

# ГЛАВА XII

## ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

### § XII.1. ОРГАНИЗАЦИЙ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Современное централизованное теплоснабжение представляет собой сложное энергетическое хозяйство, связанное с выработкой тепла и его реализацией. От согласованности действий каждого подразделения зависит бесперебойное теплоснабжение и безаварийная работа оборудования источников тепла, сетей и абонентских вводов по установленному графику. Эксплуатирующая организация обязана проводить технический надзор за строительством, пуском и наладкой систем теплоснабжения, разрабатывать и контролировать режимы отпуска тепла, обеспечивать профилактический ремонт оборудования и сетей, постоянно совершенствовать технико-экономические показатели всех звеньев хозяйства. Для выполнения этих мероприятий организуется служба эксплуатации.

Структура эксплуатационной службы зависит от единичной мощности и количества источников тепловой энергии, радиуса действия тепловых сетей и других местных факторов. В настоящее время определились три основные группы организации эксплуатационных служб: 1-я — объединяющая системы теплоснабжения общего пользования от коммунальных или промышленных ТЭЦ вместе с присоединенными к ним пиковыми котельными районов; 2-я — отдельные системы квартального и районного теплоснабжения от квартальных и районных котельных; 3-я — отдельные системы теплоснабжения от местных и небольших квартальных котельных.

В 1-й высшей группе все элементы систем теплоснабжения (источник энергии, тепловые сети, потребители) принадлежат различным предприятиям и хозяйствам со своими организационными формами управления. Во 2-й группе источник тепловой энергии и тепловые сети принадлежат предприятиям объединенных котельных и тепловых сетей (ПОК и ТС), в ведении которых находится распределение и контроль использования тепловой энергии различными жилищно-коммунальными учреждениями. В 3-й группе вся система теплоснабжения принадлежит жилищным отделам или предприятиям различных ведомств.

Службы эксплуатации 2-й и 3-й групп в своей деятельности подчиняются районным Советам народных депутатов городов. Исключение могут представлять промышленные предприятия с собственными источниками тепловой энергии, которые располагают квалифицированными кадрами. В этом случае эксплуатация системы теплоснабжения передается одному из подразделений главного энергетика предприятия.

Высшая форма организации службы эксплуатации создается в крупных культурных и промышленных центрах, имеющих несколько ТЭЦ, объединенных разветвленной тепловой сетью. В них создаются предприятия тепловых сетей, называемые Теплосетью, подчиненные районному энергетическому управлению. Теплосеть, получая тепло от ТЭЦ, осуществляет руководство транспортом тепловой энергии по наружным тепловым сетям, распределением его по тепловым пунктам и контролем за использованием тепла потребителями.

Деятельность предприятия Теплосети распространяется на внешние тепловые сети в пределах границ обслуживания. Границы обслуживания определяются выходными задвижками на ТЭЦ и входными задвижками в местных или центральных тепловых пунктах.

По структуре предприятие Теплосети состоит из трех подразделений: административное, производственное и эксплуатационное (рис. XII.1).

Административный аппарат выполняет общее руководство всей деятельностью предприятия. Непосредственную разработку мероприятий производит производственная служба, а непосредственное обслуживание систем теплоснабжения — служба эксплуатации.

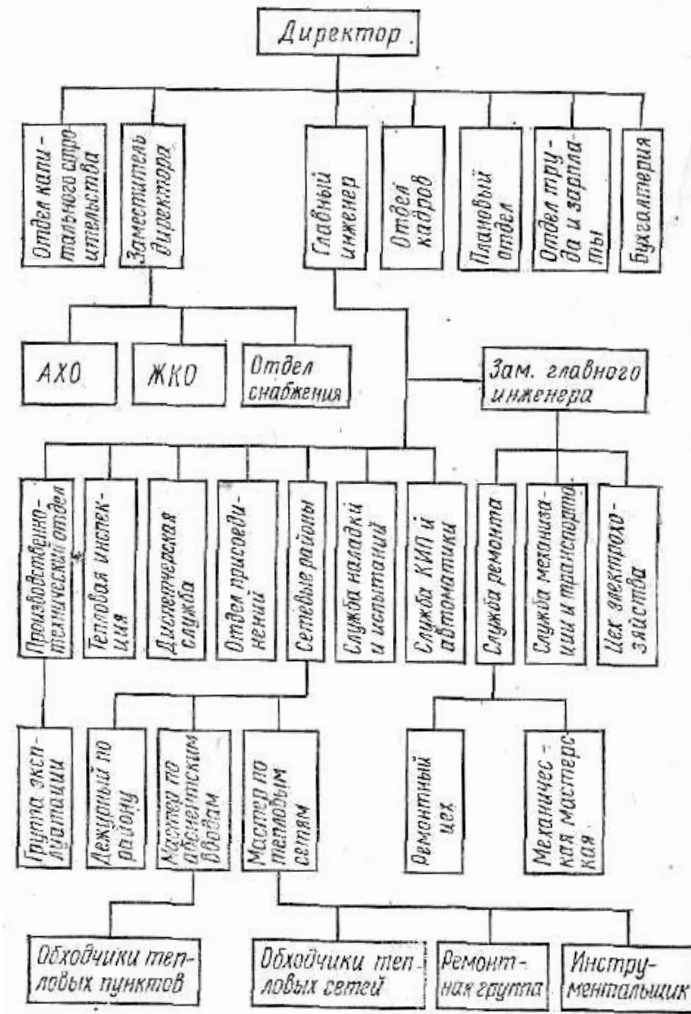


Рис. XII.1. Структура управления Теплосети

*Производственно-технический* отдел осуществляет многостороннюю деятельность, направленную на совершенствование режимов теплоснабжения, повышение надежности и экономичности работы сетей и оборудования. В отделе разрабатываются программы испытания и наладки систем теплоснабжения, составляются инструкции по эксплуатации оборудования и технической подготовке обслуживающего персонала. На основе обобщения данных эксплуатации отдел разрабатывает предложения по техническому перевооружению системы теплоснабжения.

*Тепловая инспекция* выполняет контроль использования тепла и состояния теплоиспользующих установок.

*Отдел присоединений* производит учет присоединенных абонентов и решает вопросы о подключении к сетям новых объектов.

*Служба наладки и испытаний* производит все наладки и испытания после монтажа новых и ремонта действующих сетей и оборудования. В период эксплуатации служба организует эксплуатационные испытания систем теплоснабжения. Производственная лаборатория службы занимается вопросами анализа сетевой воды, конденсата; контролирует состояние теплопроводов и разрабатывает мероприятия по борьбе с коррозией.

*Служба КИП и автоматики* ведает обслуживанием, ремонтом и наладкой приборов учета тепла, регуляторов и других контрольно-измерительных приборов сетей и тепловых пунктов.

*Служба ремонта* занимается составлением планов и графиков проведения ремонтов, заявок на материалы, оборудование и механизмы. Персонал ремонтного цеха занимается выполнением капитальных ремонтов сетей во всех районах. Для уменьшения штата рабочих цеха и улучшения их занятости в зимний период, когда не ведутся капитальные работы, эти рабочие привлекаются на ремонтные работы в сетевых районах. В механической мастерской централизованно заготавливают запасные части и монтажные детали, необходимые для ремонта тепловых сетей.

*Служба механизации и транспорта* предназначены для обеспечения службы ремонта и сетевых районов транспортом и механизмами специального назначения во время ремонтов эксплуатации. В экстренных случаях по указанию диспетчера служба механизации принимает участие в ликвидации аварий.

*Цех электрохозяйства* занимается монтажом и эксплуатацией электрокабелей, электрических приводов арматуры, электрического оборудования насосных подстанций, устройством средств электрической защиты и освещения. Персонал цеха обеспечивает дежурство электриков, а также ремонт электрооборудования.

*Диспетчерская служба* осуществляет общее оперативное руководство эксплуатацией, координирует режимы отпуска тепла на тепловых станциях и его потребления в сетевых районах. Служба разделяется на группу режимов и оперативную группу. Группа режимов разрабатывает режимы приготовления тепла, графики температур, давлений и расходов теплоносителя и др. В Состав оперативной группы входят центральный диспетчерский пункт ЦДП и районные дежурные пункты РДП. На ЦДП возлагаются важнейшие функции деятельности: а) разработка режимов загрузки теплоприготовительного оборудования источников тепла и контроль их исполнения; б) контроль параметров и распределения теплоносителя в тепловых сетях; в) наблюдение за подключением новых сетей; г) руководство действиями обслуживающего персонала тепловых станций и сетевых районов при регулировании режимов потребления тепла, по обнаружению и ликвидации аварий и др.

ЦДП имеет прямую телефонную связь с РДП и ТЭЦ, а крупные теплосети — средства дистанционного управления, позволяющие контролировать работу тепловых пунктов на больших расстояниях от места управления. Поступающая информация и указания, выдаваемые диспетчером ЦДП, регистрируются в оперативном журнале и книге распоряжений, а изменения тепловых и гидравлических режимов заносятся в суточные диспетчерские графики. Данные этих документов анализируются и впоследствии используются для улучшения технико-экономических показателей теплоснабжения. Дежурный диспетчер должен в совершенстве изучить работу всей системы теплоснабжения и безошибочно ориентироваться в изменениях гидравлических режимов тепловых сетей. При авариях диспетчер принимает решение по изменению режимов загрузки оборудования и схемы работающей сети, по отключению поврежденных участков сети. Организует и направляет действия дежурного персонала станции и сетевых районов в поиске мест повреждения. В некоторых случаях в распоряжение диспетчера ЦДП придается аварийная бригада со всеми необходимыми механизмами и приспособлениями. Централизованная аварийная служба способствует быстрее локализации аварии.

*Сетевые районы* являются основными производственными подразделениями предприятия, непосредственно занимающимися эксплуатацией сетей в пределах отведенных границ обслуживания. Штат руководящих работников и обслуживающего персонала устанавливается в зависимости от размеров районов, количества теплофикационных камер, тепловых пунктов, насосных подстанций и абонентских вводов.

Сетевые районы имеют свои районные диспетчерские пункты РДП, оснащенные необходимым количеством указывающих, регистрирующих и регулирующих приборов, позволяющих вести постоянный контроль за режимами работы сети и теплопотребляющих установок.

В помещении РДП должна находиться оперативная схема сетей района, на ней указываются длины участков сети, диаметры трубопроводов, номера тепловых пунктов и абонентских вводов.

Все работы в районе выполняются обходчиками тепловых сетей и абонентских вводов под руководством мастеров. Количество групп обходчиков назначается по штатному расписанию. Слесарь-обходчик является ответственным за состояние и работу сетей, оборудования и приборов в камерах, подстанциях и контрольно-распределительных пунктах, поэтому обязан производить регулярное наблюдение на закрепленном участке. Периодичность обхода и обязанности обходчиков указываются в инструкции по эксплуатации. Результаты каждого обхода регистрируются в рапорте. В рапорте указываются проверенные во время обхода участки сети, камеры, тепловые пункты, параметры теплоносителя в контрольных точках, обнаруженные дефекты и работы, выполненные обходчиком. Дефекты, требующие устранения, заносятся мастером в журнал дефектов с указанием срока ремонта.

Сложная структура Теплосети требует четкого взаимодействия всех подразделений и служб. Казалось бы, что согласованные действия всех служб удобнее всего осуществить под контролем единого учреждения, которому принадлежит вся система теплоснабжения, как это имеет место в 3-й группе эксплуатационной службы. В действительности наблюдается обратное: третьей форме организационной структуры присущи низкая культура обслуживания, низкие технико-экономические показатели работы системы. В небольших разобщенных системах теплоснабжения, принадлежащих различным ведомствам, из-за низкой квалификации обслуживающего персонала крайне медленно внедряются научно-технические достижения передовых хозяйств, слабо выполняются указания по экономии тепла и расходованию материалов. Часты нарушения режимов регулирования и правил эксплуатации. В этих условиях эксплуатации невозможно соблюдение норм охраны окружающей среды. Мелкие теплоснабжающие хозяйства пока еще сохраняются во многих районах страны и в них вырабатывается значительная доля тепловой нагрузки (см. табл. II.1).

Создание предприятий объединенных котельных и тепловых сетей, производственных управлений и других объединений позволило значительно повысить технический уровень эксплуатации городского теплоэнергетического хозяйства местных Советов народных депутатов, уменьшить число неэкономичных котельных, находившихся в ведении различных организаций. Реорганизация управления создала условия для повышения квалификации обслуживания и снижения уровня эксплуатационных затрат. За время работы объединенных коммунальных теплоэнергетических предприятий существенно улучшился контроль за качеством ремонта котельного оборудования и тепловых сетей, созданы современные производственно-технические базы.

Основная задача эксплуатации состоит в повседневном повышении культуры обслуживания сетей и обеспечении непрерывного прогресса техники теплоснабжения. Это обязывает все производственные службы Теплосети исходить из научной организации труда, систематического изучения и обобщения результатов своей деятельности.

## **§ XII.2. ТЕХНИЧЕСКИЙ НАДЗОР И ПРИЕМКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Контроль качества выполнения строительно-монтажных работ в течение всего периода строительства является залогом надежности сооружения, поэтому служба эксплуатации обязана производить технический надзор с самого начала строительства на всех стадиях готовности объекта. Технический надзор возлагается на комиссию из представителей сетевого района, проектной и строительно-монтажной организаций и теплоснабжающей станции. Тепловые сети с рабочим давлением более 1,6 МПа и температурой теплоносителя свыше 115°С при диаметре трубопроводов более 100 мм принимаются в эксплуатацию с участием инспектора Госгортехнадзора и подлежат регистрации в этих органах.

Комиссия по техническому надзору за строительством и по приемке объектов теплоснабжения должна руководствоваться правилами проектирования, строительства и эксплуатации, регламентированными в следующих основных инструкциях и нормативных указаниях: «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей» (Энергия, 1977), «Правила пользования электрической и тепловой энергией» [22], «Строительные нормы и правила» [32, 33], «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» [23], «Инструкция по эксплуатации тепловых сетей» [13], «Правила техники безопасности при обслуживании тепловых сетей» [21].

*Надзор и приемка тепловых сетей* осуществляется по техническим условиям проектов, согласованных с теплосетью или с ПОК и ТС. Комиссия обязана требовать от исполнителей работ строгого соблюдения всех норм строительства и проектных решений. Надзор проводится по всем видам строительных и монтажных работ в порядке их выполнения: разбивка трассы; устройство основания трассы, продольного дренажа, электрической защиты; сварка труб, размещение опор, растяжка компенсаторов, тепловая изоляция; промывка и испытания сетей; перекрытие каналов, засыпка и планировка грунта, а также другие операции, предусмотренные проектом или инструкцией [13]. Поэтапные результаты надзора оформляются актами приемки установленной формы [13], дающими разрешение на выполнение всех последующих работ. На все обнаруженные отступления от проекта должны быть получены согласования проектных организаций.

Высокие требования должны предъявляться прежде всего к качеству поставляемых строительных материалов и монтажных изделий. Технический надзор и приемка материалов и оборудования производятся по сертификатам заводов-изготовителей. Данные сертификатов должны соответствовать проектным решениям. Строительные конструкции (каналы, камеры, эстакады, стойки и другие элементы) рассчитаны на длительный срок службы, поэтому при их приемке особое внимание обращается на отсутствие брака, возникшего при транспортировке, на тщательность подгонки и сборки узлов. Укладка лотков или сборных плит каналов на плохо утрамбованную постель может привести к просадке днищ, провисанию трубопроводов, при которых нарушается герметичность каналов и возникает перенапряжение сварных стыков труб. Продольный дренаж эксплуатируется без ремонта обычно 2—3 года, поэтому его сооружение должно быть надежным и удобным для повсеместной чистки системы.

Точность установки компенсаторов, фланцев, запорно-регулирующей и дренажной арматуры, правильное размещение сварных стыков, опор на трубопроводе и относительно опорных строительных конструкций является важнейшим условием надежности теплопровода.

Монтаж сальниковых компенсаторов проверяется на отсутствие перекосов подвижных стаканов в корпусе и наличие достаточного свободного хода стакана. Качество сальникового уплотнения и плотность набивки проверяются выборочной разборкой установленных компенсаторов. При П-образной компенсации температурных удлинений внешним осмотром оценивается качество сварных швов, допустимый радиус изгиба колен. Компенсирующую способность можно проверить контрольной выборочной резкой трубопровода перед компенсатором, при которой разрезанные концы труб должны разойтись на величину предварительной растяжки. Компенсаторы монтируют после закрепления трубопровода в неподвижных опорах; на участке врезки компенсатора между торцами труб оставляется разрыв, равный длине растянутого компенсатора. При надзоре проверяют расстояние разрыва и длину нерастянутого компенсатора. Качество монтажа компенсаторов оформляют актами приемки.

Во время монтажа скользящие опоры на трубопроводе должны быть сдвинуты в сторону неподвижной опоры (см. рис. VIII.8) на величину перемещения, указанную для каждой опоры в проекте, в зависимости от температуры наружного воздуха.

Исправную запорную, регулирующую и дренажную арматуру проверяют по допустимому условному давлению и на свободное плотное закрытие. В отдельной арматуре исследуют сальниковую набивку, качество пропитки набивочного материала, сверяют с проектом соблюдение мест размещения арматуры и правильность расположения маховика. Особое внимание уделяют прочности закрепления фланцевой арматуры на трубопроводе. Перекос фланцев при сварке вызывает перенапряжение фланцевого соединения и неравномерное обжатие прокладки, что является причиной аварии. На полностью затянутом фланцевом соединении резьбы всех болтов должны выступать из гаек на 2—3 витка.

Контроль теплоизоляционных работ проводится путем замеров толщины слоя, равномерности уплотнения материала, прочности бандажного крепления. Теплофизические свойства изоляционного материала проверяются лабораторным анализом проб.

Недоступные для внешнего осмотра сварные стыки, опоры и другие элементы контролируются в процессе выполнения этих работ. На сварные стыки теплопроводов бесканальной прокладки составляют исполнительную схему с указанием привязочных размеров стыка относительно видимых наземных объектов.

Наряду с контролем качества работ осуществляют технический надзор за соблюдением допустимых свободных зазоров между конструкциями и строительными ограждениями, правил компоновки каналов и камер. Все отступления от проекта и допущенные неисправности заносятся в дефектную ведомость с указанием сроков и способов устранения.

По окончании строительно-монтажных работ теплопровод пускается в пробную эксплуатацию с целью наладки, опробования и проведения необходимых испытаний на прочность. Прием и сдача сети в промышленную эксплуатацию оформляются актом с приложением к нему документов: а) исполнительных чертежей теплотрассы со всеми дополнительными устройствами; б) актов ревизии и испытаний; в) паспортов магистрали, арматуры, приборов контроля; г) сертификатов на трубы и изделия; д) актов лабораторных исследований сварки, теплоизоляции, качества воды; е) строительных чертежей сооружения.

*Надзор и приемка тепловых пунктов, абонентских вводов и подстанций.* Постоянный надзор позволяет предупредить отступления от проектных решений, которые в ряде случаев ведут к переделкам, срыву сроков строительства и в итоге к удорожанию сооружения.



Внешним осмотром комиссия устанавливает качество работ, наличие свободных проходов и площадок для текущего ремонта оборудования. При приемке насосов, электродвигателей, подогревателей и различных емкостей сверяют паспортные характеристики установленного оборудования с данными, принятыми в проекте. Осматривают внешний вид установленного оборудования и закрепление на фундаменте. Теплообменники и емкости проверяют на плотность заливом водой под давлением, при необходимости производят пробный пуск с целью определения бесшумной работы агрегатов. Проверяют правильность установки запорно-регулирующей арматуры, грязевиков по отношению к направлению потока воды. Указывающие и регистрирующие контрольные приборы должны располагаться на высоте, удобной для наблюдения с отметки обслуживания.

Поверхность тепловой изоляции в пределах теплового пункта подлежит окраске в условные цвета. Приемочная комиссия должна следить за тем, чтобы окраска производилась после опрессовки оборудования по хорошо подготовленной и просушенной поверхности изоляции.

Тепловой пункт является местом постоянного нахождения обслуживающего персонала, поэтому требования технического надзора должны быть повышенными не только к качеству монтажа, но и к качеству отделочных работ внутри помещения.

### **§ XII.3. ПУСК СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Пуск систем теплоснабжения в промышленную эксплуатацию производит пусковая бригада по программе, составленной руководителем приемочной комиссии. Программа пуска перед исполнением передается дежурным по ЦДП и РДП. В программе содержится пусковая схема сети с описанием планов пуска теплопроводов и расстановки рабочих.

За основу пусковой схемы принимается исполнительная схема вновь сооруженной или действующей тепловой сети. Для организованного проведения пусковых операций тепловая сеть разделяется на секционные участки. Для каждого секционного участка на пусковой схеме сетей указывается емкость, необходимая для расчета времени заполнения участка, отмечается расположение грязевиков, задвижек на ответвлениях, П-образных и сальниковых компенсаторов, камер с размещенными в них приборами и дренажной арматурой, неподвижных опор. В плане пуска сетей указывается очередность и правила заполнения секционных участков, а также продолжительность выдержки давления в различные периоды.

Планом расстановки рабочих предусматривается закрепление наблюдателей за состоянием компенсаторов, опор, воздушных и спускных устройств, контрольных приборов. Согласованность действий обслуживающего персонала в период пуска организуется руководителем работ. К пуску приступают после получения разрешения дежурного сетевого района. О ходе пусковых операций руководитель пусковой бригады докладывает дежурному по району, который отмечает в оперативном журнале время проведения отдельных операций, показания приборов и состояние оборудования и другие данные. Пуск тепловых сетей складывается из операций наполнения, промывки, прогрева и испытания. Правила и последовательность выполнения этих работ зависят от назначения тепловых сетей, способа прокладки и времени пуска.

*Пуск водяных тепловых сетей* начинается с наполнения секционного участка водопроводной водой, нагнетаемой в обратную магистраль под напором подпиточного насоса (рис. XII.2). В теплое время года сети наполняются холодной водой. При температуре наружного воздуха ниже  $+ 1^{\circ}\text{C}$  во избежание замерзания воды рекомендуется нагревать ее до  $50^{\circ}\text{C}$ .

В период заполнения на обратном трубопроводе перекрываются все спускные краны и задвижки на ответвлениях, открытыми остаются лишь воздушники. При появлении в воздушниках воды без пузырьков воздуха воздушные краны закрывают, затем периодическим открыванием (через 2—3 мин) воздушников производится выпуск скоплений воздуха. По окончании заполнения обратной линии открываются задвижки на перемычке и аналогичным, образом производится заполнение подающего трубопровода секции.

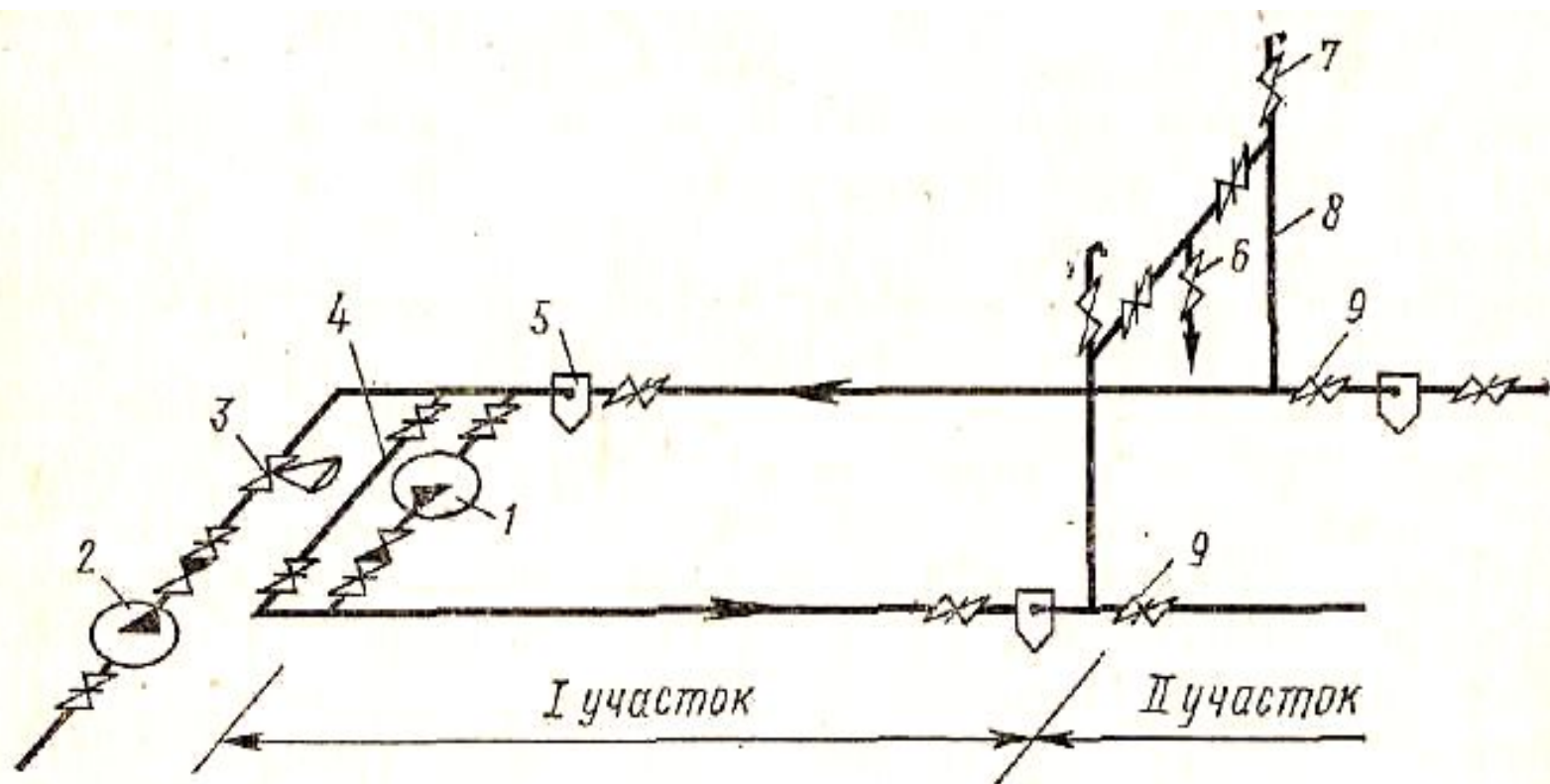


Рис. XII.2. Схема размещения пусковых устройств в тепловой сети:

1 — сетевой насос; 2 — подпиточный насос; 3 — регулятор подпитки; 4 — перемычка  
 сетевого насоса; 5 — грязевик; 6 — дренажный вентиль; 7 — воздушный вентиль;  
 8 — сетевая перемычка; 9 — секционная задвижка

После заполнения всей секции производится двух-трехчасовая выдержка для окончательного удаления воздушных скоплений. Заполнение распределительных и квартальных сетей производится после заполнения магистральных трубопроводов, а ответвлений к зданиям — после заполнения распределительных и квартальных сетей. Заполнение тепловых сетей с насосными подстанциями производится через обводные трубопроводы.

Следующей пусковой операцией является опрессовка на плотность и прочность (см. § XII.5), которая проводится последовательно на всех подготовленных к пуску секционных участках. После испытания прочности системы приступают к промывке трубопроводов от грязи, окалины и шлама, занесенных в трубопровод во время монтажных или ремонтных работ.

Промывку осуществляют в две стадии: черновую и чистовую. Черновой промывкой удаляются легкие взвеси, для этого трубопроводы подключаются к водопроводной линии с давлением до 0,4 МПа. Под этим напором взмученная вода, оставшаяся в трубах после опрессовки, вытесняется через открытые дренажи. Полное удаление всех загрязнений производится чистовой промывкой водой из городского водопровода, нагнетаемой в трубопроводы со скоростью 3—7 м/с сетевыми насосами. При подземной прокладке сетей вымывание грязи, крупных частиц окалины и песка производится через открытые дренажи и, грязевики, установленные на секционном участке в конце подающего и обратного трубопроводов. При надземной прокладке чистовую промывку производят в процессе наладки теплопроводов, используя для этой цели станционные и абонентские грязевики. По мере скопления шлама гидравлическое сопротивление грязевиков возрастает, для их чистки необходима остановка циркуляции с перекрытием задвижек с обеих сторон от грязевика. Признаком окончания чистовой промывки может служить установившееся постоянное гидравлическое сопротивление грязевиков. После чистовой промывки грязевики демонтируют или удаляют из них сетки.

В зависимости от протяженности сетей промывка может производиться сразу на всей длине магистрали или на отдельных участках с последовательным включением каждого последующего участка после промывки предыдущего, используя при этом циркуляцию воды через сетевые перемычки.

Общий расход воды на гидравлические испытания и промывку составляет примерно две-три емкости теплопровода. Промывка сетей даже при больших, скоростях циркуляции не обеспечивает надлежащей чистки труб. Для сокращения расходов промывочной воды и улучшения чистоты

труб особенно большого диаметра  $Dy > 500$  мм применяется гидропневматическая промывка, которая осуществляется нагнетанием в воду сжатого до 0,3 МПа воздуха через несколько дренажных устройств. Сжатый воздух перемешивает в воде осевшие окалину, песок и с повышенной скоростью выбрасывает их через другие спускные краны. В связи с возможными гидравлическими ударами в сети при гидропневматической промывке принимаются повышенные меры предосторожности. В момент впуска воздуха в трубопровод с водой не допускается пребывание наблюдателей в каналах и камерах. По окончании барботажа воздуха должен проводиться непрерывный контроль за состоянием всех элементов трубопроводов. Места сброса водовоздушной смеси должны быть ограждены от посторонних лиц. Промывка ведется до полного осветления воды, по мере осветления качество ее контролируется лабораторным анализом. В конце чистовой промывки сети заполняют химически очищенной водой. Сети с открытым водоразбором перед заполнением сетевой водой подвергаются дополнительной санитарной обработке против бактериальных загрязнений по действующим нормам Госсанинспекции. Сеть дезинфицируется добавлением в воду активного хлора в количестве 20—40 мг/л, с выдержкой не менее 24 ч, остаточное содержание хлора в воде должно быть не менее 1 мг/л. Затем вода спускается, и сеть подвергается повторной промывке питьевой водой, нагретой до 70°C.

После некоторого периода циркуляции воды (через грязевики), необходимого для проверки состояния компенсаторов, опор, арматуры, производится подключение стационарных подогревателей для подогрева сетей. Операция подогрева проводится медленно, скорость разогрева воды в подающем трубопроводе не должна превышать 30°C в час. При постепенном прогреве сети до рабочей температуры наблюдатели, ведут тщательный надзор за работой компенсаторов, состоянием уплотнений, и теплоизоляции, за перемещением опор. Мелкие дефекты (утечки через дренажи, воздушники, уплотнения сальников) устраняются в процессе прогрева, так как со временем обнаруженные неисправности могут увеличиться. Для выправления крупных неисправностей необходима остановка сети.

После устранения дефектов теплопровод пускается в 72-часовую контрольную эксплуатацию, во время которой продолжается периодический выпуск воздуха через все воздушники. Задвижки на сетевых переключках закрываются, а вода из переключки между задвижками во избежание ее замерзания сливается. Если во время контрольной эксплуатации не будут обнаружены нарушения работы, сеть сдается в постоянную эксплуатацию.

При наличии насосных подстанций на обратных трубопроводах насосы должны включаться в работу до включения потребителей тепла. Насосы подстанций на подающих трубопроводах должны включаться после включения абонентских вводов для постепенного увеличения располагаемого напора в сети.

При выполнении всех работ обслуживающий персонал должен иметь ватную спецодежду и рукавицы во избежание случайных ожогов. Вблизи работающего теплопровода могут находиться только выделенные для пуска люди, прошедшие инструктаж по технике безопасности и хорошо знающие правила работы с горячими трубами и оборудованием.

Операции пуска конденсатопроводов выполняют аналогичным образом. Для предупреждения конденсации влаги на поверхности трубопровода и тепловой изоляции независимо от времени года заполнение и промывку производят водой с температурой не ниже 45°C. В конце промывки конденсатопровод немедленно заполняют конденсатом или химически очищенной водой для контрольной промывки. Во время контрольной промывки проверяют качество исходного и сбрасываемого в дренаж конденсата. Контрольную промывку ведут до установления требуемого солесодержания в конденсате.

*Пуск паропроводов* зависит от размеров сети. Разветвленные паропроводы большой протяженности пускаются вначале на магистральных участках, затем поочередно пускаются ответвления. Пуск паропроводов начинается с гидравлической опрессовки на прочность и плотность. Слив опрессовочной воды используется для черновой промывки паропровода. Чистовую промывку паропроводов водой не применяют, ее заменяют продувкой паром. Продувка холодных паропроводов без предварительного его прогрева не допускается из-за опасности конденсации и гидравлических ударов, поэтому операция наполнения преследует прогрев паропровода. Впуск пара на прогрев паропровода производят после полного удаления опрессовочной воды через пусковые и постоянные дренажи.

Прогрев начинают медленным открытием головных задвижек на ТЭЦ. На паропроводах большого диаметра для этих целей используют байпасные линии на задвижках. Небольшой расход пара в начале прогрева (предупреждает захват конденсата паром, ведущий к гидравлическим ударам большой силы, и деформацию трубопровода, так как в наполняемом паропроводе в первую очередь нагревается верхняя часть трубы, которая стремится изогнуть трубопровод дугой кверху. С появлением из пусковых дренажей сухого пара, свидетельствующем о завершении прогрева, дренажи закрываются. Затем паропровод некоторое время выдерживают под небольшим избыточным давлением.

Это время используется для проверки состояния трубопроводов и ликвидации обнаруженных дефектов. Убедившись в надежности конструкции, производят выпуск пара с максимальной скоростью, необходимой для захвата мелких и крупных частиц грязи, окалины и выброса этого шлама «на вылет» через концевые продувочные штуцера или специальные установленные концевые задвижки.

Для сокращения расхода пара на очистку труб от окислов железа рекомендуется присадка 1%-ного раствора едкого натра (каустика). Дозировка каустика производится через воздушники на головном участке паропровода в период прогрева.

После продувки паропровод переводится на расчетный режим работы. В процессе пуска естественно ожидать ослабления болтовых соединений, плотности сальников, засорения дренажных устройств. Все неисправности устраняют после пуска, поэтому на некоторое время организуется более частый обход трассы.

*Пуск тепловых пунктов, подстанций и вводов* сводится к испытанию плотности и прочности оборудования и трубопроводов. Проверку плотности и прочности производят гидравлической опрессовкой, выполняемой в теплое время года, когда температура в помещении не ниже +5°C. Перед опрессовкой тепловые пункты отключают от тепловой сети путем закрытия входной арматуры и установки заглушек во фланцевые соединения за арматурой.

После гидравлического испытания тепловой пункт вместе с местной системой промывают водопроводной водой до полного осветления и затем воду сливают полностью. Тепловые пункты заполняют сетевой водой по пусковому графику, которым устанавливается очередность подключения абонентов. Заполнение осуществляют плавным открытием запорной арматуры на обратном трубопроводе. С появлением воды в воздушных кранах их закрывают, потом медленно открывают запорную арматуру на подающем трубопроводе.

Наполнение местных систем через обратный трубопровод предотвращает разрушение радиаторов высоким давлением воды в подающем трубопроводе. В тех случаях, когда статическая высота потребителей превышает давление в обратном трубопроводе, окончательное заполнение вводов производят из подающих трубопроводов при частично открытой арматуре на обратном трубопроводе ввода. Необходимое избыточное давление регулируется последующей настройкой регулятора подпора или дроссельных шайб на обратном трубопроводе.

## § XII.4. НАЛАДКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Нормальная работа источника тепла, сетей и потребителей требует постоянного контроля за состоянием оборудования и соблюдением режимов отпуска тепла заданных параметров. Задача наладки заключается в том, чтобы обеспечить бесперебойное приготовление тепла при всех режимах нагрузки и установить максимальное соответствие между выработкой тепла и его потреблением. Согласованная загрузка всех звеньев системы теплоснабжения достигается наладкой.

Режим отпуска тепла планируется на основе суточных и годовых графиков нагрузки. Суточные графики составляет диспетчерская служба теплосети по предварительным прогнозам погоды и выдает на станцию за сутки до исполнения. Суточный график является заявочным документом, в котором указываются параметры и часовые нормы расхода теплоносителя всему району и норма загрузки теплофикационного оборудования. При составлении заявочных графиков нормы отпуска тепла жилищно-бытовому потребителю корректируются по данным теплотребления этого района за прошедшие годы. Заявочные режимы работы станционного оборудования корректируются также в оперативном порядке по получении диспетчером информационных сообщений от дежурных по сетевым районам и уточнению сводки погоды.

Обслуживающий персонал тепловой станции обязан строго соблюдать заявочные режимы и контролировать параметры теплоносителя, поскольку недогрев сетевой воды приводит к уменьшению температуры в помещении, а возврат сетевой воды с высокими температурами создает перерасход электроэнергии на перекачку теплоносителя. Отклонения от расчетных температур воды в подающем и обратном трубопроводах допускаются в пределах  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Всякие нарушения режимов отпуска и потребления тепла учитываются при финансовых расчетах между станцией и потребителями.

При наладке режимов теплоснабжения необходимо учитывать неодинаковые условия доставки тепла на различные расстояния. В сетях большой протяженности при регулировании режимов потребители вблизи станций начинают получать тепло новых параметров значительно раньше дальних потребителей. Это запаздывание, определяемое временем перемещения теплоносителя от источника к концу сети, при небольшой скорости воды (до 2 м/с) может составлять продолжительное время. В таких случаях для предупреждения перерасхода тепла у головных потребителей и нехватки тепла у конечных потребителей (или наоборот) центральное регулирование должно корректироваться местным регулированием. Начало местного регулирования в различных сетевых районах координируется диспетчером ЦДП. Продолжительность движения теплоносителя до характерных точек сети определяется при наладке. Наладка может производиться после сооружения новых сетей или ремонта действующих, такая наладка называется пусковой. Во время эксплуатации сетей наладка применяется с целью улучшения режимов потребления тепла.



Пусковая наладка необходима для обеспечения расчетного распределения теплоносителя в многочисленных ответвлениях сетей и экономической работы теплотребляющих установок. Если на вводах имеются автоматические регуляторы, задача пусковой наладки сводится к настройке регуляторов расхода на пропуск расчетных расходов воды при расчетном гидравлическом режиме сетей. При отсутствии абонентских регуляторов наладку производят различными методами. Один из них, называемый программным, предусматривает наладку режимов путем последовательного подключения потребителей к сети. Пусковое регулирование сетей по программному методу осуществляется по плану очередности подключения абонентов. Наиболее простое регулирование достигается последовательным подключением абонентов к трубопроводу от начала сети к ее концу или от источника тепла к концу сети.

Для каждого абонента устанавливается определенный расход, который зависит от числа подключаемых абонентов, нормы расхода подключения к сетям. Пусковые расходы на вводе рассчитываются по расчетному расходу воды и отключения от сетей абонентов. В мере включения последующих абонентов пусковые расходы на вводе, после включения последнего абонента у всех потребителей остаются постоянными. Расчет наладки сети программным методом

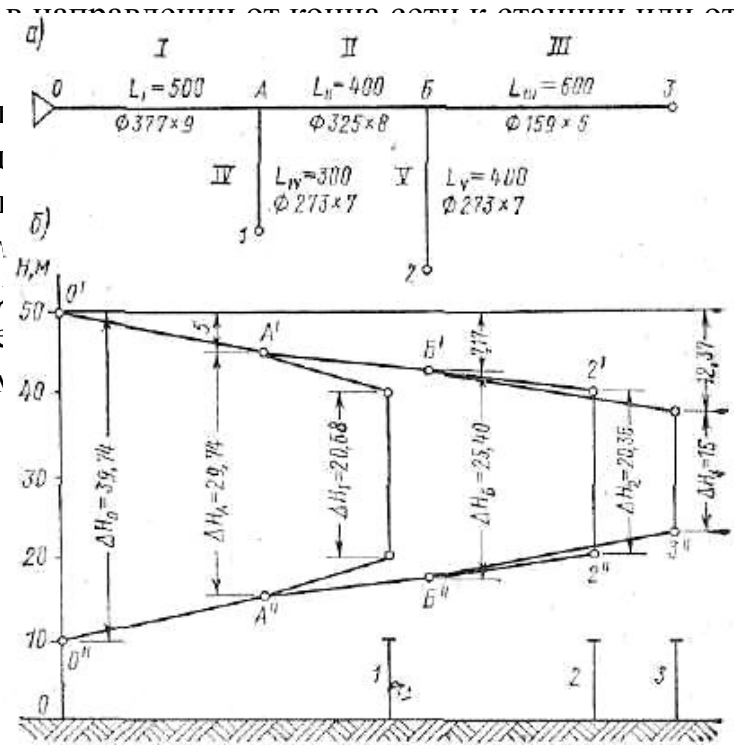


Рис. XII.3. Расчетная схема а и пьезометрический график б тепловой сети

**Пример.** Рассчитать пусковую наладку сети, показанной на рис. XII.3, при последовательном подключении абонентов от конца тепловой сети. Исходные данные для этой тепловой сети приведены в табл. XII.1.

Последовательность решения примера приведена в табл. XII.2. В табл. XII.1 и XII.2 расчеты приведены при плотности сетевой воды  $\rho=975 \text{ кг/м}^3$ . Располагаемое давление в начале тепловой сети принято равным  $\Delta P_0=9,81\Delta H_0\rho=380\,000 \text{ Па}$ , где  $\Delta H_0$ —располагаемый напор в начале тепловой сети, принятый по пьезометрическому графику на рис. XII.3. Располагаемые давления в узлах *A* и *B* ( $\Delta P_A$ ,  $\Delta P_B$ ) определены по соответствующим располагаемым напорам в узлах ответвлений *A* и *B* ( $\Delta H_A$ ,  $\Delta H_B$ ).

После включения абонента 3 задвижка на вводе должна быть установлена на такое открытие, чтобы через абонентский ввод проходило  $126,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  воды. После подключения к сети абонента 2 открытие задвижки на абонентском вводе 2 должно быть налажено на пропуск  $227 \text{ м}^3/\text{ч}$  воды, при этом расход воды через абонентский ввод 3 при прежнем открытии задвижки уменьшится со  $126,5$  до  $114 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Только при этих условиях после включения абонента 1 у всех потребителей установится расчетный расход воды (рис. XII. 4).

Т а б л и ц а XII.1 Расчетные данные тепловой сети

№ участков, ответвлений и абонентов	Расход воды $V$ , $\text{м}^3/\text{ч}$	Потери давления на участке $\Delta P=9,81\Delta H\rho$ , Па	Гидравлическая характеристика сети и абонентов $S = \frac{\Delta P}{V^2}$ , $\text{Па}\cdot\text{ч}^2/\text{м}^6$
<i>Магистрالی</i> I	615	47 900·2	0,253
II	307,5	20 800·2	0,44
III	102,5	49 700·2	9,45
<i>Ответвления</i> IV	307,5	43 200·2	0,914
V	205	24 100·2	1,05
<i>Абоненты</i> 1	307,5	198 200	2,1
2	205	194 400	4,62
3	102,5	143 300	13,62

Программный метод пускового регулирования при большом числе потребителей неудобен из-за сложности расчета программы и длительности выполнения наладочных операций, поэтому его применяют для небольших тепловых сетей.

Пусковое регулирование по методу сопротивлений состоит в настройке на каждом абонентском вводе расчетного сопротивления, соответствующего расчетному режиму эксплуатации. Расчетное сопротивление вводов определяется по пьезометрическому графику, построенному по расчетным расходам воды. Для разработки программы регулирования должны быть хорошо известны гидравлические характеристики всех участков сети. При регулировании проверяют соответствие фактического сопротивления ввода расчетным значениям. Несоответствие устраняют наладкой. Результаты наладки проверяют, по показаниям приборов расхода и давления на подающем и обратном трубопроводах. Метод сопротивления применяют для пускового регулирования сетей с любым числом потребителей при любой последовательности их включения в любой точке сети

Метод нормальных расходов применяют для пускового регулирования, когда трудно установить гидравлические характеристики участка установки в магистральных сетях устойчивого расхода воды при напоре сетевого насоса. Циркуляция воды производится через последовательным включением каждого абонента, начиная от расчетного расхода воды на вводе. По мере увеличения числа и расходов воды и напоров в сети производят дополнительную п

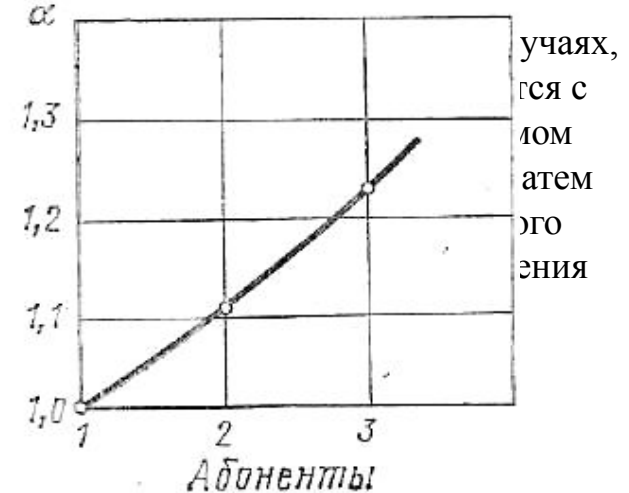


Рис. XII.4. Изменение коэффициентов пускового расхода воды на вводах

Т а б л и ц а XII.2. Расчет пусковых расходов сетевой воды на абонентских вводах

№ п. п.	Определяемая величина	Расчетная формула	Расчет
<i>Включается абонент 3</i>			
1	Гидравлическая характеристика сети и абонента 3	$S_{1,3} = S_1 + S_{11} + S_{111} + S_3$	$0,253 + 0,44 + 9,45 + 13,62 = 23,763 \text{ Па} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6$
2	Пусковой расход воды абонента 3	$V_3^n = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{S_{1,3}}}$	$\sqrt{\frac{380\,000}{23,763}} = 126,5 \text{ м}^3/\text{ч}$
3	Коэффициент пускового расхода абонента 3	$\alpha_3 = \frac{V_3^n}{V_3}$	$126,5/102,5 = 1,23$
<i>Включается абонент 2</i>			
4	Гидравлическая характеристика узла Б	$S_B = \frac{\Delta P_B}{(V_2 + V_3)^2}$	$\frac{9,81 \cdot 25,4 \cdot 975}{(205 + 102,5)^2} = 2,57 \text{ Па} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6$
5	Гидравлическая характеристика сети с абонентами 2 и 3	$S_{1,2,3} = S_1 + S_{11} + S_B$	$0,253 + 0,44 + 2,57 = 3,263 \text{ Па} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6$
6	Общий расход воды, который установится в сети при подключении абонентов 2 и 3	$V_{2,3}^n = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{S_{1,2,3}}}$	$\sqrt{\frac{380\,000}{3,263}} = 341 \text{ м}^3/\text{ч}$
7	Коэффициент пускового расхода у абонентов 2 и 3	$\alpha_3 = \frac{V_{2,3}^n}{V_2 + V_3}$	$341/(205 + 102,5) = 1,11$
8	Пусковой расход воды у абонента 2	$V_2^n = \alpha_2 V_2$	$1,11 \cdot 205 = 227 \text{ м}^3/\text{ч}$
9	Пусковой расход воды у абонента 3	$V_3^n = \alpha_3 V_3$	$1,11 \cdot 102,5 = 114 \text{ м}^3/\text{ч}$
<i>Включается абонент 1</i>			
10	Гидравлическая характеристика узла А	$S_A = \frac{\Delta P_A}{(V_1 + V_2 + V_3)^2}$	$\frac{9,81 \cdot 29,74 \cdot 975}{(307,5 + 205 + 102,5)^2} = 0,752 \text{ Па} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6$
11	Гидравлическая характеристика сети с абонентами 1, 2, 3	$S_{1,1,2,3} = S_1 + S_A$	$0,253 + 0,752 = 1,005 \text{ Па} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6$
12	Общий расход воды в сети	$V_{1,2,3}^n = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{S_{1,1,2,3}}}$	$\sqrt{\frac{380\,000}{1,005}} = 615 \text{ м}^3/\text{ч}$
13	Коэффициент пускового расхода у всех абонентов после подключения абонента 1	$\alpha_1 = \frac{V_{1,2,3}^n}{V_1 + V_2 + V_3}$	$\frac{615}{307,5 + 205,5 + 102,5} = 1$

Расчетное распределение сетевой воды является основным признаком высокой гидравлической устойчивости сети и безаварийного теплоснабжения. Регулирование гидравлических режимов сети может быть обеспечено централизованно у источника тепла, а также местными, и индивидуальными средствами регулирования (см. гл. VII). Задача наладки состоит в том, чтобы установить допустимые изменения давлений в сети, при которых обеспечивается непрерывность расчетного теплоснабжения. Дежурный персонал станции и сетевых районов, производящий регулировку гидравлических режимов, а также диспетчер, управляющий работой сети, должны в совершенстве изучить изменения гидравлических режимов на всех участках сети и абонентских вводах в зависимости от производимых переключений. Эти знания помогают обслуживающему персоналу уверенно определять очаги аварий и принимать самостоятельные решения по их ликвидации.

Гидравлический режим паропроводов достаточно устойчив, в них не наблюдается резкого изменения давления при включении или отключении отдельных потребителей. Отсутствие жесткой гидравлической зависимости потребителей облегчает применение местного количественного регулирования путем простого изменения степени открытия задвижки. Наладка паропроводов поэтому сводится к уточнению действительных температуры и давления в наиболее крупных ответвлениях при максимальных и минимальных расходах пара.

Продолжение табл. X11.2

№ п. п.	Определяемая величина	Расчетная формула	Расчет
14	Пусковые расходы воды у абонентов:		
	1	$V_1^п = \alpha_1 V_1$	$1 \cdot 307,5 = 307,5 \text{ м}^3/\text{ч}$
	2	$V_2^п = \alpha_1 V_2$	$1 \cdot 205 = 205 \text{ м}^3/\text{ч}$
	3	$V_3^п = \alpha_1 V_3$	$1 \cdot 102,5 = 102,5 \text{ м}^3/\text{ч}$

Тепловые пункты и подстанции представляют собой узлы управления местных систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, поэтому наладку оборудования в пунктах должны производить совместно с местной системой.

Особенности отопительных систем обусловлены применением смесительных устройств, требующих соблюдения потребного перепада давления на вводе. К особенностям системы горячего водоснабжения относится резко выраженная неравномерность нагрузки, постоянно нарушающая расчетные гидравлические режимы во внешней сети. Помимо этого за время отопительного сезона все виды тепловой нагрузки нуждаются в дополнительном местном регулировании. Все это усложняет наладку и требует поэлементного проведения регулировочных операций.

Перед наладкой тепловых пунктов и местных систем необходимо установить их гидравлические сопротивления при расчетных расходах воды. При значительной разности фактических и проектных потерь напора (более 10—20 %) системы должны быть тщательно промыты. Контроль потерь давления в системах необходим для определения достаточности располагаемого напора для нормальной работы элеватора, калорифера или установки горячего водоснабжения.

Низкий коэффициент смешения снижает циркуляцию воды в отопительных приборах, завышенный улучшает распределение воды и благодаря запасу теплоотдачи нагревательных приборов исключает недогрев помещений. Увеличение коэффициента смешения производится подбором меньших сечений сопла по формуле

$$d = d_1 \frac{1+u_1}{1+u}, \quad (\text{XII.1})$$

где  $d$  — потребный диаметр сопла;  $d_1$  — диаметр установленного сопла;  $u$  — необходимый коэффициент смешения;  $u_1$  — установленный коэффициент смешения.

В некоторых случаях замена сопел вызывается неточностью изготовления проточной части элеватора или завышенным сопротивлением местной системы. Для уменьшения чрезмерно больших коэффициентов смешения необходимо увеличить сопротивление отопительной системы прикрытием входной задвижки на вводе или установкой дроссельной шайбы. При насосном смешении регулирование коэффициента смешения осуществляется регулирующими клапанами на перемычке насосов.

Прогрев нагревательных приборов определяется с помощью ртутных термометров или тарированных термощупов, установленных на входе и выходе каждого стояка. При равномерном прогреве приборов температура воды на выходе из стояков должна быть одинаковой. Отрегулированные расходы воды в стояках отмечаются положениями стрелок на указывающих дисках проходных кранов.

Опыт эксплуатации показывает, что расчетный расход тепла на отопление зданий не всегда совпадает с действительной потребностью. Корректировка отопительной нагрузки производится выборочным термографированием отапливаемых помещений и наружного воздуха. Термографированием устанавливается действительная потеря тепла через наружные ограждения помещения и соответствие этой потери теплу, получаемому из сетей. По уточненной потребности тепла и фактическому перепаду температуры сетевой воды вводятся поправки на величину расхода теплоносителя.

Подогреватели горячего водоснабжения перед заполнением сетевой водой подвергаются гидравлическому испытанию и затем промывке вместе с разводящими трубами водопроводной водой. При наладке уточняют гидравлические и тепловые характеристики подогревателя. Испытания проводят для нескольких режимов водоразбора и при минимальной температуре сетевой воды (обычно  $70^{\circ}\text{C}$ ). Целесообразно отрегулировать нагрев водопроводной воды до  $50\text{—}55^{\circ}\text{C}$ . При таких температурах значительно ослаблены солеотложения в трубах подогревателей и коррозия в трубах разводящей системы.

Наладка водоразбора из сети заключается в настройке смесителя на автоматическое переключение расхода воды из подающей на обратную линию при достижении в ней температуры  $55\text{—}65^{\circ}\text{C}$  и в проверке производительности терморегулятора.

В системах горячего водоснабжения высотных зданий одинаковые свободные напоры воды в водоразборных кранах настраивают подбором диафрагм. Диафрагмы устанавливают на каждом ответвлении в квартиру или помещение с водоразборными приборами, отверстия в диафрагмах уменьшают по этажам сверху вниз.

Особо важное значение имеет контроль температуры обратной воды. Работа отопительной системы с повышенной температурой обратной воды свидетельствует о перетопе здания и прямом нарушении санитарных норм в жилом помещении. Перегрев помещений в ряде случаев вызывается излишней установкой нагревательных приборов. В период наладочных работ необходимо проверить соответствие проектных и фактически установленных нагревателей, так как несоблюдение графика температуры обратной воды увеличивает перерасход топлива.

В тепловых пунктах с паровым теплоносителем наладочные работы сводятся к установке лимитных расходов пара и наладке системы приема возвращаемого конденсата. Наладка и ремонт пароводяных подогревателей состоят из тех же операций, что и для коммунальных потребителей с водоводяными подогревателями. В паровых системах особое значение имеет уход за дренажными устройствами, так как неисправное дренирование паропроводов увеличивает потери тепла и конденсата, а также создает опасность гидравлических ударов.

Все крупные потребители пара должны иметь исправно действующие конденсатоотводчики и оборудование для закрытой или открытой схемы сбора и откачки конденсата. Перед приемом конденсата в сборные баки должен быть организован регулярный лабораторный анализ качества конденсата. В открытых схемах сбора конденсата необходимо отрегулировать охлаждение конденсата до 95—98°C и обеспечить его непрерывную откачку на тепловую станцию.

По результатам наладки составляют режимные карты, в которых указывают максимальные значения тепловой нагрузки, параметров теплоносителя, рекомендуемые перепады давлений и температур, коэффициенты смешения и номера элеваторов и другие данные, установленные испытаниями. Режимные карты являются руководящим документом для эксплуатационников.

## **§ XII.5. ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

Испытания тепловых сетей бывают пусковые и эксплуатационные. Пусковые испытания проводят после сооружения новых сетей или капитального ремонта. Предназначены они для определения годности сооружения к эксплуатации. В процессе эксплуатации в трубах и оборудовании накапливается шлам, трубопроводы корродируют, защитные свойства тепловой изоляции изменяются. Допустимое изменение различных характеристик сооружения периодически проверяется эксплуатационными испытаниями. Пусковые и эксплуатационные испытания разделяются на опрессовку, гидравлические и тепловые испытания и испытания на максимальную температуру теплоносителя. Все виды испытаний проводят по специальной программе, учитывающей цели исследования.



Опрессовка предназначена для определения плотности и механической прочности трубопроводов, арматуры и оборудования. Пусковая опрессовка бесканальных сетей и в непроходных каналах проводится в два этапа: предварительно и окончательно. Предварительная опрессовка выполняется по мере окончания работ короткими участками до установки на трубопроводах сальниковых компенсаторов, задвижек и до закрытия каналов или засыпки траншей. Целью опрессовки является проверка прочности сварки под пробным избыточным давлением 1,6 МПа в течение времени, необходимого для, осмотра и простукивания стыков. Обстукивание ведется молотками массой 1,5 кг на ручке длиной 500 мм, удары наносятся по обеим сторонам шва на расстоянии от стыка примерно 150 мм.

Окончательная опрессовка делается после завершения всех работ и установки на трубопроводах всех элементов оборудования, но до наложения тепловой изоляции. При монтаже сетей из бесшовных труб допускается тепловая изоляция до испытания, но с оставлением сварных стыков свободными от изоляции. Избыточное давление опрессовки доводится до  $1,25 P_{\text{раб}}$  ( $P_{\text{раб}}$  — рабочее давление), но не менее 1,6 МПа в подающих трубопроводах и 1,2 МПа в обратных трубопроводах. Длительность опрессовки определяется временем, необходимым для осмотра сетей.

Опрессовку сетей, доступных осмотру во время эксплуатации, производят за один раз после завершения всех работ. Испытания по возможности должны проводить в теплое время года, при наружной температуре ниже  $+1^{\circ}\text{C}$  опрессовку разрешается выполнять с подогревом воды до  $50^{\circ}\text{C}$ .

Окончательную опрессовку выполняют при отключенных тепловых пунктах под избыточным давлением, создаваемым сетевым насосом. Во время испытания циркуляция воды в сетях организуется через открытые концевые перемычки, а необходимое давление испытания создается постепенным прикрытием задвижки на обратном коллекторе до тех пор, пока перепад давления между подающим и обратным трубопроводами на ТЭЦ не достигнет 0,1—0,3 МПа.

Опрессовку оборудования подстанций, тепловых пунктов совместно с местными системами производят в два приема. Отключенные от сетей оборудование и трубопроводы заполняются водой из городского водопровода, необходимое давление испытания создается напором опрессовочных насосов с ручным или механическим приводом. Вначале в системе нагнетается рабочее давление для проверки плотности сварных и фланцевых соединений оборудования, арматуры и трубопроводов. Затем избыточное давление доводится до 1,25 от рабочего, но не ниже норм [13], установленных для каждого вида оборудования, необходимого для проверки прочности. Продолжительность испытания тепловых пунктов и отходящих от них трубопроводов принимается не менее 10 мин.

Результаты испытания сетей и тепловых пунктов на каждом этапе считаются удовлетворительными, если во время их проведения не обнаруживается падение давления свыше установленных пределов, а в сварных швах, в фланцевых соединениях и арматуре отсутствуют разрывы, течи воды и запотевания. При обнаружении разрывов и других повреждений вода сливается (из сетей за время не более 1 ч); дефектные швы вырубаются и перевариваются; неплотности устраняются затяжкой болтов, сменой набивки. После чего опрессовку повторяют.

Действующие тепловые сети впрессовываются ежегодно в конце отопительного сезона для выявления дефектов, подлежащих устранению при капитальном ремонте, и после выполнения капитального ремонта.

*Гидравлические испытания* предназначены для определения фактических гидравлических характеристик новой сети и оборудования пунктов или изменения этих характеристик в процессе эксплуатации. При гидравлических испытаниях одновременно измеряют давление, расход и температуру теплоносителя в характерных точках (места изменения диаметров, расходов воды, сетевые переемы) сети. В сильно разветвленных сетях для уменьшения точек замеров допускается отключать мелкие ответвления. В контрольных точках устанавливают образцовые манометры, ртутные термометры с ценой деления 1°С и нормальные измерительные диафрагмы. Испытания проводят при отключенных тепловых пунктах на максимальных и сокращенных до 80% от максимальных расходах воды. Циркуляция воды в сетях и ответвлениях обеспечивается включением концевых переемычек. Потери давления на исследуемых участках подающих и обратных трубопроводов рассчитывают по формуле

$$\Delta P = (P_1 - P_2) + 9,81(z_1 - z_2)\rho, \quad (\text{XII.2})$$

где  $P_1, P_2$  — показания, манометров в начале и конце участка, Па;  $z_1, z_2$  — геодезические отметки в точках расположения манометров, м;  $\rho$  — плотность теплоносителя при соответствующей температуре, кг/м<sup>3</sup>.

По данным замеров давления в подающем и обратном трубопроводах строят действительный пьезометрический график, а по расходам воды на участках определяют расчетный график давления. Сравнением устанавливают отклонения действительного и расчетного пьезометрических графиков, изменения коэффициентов трения на участках и наличие засоренных участков. При гидравлическом испытании паропроводов геодезические отметки местности не учитываются.

Тепловые испытания проводят с целью определения фактических потерь тепла в сетях и сопоставления их с расчетными и нормативными значениями. Необходимость тепловых испытаний диктуется естественным разрушением тепловой изоляции, замены ее на отдельных участках, а также изменениями конструкций. Испытания проводят в конце отопительного сезона, когда вся конструкция теплопровода и прилегающий грунт прогреты достаточно равномерно, что гарантирует получение стабильных результатов. Перед испытаниями восстанавливают разрушенную изоляцию, осушают камеры и каналы, проверяют работу дренажных устройств. Испытания выполняют на всей длине сети или отдельных участках и ответвлениях. Тепловые пункты потребителей отключают, циркуляцию воды производят через перемычки.

Во время испытаний замеряют расходы и температуры теплоносителя в начале и конце исследуемого участка подающего и обратного трубопроводов. Устанавливают устойчивый режим циркуляции, при котором снимают несколько показаний через 10 мин. Фактические удельные потери тепла определяют по формулам

$$q_{\phi 1} = \frac{c(G_1 - 0,25G_{\Pi})(\tau_{11} - \tau_{12})}{3600l}, \quad (\text{XII.3})$$

$$q_{\phi 2} = \frac{c(G_1 - 0,75G_{\Pi})(\tau_{21} - \tau_{22})}{3600l}, \quad (\text{XII.4})$$

где  $q_{\phi 1}, q_{\phi 2}$  — фактические удельные потери тепла в подающем и обратном трубопроводах, кВт/м;  $G_1, G_{\Pi}$  — усредненные расходы сетевой воды соответственно в подающем трубопроводе и подпиточной воды, кг/ч;  $\tau_{11}, \tau_{12}$  — усредненные температуры воды в начале и конце подающего трубопровода, °С;  $\tau_2, \tau_{22}$  — то же, обратного трубопровода;  $l$  — длина участка, м.

Сравнением фактических теплотерь с расчетными устанавливают качество изоляции. Для сопоставления с нормативными потерями фактические теплотери пересчитывают по среднегодовым температурам воды в подающем и обратном трубопроводах и среднегодовой температуре окружающей среды. Тепловые потери паропроводов определяют по изменению энтальпии, влажности пара и количеству выпадающего конденсата. Тепловые и гидравлические испытания сетей проводят через 3—4 года.

*Испытания на максимальную температуру теплоносителя* проводят с целью контроля надежности конструкции, работы компенсаторов, смещения опор, для определения действительных напряжений и деформаций наиболее нагруженных элементов сети. Данные испытания используют для оценки степени старения металла, длительное время работавшего при высоких давлениях и температурах. Испытания проводят раз в два года в конце отопительного сезона при отключенных потребителях с циркуляцией теплоносителя через концевые перемычки.

В период испытания температура теплоносителя повышается со скоростью  $30^{\circ}\text{C}$  в час, в концевых точках сети максимальная температура выдерживается не менее 30 мин.

По мере разогрева трубопроводов через определенные интервалы времени замеряют перемещения фиксированных точек на трубах, плеч П-образных и стаканов сальниковых компенсаторов. Фактические перемещения элементов сети сравнивают с расчетными и по ним устанавливают действительные напряжения в характерных точках. Если разность расчетных и фактических удлинений трубопроводов превышает 25% расчетного удлинения, то должны быть предприняты поиски мест заземления труб, просадки или сдвига неподвижных опор и других причин, вызвавших это различие.

## **§ XII.6. ПРОФИЛАКТИКА И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИИ**

Прекращение подачи тепла приносит большой ущерб народному хозяйству вследствие вынужденного простоя производственного оборудования и сокращения выпуска промышленной продукции. Аварийное отключение отопления ухудшает комфортные условия в жилых помещениях. Для ликвидации аварий непроизводительно отвлекается рабочая сила, затрачиваются дополнительные материалы, техника и капитальные средства.

Новые и прошедшие капитальный ремонт сети после сдачи в промышленную эксплуатацию длительное время могут не обнаруживать скрытые дефекты, способные вызвать аварию. Во время эксплуатации происходит естественное старение оборудования, трубопроводов и контрольно-измерительной аппаратуры. Поэтому противоаварийная профилактика заключается в заблаговременном выявлении очагов разрушения.

Содержание сетей и тепловых пунктов в постоянной исправности возлагается на обходчиков тепловых сетей и абонентских вводов. За группой обходчиков из двух и более человек закрепляется определенный участок тепловой сети, на котором они следят за работой и техническим состоянием компенсаторов, опор, арматуры, тепловой изоляции, дренажей; выполняют регулировочные операции; осуществляют надзор за всеми работами посторонних организаций вблизи трассы. По плану профилактических мероприятий производят текущий ремонт сетей (выправку положения опор, перетяжку болтовых соединений, замену сальниковых набивок). На отведенном участке трассы обходчики отвечают за исправность и чистоту каналов, камер, устройств для отвода почвенных вод. В обязанности обходчиков входит наблюдение за работой регулирующих и измерительных приборов. При обходах должны проверяться показания измерительной аппаратуры, вноситься исправления при всяких отклонениях от заданных режимов. Разрегулировка режимов отпуска тепла возникает вследствие следующих причин: 1) образования «воздушных мешков»; 2) скопления в низших точках теплопроводов и перед арматурой шлама и продуктов коррозии; 3) заклинивания арматуры, затрудняющего регулирование режимов; 4) разрушений тепловой изоляции, вызывающих увеличение теплотерь и снижение температуры теплоносителя; 5) неплотностей фланцевых соединений, сальниковых набивок, сварных швов.

Результаты наблюдения и произведенных работ записывают в журнал обхода, который регулярно просматривает мастер и начальник. По журнальным записям впоследствии составляют накопительную ведомость предупредительных мероприятий, подлежащих выполнению во время капитального ремонта. В накопительную ведомость заносят все обнаруженные неполадки, являющиеся следствием естественного старения материалов, или скрытые дефекты, оставшиеся после предыдущего ремонта, но которые не угрожают внезапной аварией.

При обслуживании сетей должны соблюдаться меры предосторожности. Обходчики должны иметь набор исправного инструмента, спецодежду, обувь, рукавицы, соответствующие условиям работы в горячих помещениях. Спуск в каналы и камеры разрешается после проверки загазованности и проветривания, чтобы в зоне обслуживания температура не превышала 60°C. Обход и ремонт сетей в полупроходных каналах допускается при двустороннем отключении трубопровода и остывании теплоносителя в отключенном участке до 80°C. Открытые люки в камеры в дневное время ограждают переносными треногами с дорожными знаками, а в ночное время на ограждения устанавливают красные фонари.

В крупных камерах с электрооборудованием должно быть стационарное освещение с напряжением 12 В. Для освещения небольших камер, проходных каналов могут быть использованы аккумуляторные фонари. Работы в камерах и каналах при температуре 60°С. должны производиться не дольше 20 мин с устройством 20-минутных перерывов для отдыха на открытом воздухе. За работающим в камере или канале должен вести постоянный контроль второй обходчик, неотлучно находящийся на открытом воздухе вблизи люка. При работах в загазованных камерах обходчики должны пользоваться шланговыми противогазами с выводом конца шланга на чистый воздух или специальными масками, с кислородными баллонами. Обслуживание теплопроводов воздушной прокладки производят с постоянных или переносных площадок. При отсутствии временных подмостей обходчикам выдают предохранительные пояса, которыми они во время работы привязываются к трубам или другим неподвижным конструкциям. Лица, допущенные к эксплуатации тепловых сетей, проходят специальное обучение по технике безопасности и правилам технической эксплуатации.

Обслуживание тепловых пунктов и местных систем осуществляется персоналом теплопотребляющих организаций, поэтому в обязанность обходчиков тепловых пунктов входит контроль за техническим состоянием оборудования и соблюдением режимов потребления тепла. Обнаруженные неисправности и нарушения норм потребления тепла обходчики отмечают в журнале теплового пункта, устанавливают сроки устранения неполадок и проверяют исполнение этих указаний.

Профилактический ремонт оборудования тепловых пунктов и местных систем теплоснабжения выполняет обслуживающий персонал пункта. Обслуживающий персонал должен хорошо понимать свои задачи и помнить, что от исправности различных устройств в насосных, в контрольно-распределительных и тепловых пунктах зависит надежность всей системы теплоснабжения. Например, некачественная теплоизоляция паропровода приводит к интенсивной конденсации пара, которая при неисправности дренажных устройств может вызвать гидравлические удары большой разрушительной силы. Поэтому дежурные обязаны тщательно следить за состоянием теплоизоляции; регулярно проверять свободное и плотное закрытие и открытие запорной и дренажной арматуры; своевременно смазывать графитовой смазкой движущиеся части механизмов, сальниковых уплотнений арматуры, компенсаторов и других элементов.

При плохом содержании подогревателей наблюдается постепенное уменьшение производительности и завышение температуры воды на выходе из теплообменника. Разладку работы подогревателей вызывают преимущественно отложения солей временной жесткости, содержащихся в водопроводной воде. Во время профилактических ремонтов необходимо своевременно удалять накипь из трубочек и принимать меры для уменьшения солеотложений, например регулярной настройкой регуляторов температуры на подогрев воды не выше 50—55°С.

Статистика показывает, что основная масса аварий происходит из-за коррозии трубопроводов, разрыва сварных швов, просадки опор, разрушения компенсаторов, арматуры, фланцевых и сальниковых уплотнений. От плохого содержания сетей и нарушения режимов эксплуатации аварии возникают из-за замерзания воды в трубопроводах и дренажных устройствах.

Частые аварии происходят в результате образования сквозных свищей, вызванных в 90% случаев разрыва труб наружной коррозией. В местах разрыва труб утонение толщины стенок достигает до 0,5—1 мм. Коррозия возникает в местах, где имеется доступ влаги к поверхности труб: при контакте с грунтом, со стенами камер и каналов, в опорных конструкциях. В каналах и камерах коррозию вызывает капель с перекрытий и холодных люков, затопление низа изоляции грунтовой водой. Коррозия — это скрытый процесс, поэтому ее профилактика заключается в регулярной проверке состояния изоляций, каналов и других элементов теплопроводов, от неисправности которых может возникнуть коррозия. Антикоррозионная защита, применяемая в настоящее время, способна задержать коррозию трубопроводов на срок не более 1—2 года. При ненадежных антикоррозионных покрытиях необходимо уделять внимание быстрому высыханию теплоизоляции, что способствует отдалению сроков аварии от коррозии. Сильно прородированные участки трубопроводов рекомендуется проверять на надежность гидравлическим испытанием. Давление испытания подбирается таким, чтобы им были разрушены слабые места, которые затем заменяются новыми трубами, а на трубах большого диаметра накладываются заплатки. Такие испытания на прочность рекомендуется проводить в два этапа. На первом этапе испытанию подвергается вся длина магистрали под давлением сетевого насоса, но не более 1,6 МПа. Этим устанавливается надежность системы в целом. На втором этапе выявляются мелкие очаговые повреждения, для чего проводятся поучастковые испытания с помощью передвижных насосных установок, подключаемых к штуцерам постоянных опрессовок. Давления опрессовки допускается повышать до 2,5 МПа. Комплекс основных профилактических мероприятий борьбы с коррозией рассматривается в § XII.8.

Чаще всего сварные стыки разрываются на изгибах и в местах большого провисания труб. Перенапряжения сварных швов могут возникнуть от несоблюдения режимов прогрева трубопроводов, неправильного подбора компенсирующих устройств или от упирания в стенки каналов и ниш поворотов труб и плеч гибких компенсаторов. Большие продольные усилия, возникающие в защемленном трубопроводе, способны разрушить не только сварку стыков, но и крепления неподвижных опор. Срывы неподвижных опор могут распространиться на большую длину сетей, вызывая поломку компенсаторов, ответвлений, арматуры.

Для предупреждения аварий необходимо периодически проверять расположение и закрепление опор, компенсаторов с замерами провисаний труб. При осмотре необходимо проверить достаточность зазоров между стенками каналов и поворотами труб для свободного температурного перемещения. Качество сварки исследуют лабораторным анализом, при необходимости швы усиливают или вырубают для перепарки. Обновляемые сварные швы целесообразно размещать на расстоянии  $0,2 l$  от опоры (см. рис. VIII.11).

Просадки опор и тугая набивка сальников вызывают заедание стакана в корпусе сальникового компенсатора, ведущее к быстрому износу уплотнения. Заклинивание стакана устраняется выравниванием перекосов труб подкладками под опоры или уменьшением расстояний между подвижными опорами со стороны стакана. Если регулярные подтяжки сальника не уменьшают течи, то сальниковая набивка заменяется на новую.

Просадки опор в каналах и труб в бесканальных прокладках выправляются нивелированием с последующим усилением основания под просадочными участками. Если смещения труб или опасные напряжения сварных швов возникают от недостаточной компенсации температурных деформаций, то устанавливают компенсаторы с большей компенсирующей способностью или производят перенос неподвижных опор с дополнительным размещением компенсаторов.

Пробивание прокладок во фланцевых соединениях возникает при перекосах фланцев, неравномерном обжатии или использовании некачественных и толстых прокладок. Для повышения надежности сетей фланцевые соединения целесообразно заменять соединениями на сварке. Фланцы оставляют только в местах установки фланцевой арматуры, но в наиболее опасных узлах фланцевую арматуру допускается приваривать непосредственно к трубам.



Поломка арматуры происходит вследствие неправильного ее размещения на трубопроводах вблизи изгибов труб, где возникают большие напряжения кручения и изгиба, а также закрепления на перекошенных фланцах. При обнаружении опасных напряжений необходимо проверить равномерность затяжки болтов и возможность переноса неподвижной опоры ближе к арматуре. Когда перемещение опоры недопустимо, следует переставить арматуру к неподвижной опоре со стороны прямолинейного участка трубы длиной не менее  $20 D_y$ , отделенного от ближайшего поворота скользящими опорами, поглощающими часть изгибающих усилий. Под тяжелой арматурой необходимо установить специальную разгружающую опору. В очень тяжелых условиях находится арматура на сетевых перемычках, особенно когда перемычки размещены далеко от неподвижных опор и имеется большая разность удлинений подающих и обратных трубопроводов. Для разгрузки арматуры большое значение имеет достаточная гибкость перемычки и закрепление неподвижных опор непосредственно под перемычками. Во время ремонта сетей чугунную арматуру необходимо заменять на стальную.

Замораживание воды чаще всего наблюдается на концевых участках сети с малым расходом. Для борьбы с замораживанием применяется циркуляция воды через концевую перемычку между подающим и обратным трубопроводом. Чтобы искусственная циркуляция воды по перемычке не нарушала гидравлического режима, перемычку выполняют из трубы небольшого диаметра (15—20 мм) и с дроссельной диафрагмой, рассчитанной на постоянный пропуск минимального расхода воды, обеспечивающего непрмерзание. Основным средством защиты конденсатопроводов и дренажей от замораживания является надежная теплоизоляция. Однако при периодической откачке конденсата наиболее целесообразно применение парового спутника, проложенного для обогрева конденсатопровода в одной теплоизоляции.

Первым признаком аварии водяных сетей является падение давления в нейтральной точке и увеличение расхода подпиточной воды. Руководство действиями дежурных по ликвидации аварий принимает на себя диспетчер теплосети. Для быстрого обнаружения повреждений и устранения неполадок в кратчайший срок эксплуатационный персонал каждого сетевого района должен иметь заранее разработанный оперативный план действий. В нем должны быть указаны: порядок отключения магистрали и ответвлений к вводам, правила аварийного обхода камер, тепловых пунктов, условия аварийного включения резервных перемычек между магистралями смежных сетевых районов и другие требования.

Диспетчер Теплосети независимо от размеров повреждений и утечки воды обязан обеспечить нормальный или специально разработанный аварийный режим теплоснабжения на весь период поиска места повреждения. При значительной утечке воды во избежание опорожнения отопительных систем используются все наличные подпиточные средства, включая и подпитку недеаэрированной водой. Установив режим подпитки, диспетчер организует поиск места аварии. По его указанию в сетевых районах и на тепловой станции приступают к проверке герметичности системы. Внешним осмотром сетей места аварии обнаруживаются по парению из камер, колодцев, растаявшему снегу или скоплению воды на трассе, по шуму вытекающей воды и другим признакам. На ТЭЦ в первую очередь проверяется герметичность подогревательной установки. При разрыве трубок поверхности нагрева сетевая вода вытекает в межтрубное пространство и смешивается с конденсатом. Герметичность подогревателя в этом случае легко устанавливается химическим анализом конденсата, а также сравнением расходов пара и откачиваемого конденсата. При отсутствии разрывов трубок подогревателя качество конденсата остается постоянным, а его количество равно расходу пара. Подогреватели с обнаруженными разрывами трубок немедленно отключают, а теплоснабжение переводят на аварийный график, по которому в первую очередь обеспечивается отопительная нагрузка. При недостатке тепла на отопление в аварийном режиме предусматривают временное отключение горячего водоснабжения и части вентиляционной нагрузки предприятий.

При полной исправности станционных подогревателей и невозможности визуального определения места аварии производят поочередное отключение распределительных сетей, секционных участков, затем отдельных потребителей до тех пор, пока не обнаружится источник аварии, опознаваемый по резкому сокращению подпитки. После отключения аварийного участка работу сети переводят на нормальный режим, а на неисправном участке производят восстановительные работы.

## § XII.7. РЕВИЗИЯ И РЕМОНТ ТЕПЛОПРОВОДОВ

Осмотр всех элементов оборудования тепловых сетей, проложенных в проходных каналах, камерах, на эстакадах, не представляет трудностей, так как доступ к ним возможен в любое время. В бесканальных прокладках и прокладках в непроходных каналах трубы, опоры, тепловая изоляция и другие элементы длительное время остаются без надзора. Ревизия состояния таких подземных прокладок производится контрольным шурфованием и вскрытием каналов на коротких участках. Через шурфы отбираются пробы теплоизоляции, осматриваются трубы, стенки каналов, проверяется глубина заложения и прогиб трубопровода. Места и очередность контрольных шурфовок устанавливаются планом профилактических мероприятий сетевого района. Ревизии чаще всего подвергаются затопляемые участки трассы, где очевиднее коррозионное поражение труб. Контроль за внешней коррозией трубопроводов производится также электроразведкой и составлением карты блуждающих токов.

Материалы вскрытия подземных прокладок, как и периодические осмотры открытых теплопроводов, служат для оценки состояния коммуникаций и определения объемов восстановительных работ. Результаты систематических наблюдений, ревизий и эксплуатационных испытаний сетей, сообщаемые управлению теплосети в виде ежемесячных технических отчетов, используются для составления общего объема технических мероприятий по восстановлению и совершенствованию системы теплоснабжения. Сводный перечень дефектов обобщается по степени износа и естественного старения материалов и оборудования с учетом их нормативных и фактических сроков службы и возможностей исправления дефектов во время ремонта. По результатам анализа разрабатывается план предупредительных ремонтов. Ремонты бывают текущими и капитальными.

*Текущий* ремонт представляет собой комплекс профилактических мероприятий, выполняемых систематически с целью предупреждения преждевременного износа отдельных элементов системы теплоснабжения и устранения мелких дефектов. Работы по текущему ремонту проводят регулярно в течение всего отопительного сезона и выполняются обходчиками сетей и дежурными тепловых пунктов в ходе эксплуатации. Мелкий профилактический ремонт, как, например, ликвидация течей сальниковых уплотнений, фланцевых соединений, чистка дренажей, воздушников, правка и закрепление опор, смазка трущихся узлов и другие, выполняют без отключения теплопроводов. Текущий ремонт более крупного оборудования и узлов конструкции может выполняться при кратковременном отключении участков сети.

*Капитальный* ремонт предназначен для полного восстановления изношенных элементов и реконструкции системы с применением более экономичного и современного оборудования. Ремонт проводят в летний период. Пришедшие в негодность материалы и оборудование при капитальном ремонте заменяют на новые. Однако процент замены не должен превышать установленные нормы годовых расходов материалов на ремонт. Остальная часть потребных материалов после ревизии и восстановления должна использоваться повторно до истечения установленных сроков службы.

Во время ремонта проверяется работа спутного дренажа, ершами прочищаются заиленные дренажные трубы. При низкой фильтрации засыпки производят частичное обновление материала или ее промывку, а также прокладывают дополнительные дренажные трубы. При засыпке траншеи грунт тщательно утрамбовывают и затем планируют. Полностью ремонтируют автоматическую откачку воды из дренажных приемков в камерах, проверяют работу поплавковых датчиков уровня, автоматически включающих дренажные насосы.

К капитальному ремонту обычно приурочивается реконструкция с целью присоединения новых потребителей и дальнейшего наращивания мощности сетей на ожидаемую перспективную нагрузку. В связи с этим при ремонте может потребоваться удаление излишних или добавление новых опор, компенсаторов, арматуры и других элементов. При необходимости сети, подстанции и вводы переоснащаются новейшими средствами автоматического управления.

Капитальный ремонт подстанций и тепловых пунктов производится одновременно с ремонтом сетей. К концу отопительного сезона дежурный персонал обязан провести ревизию оборудования пунктов вместе с присоединенными к ним местными теплопотребляющими установками и всей запорно-регулирующей и контрольной арматуры. Во время ремонта вскрываются все теплообменники для чистки поверхностей и перевальцовки отдельных трубок. Качественная чистка трубок обеспечивается теплой (до 70°C) промывкой 2,5%-ным раствором соляной кислоты с последующей нейтрализацией кислотности 1%-ным раствором едкого натра и промывкой водопроводной водой. В местных отопительных системах особенно тщательно промывают стояки с непрогревающимися нагревательными приборами. Для улучшения эффекта промывки в воду периодически с интервалом через 15 мин нагнетается сжатый воздух. Гидропневматическая промывка с подогревом воды до 70—95°C в 5—10 раз сокращает время промывки и значительно улучшает вымывание отложений.

Большой объем строительного-монтажных работ сопряжен с длительным простоем оборудования и недовыработкой тепла. В связи с этим подготовка к ремонту имеет решающее значение для ускоренного восстановления и сдачи сетей в эксплуатацию. Заблаговременная подготовка к ремонту заключается в разработке графиков отключения сетей и тепловых пунктов, поставки материалов и запасных частей, размещения ремонтного персонала и в составлении сметы расходов.

Метод сетевого планирования наиболее полно отражает весь комплекс подготовительных ремонтных операций и технологию производства работ, так как сетевой график устанавливает очередность и продолжительность видов работ, сроки завоза материалов, движение ремонтных бригад и обеспечение механизмами и инструментами.

До начала работ должна быть полностью подготовлена проектная документация с указанием правил отключения узлов и вскрытия траншей и каналов, порядка передвижения ремонтного персонала и монтажных механизмов, готовности материалов, запчастей и инструментов. Проект ремонта должен быть согласован с теплоснабжающими организациями, на территории которых будут проведены работы, кроме того, необходимо получить разрешение на перекрытие уличного движения.

Продолжительность ремонта рассчитывается по нормам простоя оборудования. Ремонт рекомендуется производить агрегатно-узловым способом, для чего необходима заблаговременная заготовка узлов из новых или прошедших ремонт деталей. Сущность агрегатно-узлового метода ремонта сводится к простой замене оборудования ремонтируемого узла заранее подготовленным и собранным узлом. Неисправная арматура и детали, снятые с ремонтируемого узла, отправляют на ремонт в механические мастерские Теплосети. Таким образом, за счет узлового ремонта из времени простоя исключаются трудоемкие операции по притирке, ремонту и испытанию арматуры и других деталей.

Поточный метод скоростного узлового ремонта значительно сокращает время простоя и позволяет обеспечить ускоренную поучастковую сдачу сетей в эксплуатацию.

После завершения всех работ проводят испытания и приемку системы в эксплуатацию.

## § XII.8. ЗАЩИТА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

Борьба с коррозией является одной из важнейших задач службы эксплуатации. Коррозия сокращает срок службы, тепловых сетей до 10—15 лет, что составляет около 30% от нормативной продолжительности эксплуатации. Известны примеры, когда коррозия выводила из строя новые сети через 5—6 лет.

Согласно теории максимальная скорость коррозии происходит при температурах 70—85°C. Именно при этих температурах большую часть времени работают подающие трубопроводы водяных тепловых сетей, чем объясняется существенная разница в скорости и в частоте наблюдаемой коррозии подающего и обратного трубопроводов и большая продолжительность службы паропроводов (до 20—30 лет), работающих при температурах более 100°C. В действующем теплопроводе возникает внутренняя и наружная коррозия.

Внутреннюю коррозию вызывает кислород, содержащийся в сетевой воде или конденсате. В присутствии растворенной углекислоты коррозионная активность кислорода возрастает. В водяные сети кислород попадает главным образом с подпиточной водой. Насыщение сетевой воды и конденсата кислородом воздуха происходит через неплотности оборудования, из-за присоса воздуха на разреженных участках водяной сети и в открытых конденсатных баках.

Внутренний коррозионный процесс протекает по-разному, в связи с чем различают язвенную и рассредоточенную коррозию. *Язвенная* коррозия наблюдается преимущественно в низших застойных участках трубопроводов, оборудования, приборов, где скапливается конденсат, слой шлама и коррозионные отложения. При язвенной коррозии на поверхности металла образуются отдельные участки глубоких поражений. Со временем процесс язвенной коррозии приводит к сквозному протравливанию металла, выводящему из строя узлы оборудования, участки сети небольшой протяженности. Сосредоточенное действие кислорода на ограниченной поверхности создает условия быстрого протекания язвенной коррозии. Язвенную, или локальную; коррозию вызывают главным образом отключения теплопроводов и аппаратов для ремонта. Опорожненные трубопроводы и оборудование некоторое время омываются воздухом. Небольшие скопления влажных шламов в застойных зонах служат источником местной коррозии. Начавшийся процесс коррозии продолжает развиваться и после заполнения труб теплоносителем. В паропроводах отдельные очаги поражения (питтинги) возникают обычно под слоем конденсата при прекращении подачи пара.

В водяных сетях и конденсатопроводах наряду с язвенной коррозией наблюдается *рассредоточенная* коррозия, захватывающая трубопроводы на большой длине. Скорость рассредоточенной коррозии меньше язвенной, но опасность ее не менее велика, так как постепенно приводит в негодность большие участки теплопроводов. Подающие водяные трубопроводы корродируют быстрее обратных, в которых концентрация кислорода понижена из-за израсходования его в подающем трубопроводе.

Предупреждение внутренней коррозии имеет большое значение для долговечности систем теплоснабжения и экономии тепла и электроэнергии. В результате коррозии безвозвратно теряется металл, коррозионные налеты в трубах повышают шероховатость, гидравлические сопротивления и расход электроэнергии на перекачку теплоносителя. При окислении металла объем образующихся продуктов коррозии увеличивается в 3—4 раза, за счет чего существенно уменьшается поперечное сечение труб, особенно малого диаметра. Коррозионные продукты, смытые водой со стенок труб, разносятся по всей системе, забивают проходы в отопительные приборы и арматуру, вызывая разрегулировку. Отложения и занос сечения трубок снижают теплопроизводительность подогревателей.

Для предупреждения язвенной коррозии во временно отключаемых трубопроводах и аппаратах следует обеспечить полное удаление влаги. Лучшим способом предохранения конденсата от поглощения кислорода является сбор и возврат по закрытой схеме. В закрытых схемах конденсат от потребителя поступает в сборные баки под давлением, поэтому контакт конденсата с воздухом исключается. Но применение закрытых схем связано с удорожанием оборудования и сети конденсатопроводов. На крупных предприятиях, имеющих разветвленную сеть паровых теплопотребителей различных параметров, закрытый сбор конденсата часто бывает затруднительным, а при малых расходах пара — и экономически невыгодным. На таких объектах возможна открытая схема сбора конденсата по безнапорным или малонапорным самотечным конденсатопроводам. Безнапорное содержание конденсата в самотечных конденсатопроводах и сборных баках приводит к значительным потерям тепла (до 15—20% от общего расхода пара). Кроме того, свободный слив и открытая поверхность уровня в приемных баках способствуют переохлаждению конденсата. Переохлажденный до 50—80°C конденсат интенсивно обогащается кислородом воздуха, чем и объясняется повышенная коррозия конденсатопроводов и оборудования. Для уменьшения коррозии, тепловых потерь и самого конденсата важным мероприятием открытых схем сбора является поддержание температуры возвращаемого конденсата не более 98°C и организация непрерывной откачки.

Важнейшим условием повышения срока службы водяных тепловых сетей является поддержание в трубопроводах избыточного давления не менее 0,05 МПа, предупреждающего подсос воздуха; и организация качественной подпитки. Наиболее подходящим местом для улавливания и удаления воздуха, попавшего в сети, являются верхние точки подающих стояков в местных системах, где имеются наиболее высокая температура воды и наиболее низкое давление, при которых абсорбционная (поглощительная) способность воды понижается и облегчается выделение растворенных газов.

Непрерывное пополнение утечек сетевой воды приводит к постоянному обновлению качества воды, циркулирующей в системе. В закрытых водяных системах при нормативной подпитке за отопительный период производится 8—15-кратная смена воды, в открытых системах кратность обмена сетевой воды значительно выше. Следовательно, чем быстрее совершается процесс обновления воды в замкнутой системе, тем меньше различий качеств сетевой и подпиточной воды. В конечном счете некачественная подготовка подпиточной воды влечет за собой ускоренное корродирование и зарастание труб и греющих приборов накипью и шламом.

В качестве ингибиторов (замедлителей) коррозии рекомендуются небольшие дозировки силиката натрия (жидкое стекло) или гексаметафосфата натрия в подпиточную воду, которые создают внутри труб защитные пленки. Жидкое стекло, кроме того, улучшает деаэрацию воды.

Качество сетевой воды устанавливается систематическим отбором проб из коллекторов ТЭЦ и РК, в нескольких промежуточных точках сети и у абонентов. Контроль за состоянием внутренних поверхностей трубопроводов осуществляется с помощью индикаторов, установленных на характерных участках подающих и обратных линий.

Коррозионный индикатор представляет собой шлифованный с обеих сторон диск диаметром 60 мм и толщиной 2—3 мм с центральным отверстием 10 мм. Изготавливают индикатор из того же металла, что и контролируемую трубу. Индикаторные диски закрепляют по 3—5 шт. через 40 мм на стержне и устанавливают в трубе ребром к потоку воды. Перед установкой диски обезжиривают эфиром или спиртом и взвешивают. Через определенное время индикаторы вынимают из трубы, тщательно очищают от коррозии. По убыли массы пластин определяют скорость коррозии, а по состоянию поверхностей — глубину и неравномерность локального разъедания металла.



Допустимая скорость коррозии не должна превышать 0,05 мм/год, при проницаемости более 0,2 мм/год скорость коррозии считается аварийной. При аварийной коррозии необходимо срочно повысить качество обработки подпиточной воды. Коррозионные налеты, обнаруженные внутри труб, по возможности надлежит удалить чисткой или промывкой, так как смытые продукты коррозии, шламовые отложения повышают общую жесткость теплофикационной воды.

*Наружная коррозия* металла является следствием химических или электрохимических реакций, возникающих под воздействием окружающей среды. При химической коррозии металлы непосредственно вступают в химическое соединение с активными газами и жидкостями, насыщающими среду. 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. Почвенной коррозии наиболее подвержены бесканальные прокладки, 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 прослойка ограждают металл от контакта с почвенной влагой.

Наружная коррозия наиболее активна при прокладке сетей по территории свалок, вблизи сливов фекальной и ливневой канализации, а также на территориях химических и металлургических заводов. Увлажнение теплоизоляции вызывает и выключение теплопроводов на ремонт.

Полноценная защита труб от наружной коррозии осуществляется применением комплекса технических мероприятий, разработанных на основе изучения всех особенностей местных условий. В общем случае комплексные средства защиты предусматривают подготовку трассы и выбор способа прокладки. Эффективность защиты зависит от того, насколько полно учтены качество грунта, режимы работы сетей и другие особенности.

При проектировании трассы особое значение имеет химический анализ грунтов. Коррозионные свойства грунтов оцениваются величиной удельного омического сопротивления. Электрическое сопротивление грунта измеряют вдоль трассы через каждые 100—200 м на расстоянии до 3—4 м от ее оси с помощью стальных электродов, вбиваемых в грунт. В электрическую цепь между стержнями пропускают постоянный ток от сухих элементов и замеряют сопротивление и силу тока, по которым рассчитывают удельное сопротивление почвы.

Участки с повышенной агрессивностью грунта следует обходить. Если обвод трассы связан с большими материальными затратами или по местным условиям невозможен, то применяют обработку грунта для нейтрализации агрессивных свойств почвы. Одной из таких мер является замена грунта в основании трассы и засыпка чистым песком. В кислых грунтах почву обрабатывают известью, молотым мелом и другими реагентами.

Трубы из некорродирующих материалов пока не получили в тепловых сетях широкого распространения, поэтому важным средством защиты является антикоррозионное покрытие труб. Длительными лабораторными испытаниями отобраны несколько покрытий. Наиболее стойким является силикатное эмалирование труб. Силикатную стеклоэмаль изготавливают из смеси порошков кварцевого песка, полевого шпата, глины и буры. Смесь размешивают в воде, в нее добавляют фтор и другие присадки, способствующие сцеплению с металлом. Полученный состав (шликер) наносят тонким слоем на поверхность трубы и сушат при температуре до 200°C. Сушка и оплавление шликера при температуре 700—900°C происходят в кольцевом электромагнитном индукторе. Стеклоэмаль хорошо противостоит коррозии при температуре теплоносителя до 200°C.

Битумные покрытия в немногом уступают стеклоэмалиям. Изготавливают их из более доступных материалов. Наносить их можно непосредственно на трассе. Покрытия составляют из битума и асбестовых отходов (борулин), при добавке дробленой резиновой крошки получают изол и бризол. Покрытия выпускают в виде рулонных материалов или мастик. Листовой борулин приклеивают на поверхности трубы по битумной грунтовке; термостойкость составляет 150°C. Такую же термостойкость имеют борулиновые мастики. Высокой антикоррозионной способностью обладает краска ЭФАЖС на эпоксидной смоле и другие покрытия (цинком, алюминием путем анодирования).

Большую роль в защите сетей от наружной коррозии имеет режим эксплуатации. Резкие снижения расходов теплоносителя в трубах ведут к остыванию теплоизоляции и проникновению в нее влаги, которая после восстановления расчетного расхода полностью не удаляется. Чередование увлажнения и высыхания теплоизоляции способствует коррозии подающих трубопроводов. Для уменьшения сезонных колебаний расхода теплоносителя необходимо максимально использовать летнюю нагрузку горячего водоснабжения, сократить время простоя сетей в ремонте, применять горячую промывку труб, используя для этого различные отходы тепла на ТЭЦ, например циркуляционную воду конденсаторов турбин и другие меры. Бесканальная прокладка сетей с резко меняющейся тепловой нагрузкой недопустима. Следует учитывать, что в непроходных каналах, как и в бесканальных прокладках, коррозия усиливается, когда используется засыпная изоляция из легко гниющих органических материалов и материалов, содержащих сернистые соединения. Поэтому любые теплоизоляционные материалы должны проверяться на коррозионность и химическую чистоту.

Профилактические меры борьбы с коррозией должны предусматривать контроль состояния металлических поверхностей, периодическую проверку уровня грунтовых вод. В случае изменения проектной высоты стояния воды или скопления верховых вод необходимо принимать меры по осушению трассы.

Электрическую коррозию металла вызывает блуждающий электрический потенциал между грунтом и трубопроводом. Источником блуждающих токов являются трамвайные и электрифицированные железные дороги постоянного тока. Часть обратных токов по рельсам рассеивается в почве и попадает на трубы (рис. XII.5). По сравнению с грунтом трубопровод имеет меньшее омическое сопротивление, поэтому вблизи теплопровода большая часть токов проходит по нему и снова выходит в почву к отсасывающим рельсам и шинам тяговой подстанции. Движением блуждающих токов на трубопроводе 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 почве, а на анодной зоне — положительный. Электрокоррозия возникает в анодной зоне стоков электричества.

Коррозия под воздействием блуждающих токов протекает быстро, но захватывает небольшие участки труб, расположенных вблизи зоны рассеивания электричества. Основную трудность борьбы с электрокоррозией составляет частое изменение величины и места концентрации блуждающих токов, поэтому при разработке конкретных мер борьбы необходима предварительная электроразведка местности.

Средства защиты сетей от блуждающих токов делятся на пассивные и активные. К *пассивной*, защите относятся мероприятия, увеличивающие переходное сопротивление между грунтом и трубопроводом. Проще всего это достигается прокладкой сетей вдали от источников рассеивания тока без пересечения или сближения с рельсовыми путями электрифицированного транспорта. Допустимое расстояние между теплопроводом, прокладываемым параллельно с рельсовым транспортом, должно быть не менее 2 м от крайнего трамвайного рельса и 10 м от крайнего рельса электрифицированной железной дороги. При необходимости прокладки с меньшими расстояниями следует принимать повышенные антикоррозионные покрытия, использовать прокладки в каналах, в металлических (рис. XII.6) или железобетонных футлярах.

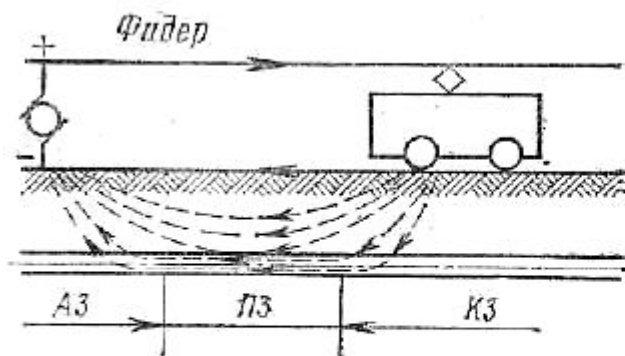


Рис. XII.5. Схема распространения блуждающих токов

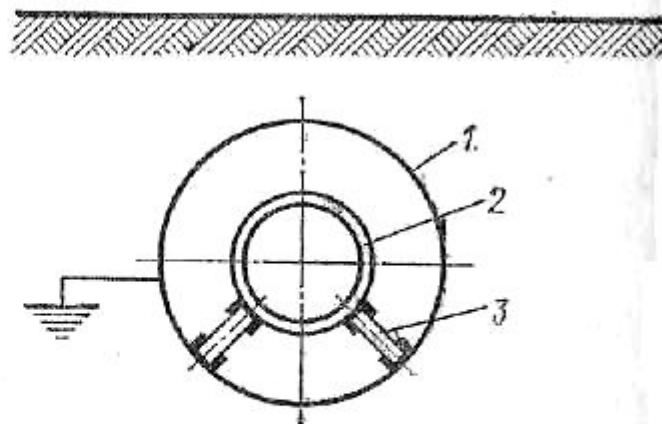


Рис. XII.6. Схема размещения трубопровода в металлическом футляре:  
1 — футляр; 2 — трубопровод; 3 — диэлектрическая опора

Пересечения с рельсами должны выполняться в каналах, или футлярах с заглублением от подошвы рельса до верха подземного сооружения не менее 1 м. По обеим сторонам от пересечения на концах каналов и футляров сооружают камеры для наблюдения антикоррозионной защиты и изоляции. В этих камерах размещают приборы для измерения электрического потенциала и водоотливные насосы.

К *активным* способам защиты относятся дренажные, катодные и протекторные устройства. Дренажная защита предназначена для отвода электричества от трубопроводов к источнику тока. По принципу действия электродренажи бывают прямые и поляризованные. Прямые электродренажи обладают двусторонней проводимостью электричества. Применяют их редко, когда стоки электричества с рельсов малы. Поляризованные дренажи обеспечивают односторонний пропуск электричества с помощью вентильных устройств (выпрямителей) или поляризованных реле. Применяют их при положительном или знакопеременном потенциале трубопроводов по отношению к земле. Ток из трубопроводов, имеющих повышенный положительный потенциал по сравнению с рельсами, протекает по электрической цепи к рельсам (рис, XII.7). При этом разрушения трубопроводов не будет, так как ток отводится организованно по цепи. Выпрямитель устраняет обратное движение электричества с рельсов, когда потенциал рельсов становится выше потенциала на трубопроводе.

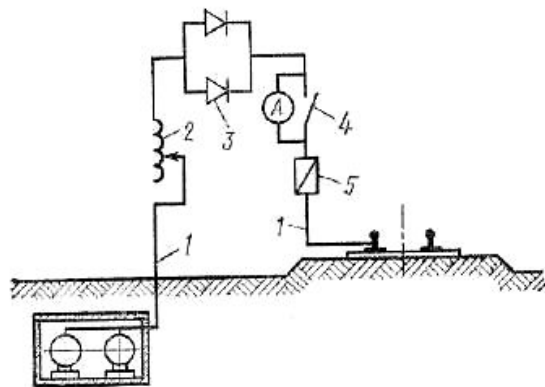


Рис. XII.7. Схема поляризованного электродренажа:  
 1 — кабель; 2 — реостат; 3 — селеновый выпрямитель; 4 — рубильник; 5 — плавкий предохранитель

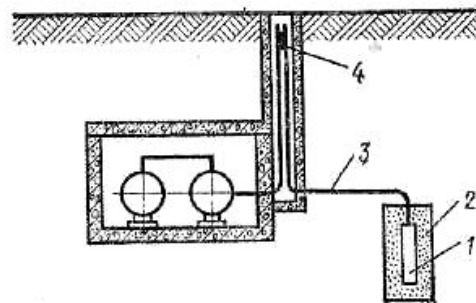


Рис. XII.8. Схема протекторной защиты трубопроводов:  
 1 — протектор из магниевых сплавов; 2 — обмазка; 3 — кабель; 4 — контактный вывод

Катодную защиту применяют для устранения электрохимической коррозии трубопровода на участках с высокой агрессивностью, грунта, а также от блуждающих токов с небольшим положительным потенциалом. При катодной защите трубопроводы подключают к отрицательному полюсу постоянного источника тока. Положительный полюс источника тока соединяют с анодным заземлителем, размещенным вблизи трубопроводов. Ток с анодного заземлителя рассеивается в грунте и попадает на трубы, наводя на них катодную полярность. При таком движении электричества разрушается лишь анодное заземление.

Протекторная защита состоит в наложении на защищаемых трубах катодной полярности с помощью протекторов (рис. XII.8), создающих большой отрицательный потенциал по отношению к грунту. В результате, как и при катодной защите, ток от протектора, выполняющего роль анода, растекается в грунте, попадая на трубы, наводит на них катодную полярность. Под воздействием стоков электричества на теплопроводы разрушается протектор.

Скорость электрической коррозии тем выше, чем больше сила блуждающих токов и меньше омическое сопротивление сооружения. Чтобы повысить электрическое сопротивление теплопроводов, длинные участки труб необходимо электрически изолировать друг от друга. Если на этом участке не предусмотрена арматура, то рационально искусственно секционировать участки электроизолирующими фланцевыми соединениями (рис. XII.9).

Эффективность катодной и протекторной защиты значительно улучшается с увеличением продольной проводимости защищаемого сооружения. С этой целью в местах установки задвижек, сальниковых компенсаторов делают шунтирующие перемычки (рис. XII.10). Перемычки необходимы между подающими и обратными трубопроводами для выравнивания разности потенциалов возникающих в результате неодинакового разогрева металла.

Подвижные и неподвижные опоры на защищаемом участке трубопровода должны выполняться из диэлектрических материалов и иметь электрическую изоляцию от грунта. Электрические методы защиты подземных прокладок не должны ухудшать работу защитных средств смежных подземных коммуникаций. Контроль и наблюдение за состоянием теплопровода осуществляется по контрольно-измерительным приборам, размещенным в камерах.

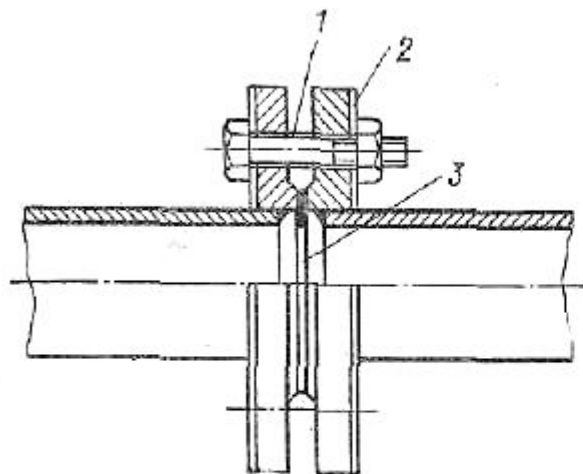


Рис. XII.9. Электроизолирующее фланцевое соединение трубопроводов:

1 — паронитовая втулка; 2 — паронитовая шайба; 3 — паронитовая прокладка

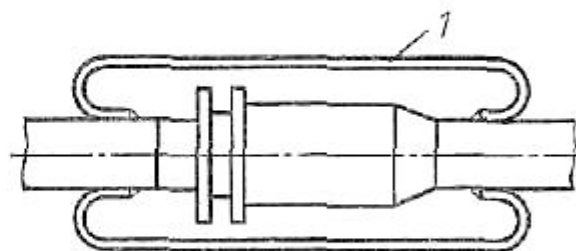


Рис. XII.10. Шунтирующая перемычка на сальниковом компенсаторе:

1 — перемычка из кабеля, троса или полосового железа

## § XII.9. ЗАЩИТА СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

Вода, поступающая на горячее водоснабжение, должна отвечать требованиям ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая». Вода не должна иметь цвета, запаха и привкуса.

Антикоррозионная защита на абонентских вводах применяется лишь для установок горячего водоснабжения. В открытых системах теплоснабжения на горячее водоснабжение используется сетевая вода, прошедшая деаэрацию и химводоочистку. Эта вода не нуждается в дополнительной обработке на тепловых пунктах. В закрытых системах теплоснабжения установки горячего водоснабжения заполняют водопроводной водой. Применение этой воды без дегазации и умягчения недопустимо, так как при нагреве до 60°C активизируются электрохимические коррозионные процессы, а при температуре горячего водоразбора начинается разложение солей временной жесткости на карбонаты, выпадающие в осадок, и на свободную углекислоту. Скопление шлама в застойных участках трубопроводов вызывает язвенную коррозию. Известны случаи, когда язвенная коррозия за 2—3 года совершенно выводила из строя систему горячего водоснабжения.

Способ обработки зависит от содержания растворенного кислорода и карбонатной жесткости водопроводной воды, поэтому различают противокоррозионную и противонакипную обработку воды.

Мягкая водопроводная вода с карбонатной жесткостью  $J_k \leq 2$  мг·эquiv/л накипи и шлама не дает. При использовании мягкой воды отпадает необходимость защиты системы горячего водоснабжения от зашламления. Но для мягких вод характерно высокое содержание растворенных газов и низкая концентрация водородных ионов  $pH < 7,2$ , поэтому мягкая вода наиболее опасна в коррозионном отношении. Водопроводная вода средней жесткости  $2 < J_k \leq 4$  мг·эquiv/л при нагревании образует на внутренней поверхности труб тонкий слой накипи, что несколько увеличивает термическое сопротивление подогревателей, но вполне удовлетворительно защищает металл от коррозии. Вода с повышенной жесткостью  $4 < J_k \leq 6$  мг·эquiv/л дает толстый налет шлама, который полностью устраняет коррозию. Установки горячего водоснабжения, питаемые такой водой, должны иметь защиту от зашламления. Вода с высокой жесткостью  $J_k > 6$  мг·эquiv/л из-за слабого «омыления» по нормам качества не рекомендуется к употреблению.



Таким образом, в закрытых системах теплоснабжения установки горячего водоснабжения при использовании мягких вод нуждаются в защите от коррозии, а при повышенной жесткости — от зашламления. Но поскольку при горячем водоснабжении невысокий нагрев воды не вызывает разложения солей постоянной жесткости, то для ее обработки применимы более простые методы, чем для подпиточной воды на ТЭЦ или в котельных.

Защита систем горячего водоснабжения от коррозии осуществляется использованием на ЦТП антикоррозионных установок или повышением антикоррозионной стойкости систем горячего водоснабжения.

*Антикоррозионные установки* сооружают в центральных тепловых пунктах. Эффективным средством умягчения водопроводной воды признана обработка воды в магномассовых фильтрах. Метод защиты с помощью магномассовых (доломитовых) фильтров основан на образовании на внутренних поверхностях труб тонких пленок пассивирующих покрытий. Зернистая магномасса с крупностью зерна 1—3 мм представляет собой продукт обжига доломита. Доломит—двойная углекислая соль кальция и магния, который при нагреве разлагается на карбонат кальция и окись магния

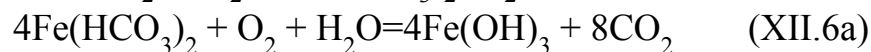
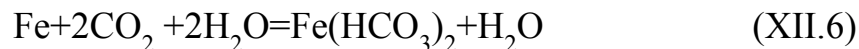


Магномасса активно поглощает из подогретой воды всю свободную и часть равновесной углекислоты, в результате этого карбонатная жесткость частично разгружается (стабилизируется), выпадающие карбонаты оседают на поверхности труб тонким слоем и тем самым пассивируют коррозионный процесс. Параллельно с поглощением свободной углекислоты возрастает водородный показатель воды pH, что способствует снижению коррозии.

Эффективность действия доломитовых фильтров зависит от организации мер, предупреждающих слеживание и заиливание зернистой массы, в результате которых резко понижается абсорбция углекислоты и возрастает гидравлическое сопротивление фильтра. Для этого должны проводиться регулярные интенсивные промывки насадки обратным током воды. Эффект промывки повышается с применением барботажа воздуха.

Расход магномассы составляет 400—600 кг в год па 1 м<sup>3</sup> объема фильтра. Догрузка фильтра производится при усадке слоя на высоту более чем на 20% от первоначальной высоты загрузки. Схема включения магномассовых фильтров в центральных тепловых пунктах показана на рис. V.4.

Существует большое количество установок обескислороживания, многие из которых широко используются. Водная лаборатория ВТИ установила высокую способность всех сталей поглощать весь кислород, растворенный в воде. Для улучшения этой способности сталей требуется большая поверхность контакта с водой и нагрев воды до 70°С и более. При наличии в воде свободной углекислоты окисление стали протекает по реакциям:



При отсутствии в воде растворенной углекислоты поглощение кислорода происходит по реакции



Сталестружечные фильтры должны включаться после подогревателей горячего водоснабжения. Горячая вода из подогревателей поступает на обработку в сталестружечные фильтры снизу вверх. Образующаяся ржавчина Fe(OH)<sub>3</sub> частично оседает на поверхности стружек, но основная ее масса удерживается в кварцевом или мраморном фильтре, куда вода поступает сверху вниз. Если поглощение кислорода протекает по реакциям (XII.6), то в фильтр загружается мраморная крошка (CaCO<sub>3</sub>), которая задерживает хлопья ржавчины и поглощает углекислоту, переходя в растворимый бикарбонат кальция по реакции (XI.4). При отсутствии в воде растворенного CO<sub>2</sub> для отфильтрования ржавчины применяют фильтры с кварцевым заполнением.

Стружка перед загрузкой в фильтр (рис XII.11) промывается 3—5%-ным раствором щелочи для удаления масла, затем горячей водой смываются следы щелочи. После этого стружка погружается на ~30 мин в 2—3 %-ный раствор серной или соляной кислоты, после этой обработки поверхность стружки приобретает мелкопористую структуру, обладающую повышенной адсорбционной способностью.

Со временем на стружке накапливается ржавчина, активность поглощения при этом уменьшается. С целью удаления ржавчины фильтр периодически промывают обратным током воды. Стружку заменяют, когда даже после повторного активирования в растворе кислоты содержание кислорода в воде отличается от предельной растворимости кислорода при данной температуре и давлении менее чем на 1,5—3 мг/л.

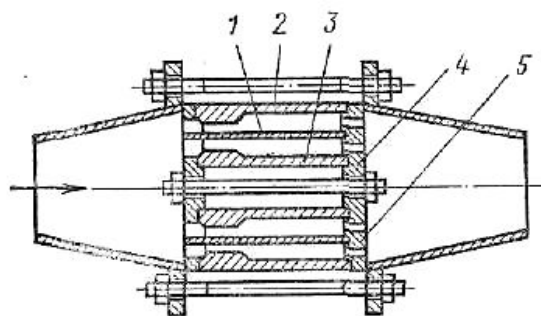


Рис. XII.12. Схема аппарата с постоянными магнитами для обработки воды:  
 1 — постоянный магнит; 2, 3 — фасонные цилиндры; 4 — диск из нержавеющей стали;  
 5 — диск из армо-железа

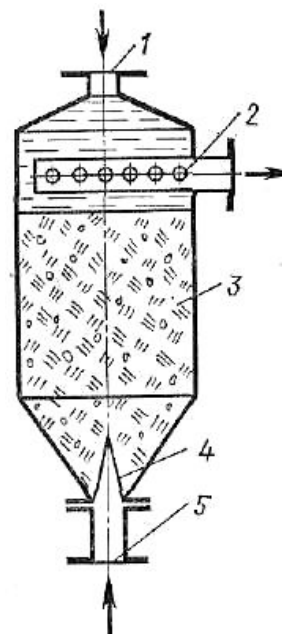


Рис. XII.11. Стале-стружечный фильтр:  
 1 — вход воды на промывку фильтра; 2 — выход деаэрированной воды; 3 — стальная стружка; 4 — коническая решетка; 5 — вход воды на деаэрацию

Для горячего водоснабжения наиболее целесообразны безреагентные методы обработки водопроводной воды, например магнитные. Под воздействием магнитного поля кристаллы солей приобретают мелкую структуру, теряющую способность оседать и прилипать на металлических поверхностях. При этом вода не меняет ни цвета, ни запаха и не дает осадка. Омагничивание воды способствует также разрыхлению и удалению ранее образовавшейся накипи в подогревателях горячего водоснабжения. Аппараты для магнитной обработки воды работают как с постоянными магнитами (рис. XII.12), так и с электромагнитами. Скорость воды в аппарате во время омагничивания принимается не более 1,3 м/с.

Перспективно применение электрохимического обескислороживания воды, разработанного НИИ Мосстроя. В разработанной конструкции обескислороживание достигается с помощью алюминиевого анода и железного катода при пропуске в цепи постоянного тока. Метод характеризуется незначительным расходом алюминия (10 г/м<sup>3</sup> воды) и электроэнергии. Промышленное освоение этого метода задерживается появлением в воде окислов алюминия, что требует длительных санитарных исследований.

Эффективным методом противокоррозионной защиты трубопроводов горячего водоснабжения является введение в воду ингибиторов коррозии. Из большого числа ингибиторов, допущенных к применению органами санитарного надзора, в последнее время получил широкое распространение силикат натрия.

*Повышение антикоррозионной стойкости* материалов достигается всевозможными протекторными покрытиями, изолирующими металл от воды и не допускающими образования гальванических сред, применением неметаллических труб. В качестве надежного протектора широко используют цинк. Электродный потенциал цинка в 5 раз меньше электродного потенциала стали. Стальные трубы с оцинкованной внутренней поверхностью лучше противостоят коррозии, чем обычные трубы. Но применение оцинкованных труб требует периодического возобновления оцинковки, так как цинковое покрытие со временем смывается. Допускается применение труб анодированных и из нержавеющей стали, а также труб, футерованных внутри эмалью. Но вследствие высокой стоимости таких труб использование их ограничено. На применение большинства неметаллических труб пока отсутствует разрешение Министерства здравоохранения СССР.

Полотенцесушители наиболее уязвимые элементы, так как в большинстве случаев присоединяются к циркуляционным стоякам, в которых при малой скорости (до 0,1 м/с) потока возникают застойные зоны. Застойные участки быстро зашламливаются, а под слоем шлама возникают благоприятные условия для развития язвенной коррозии. Для уменьшения коррозии рекомендуется применять полотенцесушители заводского изготовления (см. § III.5).

По предложению Академии коммунального хозяйства защиту систем горячего водоснабжения промышленных предприятий можно выполнять присадкой октадециламина в количестве 1,5 мг на литр воды. Присадка создает внутри труб пленку, не смачиваемую водой, в результате скорость коррозии снижается на 90%.

В борьбе с коррозией большое значение имеет выдержка гидравлических и температурных режимов горячего водоснабжения. Недопустима даже кратковременная работа системы, когда наблюдается опорожнение стояков, усиливающее подсос воздуха в верхних точках трубопроводов.

## **§ XII.10. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Современное централизованное теплоснабжение требует непрерывного вмешательства человека для регулирования работы оборудования тепловых станций, сетей и абонентских вводов с главного поста управления. Такая диспетчеризация основана на автоматической передаче информации из подстанций, контрольно-распределительных и тепловых пунктов в центральный диспетчерский пункт. С этой целью во всех характерных пунктах тепловой сети размещаются автоматические приборы с выводами электрических сигналов о показаниях контрольноизмерительных приборов, состоянии электрооборудования и о положениях запорно-регулирующей арматуры на центральный пульт управления. Дистанционное управление на больших расстояниях до объектов регулирования расширяет возможность диспетчерского рапорта, но требует значительных капитальных вложений на прокладку большого количества проводов линий связи. Внедрение телеконтроля и телемеханизации позволяет уменьшить эти затраты и повысить эффективность централизованного управления за счет значительного расширения количества объектов и точек контроля и сокращения времени на сбор информации. Дистанционное управление по телевидению подразделяют на оповещательное и исполнительное. Оповещательное телеуправление осуществляется автоматически, по вызову и непрерывно. Автоматическое оповещение оборудуется с целью передачи на пункт управления аварийно-предупредительного сигнала в случае возникновения аварии.

По вызову с места управления система телесигнализации телеизмерения позволяет получать периодическую информацию о состоянии контролируемых объектов или параметров теплоносителя. Система непрерывного оповещения организуется на сложных участках сети для передачи технологических параметров. Непрерывная информация в диспетчерском пункте может быть записана автоматическими приборами. Исполнительная система телемеханизации предназначена для подачи с пульта управления сигнала на изменение технологических режимов, а также на включение или выключение исполнительных органов. Централизованное диспетчерское телеуправление подачи тепла к многочисленным потребителям является важнейшим мероприятием повышения надежности тепловых сетей и производительности труда. Дистанционный телеконтроль освобождает большое количество постоянных дежурных в контрольно-распределительных, тепловых пунктах и подстанциях, при этом автоматическая телесигнализация создает наилучшую оперативность по предупреждению аварий.

Диспетчеризация открывает широкие перспективы для применения систем автоматического управления с вводом опросной информации от контролируемых объектов на ЭВМ для решения важнейших вопросов эксплуатации: 1) выбора оптимального сочетания центрального, группового, местного и индивидуального регулирования тепловой нагрузки с учетом местных метеоусловий и микроклимата в отдельных помещениях; 2) выбора оптимального варианта распределения тепловой нагрузки между основными и пиковыми источниками тепла; 3) ускоренной локализации аварийных участков и организации оптимального режима теплоснабжения в аварийных ситуациях; 4) выбора оптимальных условий технической эксплуатации систем теплоснабжения.