагрузке горячего водоснабжения небаланс отопительной нагрузки компенсируется труднее.

Достоинством двухступенчатой смешанной схемы в является независимый расход теплоты на отопление от потребности теплоты на горячее водоснабжение, обеспечиваемый установкой регуляторов расхода и температуры по принципу несвязанного регулирования. Колебания нагрузки горячего водоснабжения при несвязанном регулировании нарушают равномерность суточного графика тепловой нагрузки. В результате этого суммарный расход сетевой воды на вводе по сравнению со схемой б несколько увеличивается, но он значительно ниже, чем при параллельной схеме а, поскольку имеется частичное использование теплоты воды после отопления в ступени I. Схему в применяют при соотношении нагрузок $Q_{h\max}/Q_o = 0,6 \div 1,2$, так как большие нагрузки горячего водоснабжения практически не влияют на работу отопительной системы.

2.3 Водяные системы теплоснабжения

Водяные системы, в которых местные системы горячего водоснабжения присоединяются с помощью водоводяных подогревателей, стали называть *закрытыми*. Вследствие отсутствия непосредственного водоразбора и незначительной утечки теплоносителя через неплотности соединений труб и оборудования закрытые системы отличаются высоким постоянством количества и качества циркулируемой в ней сетевой воды. Другой особенностью закрытых систем является то, что они бывают только многотрубными: двух-, трех- и четырехтрубные.

Двухтрубные закрытые системы состоят из подающего и обратного трубопроводов. По подающему трубопроводу нагретая сетевая вода с температурой t_1 транспортируется от источника тепловой энергии к потребителю. По обратному трубопроводу охлажденная сетевая вода с температурой t_2 возвращается от потребителя к источнику для повторного подогрева. Двухтрубные системы проще и дешевле многотрубных. Такие системы применяют преимущественно для совместной подачи теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Присоединение технологических установок допускается при применении мер, предупреждающих попадание в тепловые сети вредных примесей.

В промышленных районах, где имеется большая технологическая тепловая нагрузка повышенных параметров и возможно использование

собственных вторичных энергоресурсов или качество воды в тепловых сетях не отвечает требованиям производственных процессов, рекомендуются трех- и четырехтрубные тепловые сети.

В *четырёхтрубных* тепловых сетях одна пара труб используется для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Температура сетевой воды в подающем трубопроводе этой пары поддерживается в соответствии с графиком регулирования отпуска теплоты на отопительно-бытовые нужды. По второй паре труб сетевая вода подается на производственные нужды предприятий. Температура сетевой воды в подающем трубопроводе второй пары сетей круглый год поддерживается постоянной. Отдельные тепловые сети позволяют принимать в них высокий нагрев сетевой воды, который помимо снижения расходов воды и уменьшения диаметров труб дает возможность получать на местах потребления пар путем испарения сетевой воды.

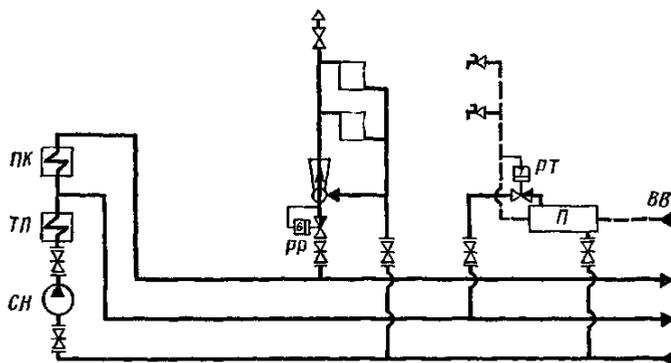


Рис. 2.5. Схема трехтрубной закрытой системы теплоснабжения;
ПК - пиковый котел; ТП – теплофикационный подогреватель; СН – сетевой насос; ВВ – водопроводная вода

Четырёхтрубные системы распространяются также в сельских районах и рабочих поселках, где нагрузка горячего водоснабжения невелика и сосредоточена в небольшом количестве общественных зданий (бани, столовые, гостиницы, школы, спортивные и детские учреждения) или в сельскохозяйственных комплексах. Полная гидравлическая изоляция разнородных потребителей в четырехтрубных системах упрощает отдельную подачу теплоты и центральное регулирование сезонных и круглогодичных нагрузок. Одновременно с этим отпадает надобность дорогостоящих местных и цен-

тральных тепловых пунктов. Раздельное центральное регулирование способствует росту культуры и повышению надежности теплоснабжения.

В *трехтрубных* системах по одному подающему трубопроводу подается теплота на отопительно-бытовые цели, по другому – на технологические нужды. Или по одному подающему трубопроводу обеспечивается нагрузка отопления, по другому – горячее водоснабжение (рис. 2.5). Режимы регулирования тепловой нагрузки в этих трубопроводах устанавливаются те же, что и в четырехтрубных системах, но вместо двух обратных трубопроводов сооружается только один. Соответственно изменяется схема теплоприготовительной установки источника теплоты: вместо отдельных подогревателей и сетевых насосов устанавливаются общие.

По сравнению с четырехтрубной системой трехтрубная не дает значительной экономии материальных затрат. В то же время зависимый гидравлический режим в обратной трубе вызывает колебания давлений у элеваторов, которые при отсутствии регуляторов расхода приводят к разрегулировке подачи теплоты на отопление. По этим соображениям трехтрубная система применяется редко.

Открытые водяные системы отличаются более простым оборудованием для смешения сетевой воды, используемой в местной системе горячего водоснабжения. Но значительный расход сетевой воды на горячее водоснабжение существенно увеличивает подпитку тепловых сетей. Открытые системы сооружаются как одностручными, так и многотручными. Основным типом открытых систем, как и в закрытых системах, являются двухтрубные водяные системы. Трех- и четырехтрубные открытые тепловые сети применяют с той же целью, что и закрытые многотрубные системы.

Открытые *четырёхтрубные* системы теплоснабжения особенно рационально применять в небольших поселках, в сельской местности, где вторая пара трубопроводов специально предназначена для горячего водоснабжения. В больших городах самостоятельные тепловые сети горячего водоснабжения сооружаются при условии обеспечения источников теплоты подпиткой тепловых сетей из хозяйственно-питьевого водопровода. Преимущество изолированных сетей горячего водоснабжения состоит в том, что водоразборные приборы могут присоединиться к тепловым сетям без установки на абонентских вводах дорогостоящих смесительных клапанов и регуляторов температуры. Четырёхтрубные тепловые сети удобны для организации непрерывного горячего водоснабжения в летний период. Затраты на прокладку дополнительных сетей обычно небольшого диаметра и часто на короткие расстояния оказываются выгоднее тех сложностей ре-

гулирования, которые возникают в двухтрубных сетях в теплое время отопительного сезона, когда применяется местное регулирование пропусками.

В открытых *двухтрубных* системах теплоснабжения разнородных потребителей при независимых схемах присоединения отопления улучшается качество воды, используемой на горячее водоснабжение. Сетевая вода, поступающая к точкам водоразборов, не загрязняется продуктами коррозии и шламом, содержащимся в изолированном отопительном контуре. Как показали исследования, скопления шлама в застойных зонах радиаторов являются источниками загрязнения воды и развития анаэробных бактерий, выделяющих сероводород, придающий воде неприятный запах.

При совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение в *однотрубных* тепловых сетях необходимо, чтобы вся сетевая вода разбиралась в точках потребления. Поэтому однотрубные водяные тепловые сети обязательно должны быть *открытыми*. Присоединение потребителей к однотрубным тепловым сетям показано на рис. 2.6.

По схеме *а* вода на горячее водоснабжение поступает из отопительной системы. Постоянная ее температура поддерживается регулятором *РТ* за счет подмешивания части воды непосредственно из тепловой сети.

На вводе расход сетевой воды регулятором *РР* поддерживается постоянным, поэтому при малом водоразборе или его отсутствии давление в системе горячего водоснабжения повышается, приводя к открытию регулятора давления *РД* и сливу избытка воды в аккумулятор. С увеличением горячего водоразбора до максимального значения давление в местной системе падает, при этом регулятор давления *РД* закрывается и с помощью пускового устройства включается насос для подачи недостающего количества воды из аккумулятора.

По схеме *б* сетевая вода на горячее водоснабжение поступает из отопительного подогревателя и частично через регулятор *РТ* непосредственно из тепловой сети. Недостатки воды при максимальном водоразборе восполняются из водопровода автоматически, так как с падением давления в системе на линии водопровода открывается обратный клапан. В схеме *в* необходимая температура в системе регулируется регулятором *РТ* путем подмешивания к сетевой воде холодной воды из водопровода.

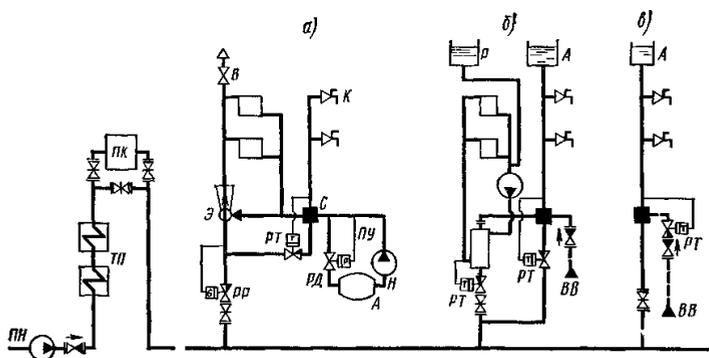


Рис. 2.6 Схемы присоединения местных систем отопления и горячего водоснабжения в однотрубных водяных системах

а – зависимая система отопления и установка горячего водоснабжения с нижним баком-аккумулятором, *б* – независимая система отопления и установка горячего водоснабжения с верхним баком-аккумулятором, *в* – установка горячего водоснабжения с верхним баком-аккумулятором, *ПК* – пиковый котел, *ТП* – теплофикационный подогреватель; *ПН* – подпиточный насос; *РД* – регулятор давления, *Н* – насос, *А* – аккумулятор; *Р* – расширитель, *ПУ* – пусковое устройство (остальные обозначения см по предыдущим рисункам)

Однотрубные системы целесообразны в южных районах страны с высоким потреблением горячей воды. В большинстве случаев потребность горячего водоснабжения не превышает 30 – 40% от всех видов теплового потребления. По этим причинам возможности применения дешевых однотрубных сетей ограничены.

По ряду экономических соображений и санитарных требований охраны среды строительство крупных ТЭЦ на городских территориях запрещается. Вынос ТЭЦ далеко за черту города ближе к источникам водоснабжения и к месту добычи топлива требует больших капитальных вложений в тепловые сети.

2.4 Паровые системы теплоснабжения

Как и водяные паровые системы теплоснабжения бывают однотрубными, двухтрубными и многотрубными (рис. 2.7)

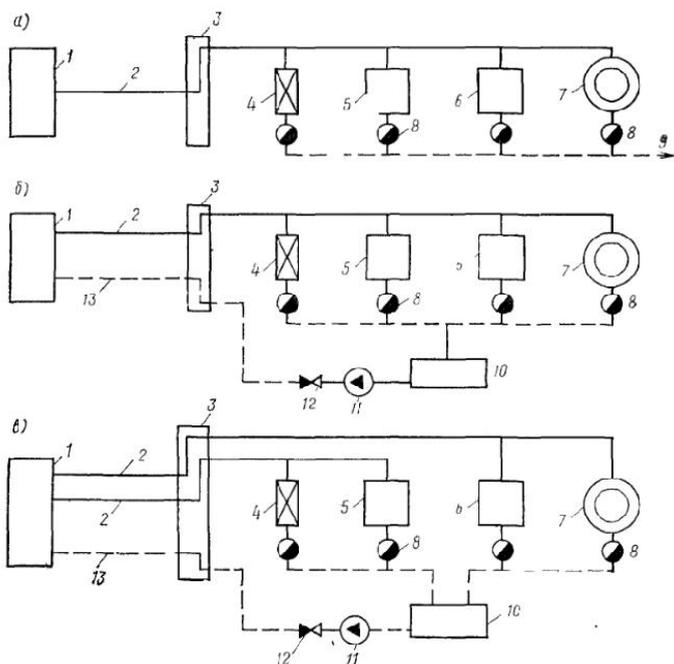


Рис. 2.7. Принципиальные схемы паровых систем теплоснабжения

а – однотрубной без возврата конденсата; б – двухтрубной с возвратом конденсата; в – трехтрубной с возвратом конденсата; 1 – источник теплоты; 2 – паропровод; 3 – абонентский ввод; 4 – калорифер вентиляции; 5 – теплообменник местной системы отопления; 6 – теплообменник местной системы горячего водоснабжения; 7 – технологический аппарат; 8 – конденсатоотводчик; 9 – дренаж; 10 – бак сбора конденсата; 11 – конденсатный насос; 12 – обратный клапан; 13 – конденсатопровод

В *однотрубной* паровой системе (рис. 2.7, а) конденсат пара не возвращается от потребителей теплоты к источнику, а используется на горячее водоснабжение и технологические нужды или выбрасывается в дренаж. Такие системы мало экономичны и применяются при небольших расходах пара.

Двухтрубные паровые системы с возвратом конденсата к источнику теплоты (рис. 2.7,б) имеют наибольшее распространение на практике. Конденсат от отдельных местных систем теплопотребления собирается в общий бак, расположенный в тепловом пункте, а затем насосом перекачивается к источнику теплоты. Конденсат пара является ценным продуктом: он не содержит солей жесткости и растворенных агрессивных газов и позво-

ляет сохранить до 15 % содержащейся в паре теплоты. Приготовление новых порций питательной воды для паровых котлов обычно требует значительных затрат, превышающих затраты на возврат конденсата. Вопрос о целесообразности возврата конденсата к источнику теплоты решается в каждом конкретном случае на основании технико-экономических расчетов.

Многотрубные паровые системы (рис. 2.7, в) применяются на промышленных площадках при получении пара от ТЭЦ и в случае, если технология производства требует пара разных давлений.

Затраты на сооружение отдельных паропроводов для пара разных давлений оказываются меньше, чем стоимость перерасхода топлива на ТЭЦ при отпуске пара только одного, наиболее высокого давления и последующего редуцирования его у абонентов, нуждающихся в паре более низкого давления. Возврат конденсата в трехтрубных системах производится по одному общему конденсатопроводу. В ряде случаев двойные паропроводы прокладываются и при одинаковом давлении в них пара в целях надежного и бесперебойного снабжения паром потребителей.

Число паропроводов может быть и больше двух, например при резервировании подачи с ТЭЦ пара разных давлений или при целесообразности подачи с ТЭЦ пара трех разных давлений.

На крупных промышленных узлах, объединяющих несколько предприятий, сооружаются комплексные водяные и паровые системы с подачей пара на технологию и воды на нужды отопления и вентиляции. На абонентских вводах систем кроме устройств, обеспечивающих передачу теплоты в местные системы теплоснабжения, большое значение имеет также система сбора конденсата и возврата его к источнику теплоты. Поступающий на абонентский ввод пар обычно попадает в распределительную гребенку, откуда непосредственно или через редукционный клапан (автомат давления «после себя») направляется к пользующим аппаратам.

Схемы сбора конденсата бывают открытыми и закрытыми. Наиболее простая открытая схема сбора конденсата представлена на рис. 2.8. По этой схеме конденсат от теплоиспользующего аппарата 2 проходит конденсатоотводчик 3, т.е. прибор, пропускающий жидкость и не пропускающий пара, и попадает в бак сбора конденсата 4, который через особую трубу 1 сообщается с атмосферой. Из бака конденсат насосом 5 перекачивается к источнику теплоты или в случае однотрубной системы направляется на использование потребителем.

Недостатками открытой схемы сбора конденсата являются:

- а) опасность поглощения конденсатом кислорода воздуха, что вызывает коррозию конденсатопроводов;
- б) потери в атмосферу пара вторичного вскипания и уходящей с паром теплоты.

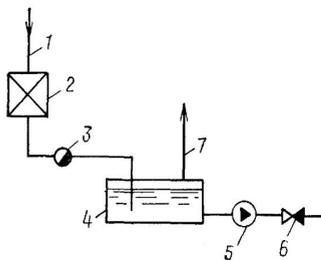


Рис 2.8. Открытая схема сбора конденсата

1 – паропровод; 2 – теплоиспользующий аппарат, 3 – конденсатотводчик; 4 – бак сбора конденсата; 5 – насос; 6 – обратный клапан, 7 – атмосферная труба

При давлении пара в теплоиспользующем аппарате 0,5 МПа (температура конденсата 151,11 °С) потери конденсата составляют 9,7%, а потери теплоты достигают 40,7%. В связи с этим открытые схемы сбора конденсата применяются редко – лишь при количестве конденсата менее 103 кг/ч и расстоянии до источника менее 500 м.

Наибольшее распространение на практике имеют закрытые схемы сбора конденсата.

При закрытых схемах сбора конденсата последний не поглощает кислорода воздуха; отсутствуют также непроизводительные потери конденсата и содержащейся в нем теплоты. Недостатком закрытых схем является их сложность, а также необходимость четкой увязки количества пара, выделяющегося в баке, с конденсационной способностью пароводяного подогревателя и потреблением нагреваемой в нем воды.

Паровые системы отопления промышленных зданий и калориферы вентиляции присоединяются к паровым сетям или непосредственно, если давление в сети не превышает допустимого для этих систем, или через редуктор.

Водяные системы отопления обычно присоединяются к паровым тепловым сетям через поверхностный теплообменник.

Местные системы горячего водоснабжения наиболее часто присоединяются к паровым сетям через поверхностные подогреватели. Возможен и смесительный подогрев в пленочных и струйных подогревателях. Недостатком смесительного подогрева является потеря такого ценного продукта, как конденсат пара.

Тепловой пункт паровой сети оснащается следующими контрольно-измерительными приборами:

- а) манометрами и термометрами самопишущими и показывающими на вводе паропровода после основных задвижек;
- б) манометрами показывающими перед редуционным клапаном и после него;
- в) манометром самопишущим и показывающим на магистральном конденсатопроводе;
- г) термометрами показывающими на трубопроводах редуцированно-го пара и на конденсатопроводе;
- д) расходомерами самопишущими на паропроводе при подключенной нагрузке 8 ГДж/ч и более.

2.5 Преимущества и недостатки систем теплоснабжения

Основным преимуществом открытых систем теплоснабжения является высокая эффективность теплофикации благодаря максимальному использованию низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ для нагревания большого количества подпиточной воды. В закрытых системах подпитка сетей не превышает 0,5% от объема сетевой воды, содержащейся в системе, поэтому возможности утилизации теплоты сбросной воды и продувки на ТЭЦ значительно ниже открытых систем. Но для подготовки подпиточной воды в открытых системах требуется более мощное оборудование химводоочистки и деаэрации.

Тепловые пункты открытых систем теплоснабжения проще и дешевле тепловых пунктов закрытых систем, так как на абонентских вводах вместо подогревателей устанавливаются только смесители горячего водоснабжения. Трудности эксплуатации водонагревателей с дефицитными латунными трубками часто являются определяющими причинами широкого распространения открытых систем.

На горячее водоснабжение в открытых системах расходуется деаэрированная сетевая вода, вследствие чего местные установки менее подвержены коррозии. В закрытых системах для уменьшения коррозии местных установок горячего водоснабжения требуется дополнительная затрата на оборудование для обработки водопроводной воды.

Открытые системы отличаются высокой нестабильностью гидравлических режимов, для повышения надежности теплоснабжения необходима установка аккумулирующих емкостей у источника теплоты или на абонентских вводах.

В ряде городов с открытым водоснабжением качество сетевой воды не всегда отвечает санитарным нормам. Требования к качеству воды по цветности и запаху нарушаются из-за недостаточной промывки систем отопления после ремонта, из-за неполной деаэрации подпиточной воды, особенно в РК. Сочетание открытой системы с независимой схемой присоединения отопительных установок этот недостаток устраняет, поскольку сетевая вода проходит только через подогреватель отопительной системы, не соприкасаясь с самой системой. Таким образом, выбор между открытой и закрытой системами может быть сделан исходя из норм качества холодной и горячей воды и затрат на теплоприготовительное оборудование источника теплоты и абонентских вводов.

Зависимая схема присоединения отопительных систем не требует установки теплообменников, что обеспечивает ей широкое распространение, особенно при централизованном теплоснабжении от РК. Однако зависимая схема имеет многие недостатки. При недостаточном давлении, не обеспечивающем не вскипание воды, и высокой температуре теплоносителя в элеваторах происходит интенсивное вскипание воды, сопровождаемое стуком и сотрясением труб. В случае повреждений тепловых сетей происходит опорожнение не только сетей, но и отопительных систем. При этом из-за опорожнения систем отопление прекращается во всех зданиях. Подобная аварийная уязвимость местных отопительных систем, присоединенных в МТП и ЦТП по независимой схеме, полностью устраняется. При авариях на магистральных участках сети квартальные сети и местные отопительные системы остаются заполненными водой, что сокращает срок ликвидации аварии.

Многолетняя практика теплоснабжения свидетельствует о многочисленности преимуществ водяного теплоносителя перед паровым в покрытии любых тепловых нагрузок, в том числе и некоторых технологических.

Водяной теплоноситель повышает эффективность теплофикации и централизованного теплоснабжения за счет лучшего использования низкопотенциальной теплоты на ТЭЦ, отсутствия потерь конденсата и сохранения его на ТЭЦ или в котельной. Меньшие потери тепловой энергии в сетях позволяют транспортировать сетевую воду на значительно большие по сравнению с паром расстояния (понижение температуры воды составляет менее 1°С на 1 км пути, а энергетический потенциал пара – его давление – уменьшается при транспортировании более значительно – в среднем на 0,1 ÷ 0,15 МПа на 1 км пути) . Высокая теплоаккумулирующая способность

воды и простота зависимого присоединения потребителей обеспечили водяным сетям широкое распространение в бытовом теплоснабжении.

Недостатки водяного теплоносителя объясняются: высокой плотностью, требующей дополнительных затрат электроэнергии на перекачку сетевой воды и создание больших давлений для заполнения нагревательных приборов, повышенной чувствительностью тепловых сетей к утечкам воды и авариям, малой скоростью перемещения по трубам.

Эти недостатки в паровых системах теплоснабжения отсутствуют. Благодаря высокой скорости движения, небольшой плотности пара и меньших утечек теплоносителя паровые сети в аварийных условиях длительное время могут работать без нарушения режимов теплоснабжения.

При выборе теплоносителя необходимо исходить из соотношения отопительно-бытовых и технологических нагрузок и назначения теплоносителя. В системах с преобладающей технологической нагрузкой, для покрытия которой требуется теплоноситель со среднегодовой температурой более 110°C, допускается использовать пар в качестве общего теплоносителя. Если среднегодовая температура потребного теплоносителя менее 110°C, то теплоснабжение должно обеспечиваться перегретой водой. В некоторых технологических процессах (нагрев насыпных материалов, пропарка древесины и др.) пар не может быть заменен водой, тогда необходимо учитывать местные возможности получения пара из сетевой воды.

Преимущества и недостатки одноконтурных и многоконтурных тепловых сетей зависят от климатического пояса, водных и грунтовых условий и многих других конкретных особенностей района, которые должны быть внимательно изучены при оценке экономических показателей избранной системы.

2.6. Схемы тепловых сетей

Схемы транспорта теплоты от источника до потребителей зависят от вида теплоносителя, взаимного размещения источника теплоты и потребителей и характера изменения тепловой нагрузки. На проектирование тепловых сетей большое влияние оказывает тепловая мощность источника и перспективы развития района теплоснабжения на ближайшие годы. Выбранная схема тепловых сетей вместе с высокой экономичностью затрат на исполнение должна отвечать современным требованиям срока службы и надежности эксплуатации.

Паровые сети проектируют в основном на площадках промышленных предприятий, где тепловая нагрузка сосредоточена на сравнительно небольших территориях, требующих прокладки паропроводов с несколькими ответвлениями к производственным цехам. Если технологические процессы допускают кратковременные перерывы потребления теплоты, достаточные для ликвидации аварии тепловых сетей, то на территории таких предприятий рекомендуется прокладка радиальных однострубных паропроводов (рис. 2.9). Прокладка конденсатопровода для возврата конденсата к источнику теплоты решается исходя из местных условий и особенностей технологического процесса.

Радиальные сети сооружаются с постепенным уменьшением диаметров труб в направлении от источника теплоты. Такие сети наиболее дешевы и просты в эксплуатации. Но при авариях на головных участках трубопроводов теплоснабжение за аварийным участком прекращается. Неудобны радиальные сети и при ремонте магистральных линий, так как на весь период ремонтных работ все потребители за ремонтируемым участком должны быть отключены. В этих случаях иногда применяют дублирование паропроводов, т. е. вместо одного паропровода прокладываются два паропровода с пропускной способностью каждого по 50%. Простые расчеты показывают, что при дублировании поверхность труб, а следовательно, и расход металла и стоимость сетей увеличиваются на 56 %.

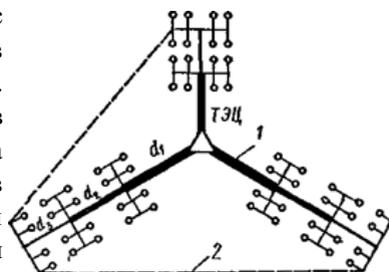


Рис. 2.9. Радиальные тепловые сети:

1 – магистральные трубопроводы; 2 – перемычки

Когда прекращения подачи теплоты на технологические цели недопустимы, для резервирования теплоснабжения на аварийном участке могут быть использованы радиально – кольцевые сети, которые отличаются от радиальных устройством перемычек 2 между радиальными магистралями 1. Резервирование по перемычкам в большинстве случаев оказывается малоэффективным из-за недостаточной пропускной способности перемычки, выполненной из трубы меньшего диаметра – $d_3 < d_1$

Водяные тепловые сети отличаются многочисленностью ответвлений и распределением тепловой нагрузки на больших территориях, большая подверженность водяных тепловых сетей авариям предъявляет высокие требования к соблюдению надежности теплоснабжения.

Радиальные водяные сети допускается сооружать при диаметрах магистральных трубопроводов до 700 мм со сроком ликвидации аварии до 24 ч. Перемычки в радиально-кольцевых сетях для водяного теплоносителя более целесообразны, чем для пара, так как с их помощью удобно решается подача сетевой воды на горячее водоснабжение во время летнего ремонта сетей на начальных участках.

Кольцевые сети (рис. 2.10) самые дорогие, поэтому сооружаются в крупных городах. Замкнутые трубопроводы удобны для объединения нескольких источников теплоты и благоприятны для оптимального распределения нагрузки по тепловым станциям и загрузке наиболее крупных и экономичных агрегатов.

Технико-экономические исследования специалистов показали, что до-

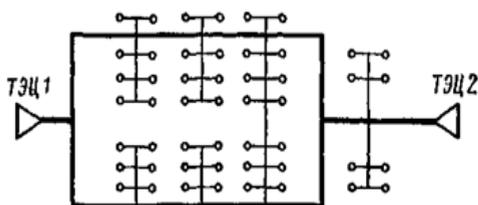


Рис.2.10. Кольцевые сети

полнительные затраты на сооружение кольцевых сетей, выполненных из труб постоянного диаметра, зачастую компенсируются снижением капитальных вложений на установку меньших суммарных резервов мощностей тепловых станций. Современные масштабы развития теплофикации

крупных промышленных центров требуют выноса источников теплоты далеко за черту города. Транспорт теплоты от загородных ТЭЦ по тепловым сетям большого радиуса действия нуждается в значительном повышении давления теплоносителя. Присоединение отопительно-бытовых потребителей к таким крупным системам по зависимой схеме становится недопустимым из-за непосредственной гидравлической связи тепловых сетей с отопительными приборами, имеющими невысокую механическую прочность.