



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»

# **НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ СИСТЕМ И УСТАНОВОК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**КУРС ЛЕКЦИЙ**

**для студентов специальности 1-43 01 05  
«Промышленная теплоэнергетика»**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2007**

УДК 697.34.001.4(075.8)  
ББК 31.38я73  
Н23

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 4 от 20.02.2006 г.)*

Авторы-составители: *В. С. Малишевский, М. Н. Новиков*  
Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Информационные технологии»  
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. И. Токочаков*

**Н23** **Наладка** и испытание систем и установок теплоснабжения : курс лекций для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» / авт.-сост.: В. С. Малишевский, М. Н. Новиков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 53 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-648-6.

Освещены основные разделы дисциплины: принципы организации и наладки систем теплоснабжения; исходные данные для наладки; мероприятия по наладке; наладка и эксплуатация элеватора; дросселирование; определение теплоносителя по отдельным стоякам (ветвям) системы отопления; наладка систем горячего водоснабжения; промывка тепловых сетей и систем отопления; очистка водонагревателей горячего водоснабжения; приемка в эксплуатацию новых тепловых пунктов и сетей; требования к технической документации; учет тепловой энергии в тепловых пунктах; гидравлический режим в водяных тепловых сетях; испытания на плотность; испытание сетей на расчетную температуру теплоносителя.

Для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика».

**УДК 697.34.001.4(075.8)**  
**ББК 31.38я73**

**ISBN 978-985-420-648-6**

© Малишевский В. С., Новиков М. Н.,  
составление, 2007  
© Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», 2007

## **1. Основные принципы организации и наладки систем теплоснабжения**

Развитие промышленности и быстрый рост городов при планомерном расширении благоустроенного жилого фонда обуславливают увеличение теплоснабжения в стране, в первую очередь за счет развития централизованного теплоснабжения.

Эффективность использования теплоты во многих случаях недостаточна: завышены потери теплоты в тепловых сетях; разрегулировка и низкая гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения обуславливают общий перерасход теплоты и теплоносителя при недогреве одних и перегреве других потребителей. Важнейшими задачами теплоэнергетиков являются разработка и внедрение в системах теплоснабжения рациональных тепловых и гидравлических режимов, технических и организационных мероприятий, обеспечивающих максимальную экономичность работы этих систем, высокую эффективность и надежность их эксплуатации, а также нормальный микроклимат в жилых, общественных и производственных помещениях.

Разработка и внедрение указанных режимов и мероприятий являются предметом наладки централизованных систем теплоснабжения.

Наладка и регулировка водных систем централизованного теплоснабжения являются одними из важнейших функций эксплуатационного персонала теплоснабжающих предприятий, а также организаций и служб, в ведении которых находятся системы теплоснабжения и теплоиспользующие установки.

Наладка системы теплоснабжения имеет целью разработку и внедрение комплекса технических и организационных мероприятий, обеспечивающих подачу расчетного количества теплоносителя в каждую систему теплоснабжения и отдельные ее элементы, а также экономичность, надежность и безопасность эксплуатации источника теплоты и каждого звена системы теплоснабжения как при их работе, так и при их остановке.

При выполнении наладочных работ необходимо помнить, что все звенья системы теплоснабжения: сетевая теплофикационная или водоподогревательная установка источника теплоты, тепловые сети с находящимися на них насосными или дроссельными устройствами, тепловые пункты и все системы теплоснабжения составляют еди-

ную гидравлическую систему. Наладочные работы могут быть успешными лишь тогда, когда эти работы одновременно охватывают все указанные звенья. При наличии на тепловом вводе минимально необходимого гарантированного напора возможна наладка отдельного комплекса или отдельной крупной системы теплоснабжения, например, промышленного предприятия, уникального здания или сооружения при условии охвата всех без исключения местных систем теплоснабжения наладываемого комплекса.

При выполнении наладочных работ необходимо также по мере возможности разрабатывать мероприятия по совершенствованию организации эксплуатации и подготовки персонала, снижению тепловых и гидравлических потерь и утечки теплоносителя, улучшению качества подпиточной воды, борьбе с внутренней и наружной коррозией, а также по организации учета, отпуска и потребления теплоты.

Наладка систем централизованного теплоснабжения базируется на заданном распределении теплоносителя между отдельными системами теплоснабжения, а внутри них – между отдельными теплоприемниками соответственно их тепловым нагрузкам.

Достаточная гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения с отопительными установками, присоединенными к тепловой сети через водоструйные элеваторы, обеспечивается исходя из практических условий эксплуатации установленных к ним сопел, проходные отверстия которых рассчитаны на гашение всего располагаемого напора перед элеватором.

В безэлеваторных системах теплоснабжения (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) необходимое потокораспределение и устойчивость достигаются установкой перед системами теплоснабжения на их ответвлениях и перед каждым теплоснабжающим прибором или группой диафрагм, рассчитанных на гашение всего избыточного напора, т. е. напора, превышающего гидравлические потери в этих системах или приборах при расчетном расходе теплоносителя.

Наладка системы централизованного теплоснабжения по технологии ее исполнения включает в себя три этапа.

На первом этапе разрабатываются технические и организационные мероприятия, обеспечивающие требуемые расходы теплоносителя через все системы теплоснабжения при надежном, безопасном и наиболее экономичном для данных условий режиме работы всех звеньев системы теплоснабжения.

Первый этап включает в себя уточнение схем сетевой водоподогревательной установки источника теплоты и наружных тепловых сетей, принадлежащим потребителям теплоты, а также тепловых пунктов. Для систем теплоснабжения промышленных объектов, производственных или других зданий, в которых имеются калориферные установки и технологическое оборудование, необходимо также уточнение всех схем теплопотребляющих установок.

Разработка мероприятий для наладки является наиболее трудоемким этапом наладочных работ. В основе ее лежит изучение проектной, исполнительной и эксплуатационной документации по всем звеньям системы и их анализ, на данных которого базируется выбор оптимальных режимов работы системы и расчет параметров работы всего оборудования.

На втором этапе разработанные технические решения внедряются во всех звеньях системы. При этом особое внимание уделяется мероприятиям, влияющим на гидравлический режим сети и систем.

Третий этап наладочных работ сводится к коррекции размеров отверстий дроссельных устройств и к соответствующей настройке автоматических регуляторов расхода, напора, давления и температуры. Коррекция производится на основании данных о фактическом режиме работы отдельных теплоприемников или системы теплопотребления в целом, которое определяется путем замера температуры и давления сетевой воды в подающих и обратных трубопроводах на вводах тепловой сети или внутри систем теплопотребления.

К регулировке системы централизованного теплоснабжения приступают после выполнения всех мероприятий для наладки, к которым относятся: перекладка участков сети с недостаточной пропускной способностью, ввод в эксплуатацию насосных и дроссельных станций и установка всех без исключения регулирующих устройств. Попытка отрегулировать систему теплоснабжения до полного внедрения всех мероприятий, как правило, не дает положительных результатов.

## 2. Исходные данные для наладки

Исходные данные для наладки централизованных систем теплоснабжения содержатся в проектной, исполнительной и эксплуатационной документации. К указанной документации относятся:

- 1) климатические показатели для данного населенного пункта;
- 2) схемы водоподогревательных установок ТЭЦ, пиковых или районных котельных;
- 3) исполнительные планы и профили тепловых сетей;
- 4) схемы расположения запорной и регулирующей арматуры в тепловых камерах и узлах разветвления на теплопроводах;
- 5) перечень зданий и сооружений, присоединенных к налаживаемой тепловой сети, с характеристикой их систем теплопотребления;
- 6) расчетные значения тепловой нагрузки зданий и нормативные значения температур воздуха в помещениях.

К климатическим показателям относятся: расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления и вентиляции, средняя температура наружного воздуха за отопительный период, скорость ветра в январе и продолжительность отопительного периода, в том числе продолжительность стояния различных среднесуточных температур от абсолютно минимальной до температуры  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$  на протяжении этого периода.

При ознакомлении с источником теплоснабжения уточняют:

- 1) типы, технические характеристики и количество теплофикационных турбин, РОУ, паровых и водогрейных котлов;
- 2) типы, технические характеристики и количество всех видов теплообменников, входящих в состав сетевой водоподогревательной установки;
- 3) общую схему коммуникаций сетевой водоподогревательной установки, схему поперечных связей между отдельными водоподогревательными установками внутри станции, диаметры и длину трубопроводов, связывающих теплофикационное оборудование, эксплуатационные данные о потерях напора на отдельных участках и в водоподогревательной установке в целом при различных схемах работы оборудования;

4) типы, технические характеристики и количество подпорных, сетевых и подпиточных насосов, а также рециркуляционных насосов у водогрейных котлов;

5) схему водоподготовки для подпитки тепловой сети; вид химической обработки, тип и мощность деаэрационных установок, количество, вместимость и схему включения аккумуляторных баков, фактическую подпитку сетей;

6) наличие схемы установки и пределы настройки защитных устройств и автоматических регуляторов подпитки, температуры, давления, расхода и др.;

7) наличие приборов контроля параметров теплоносителя и учета расхода теплоты;

8) абсолютные или относительные геодезические отметки оси сетевого насоса (или пола машинного зала), выводного коллектора тепловой сети и площадки, на которой установлены деаэрационные баки подпитки тепловой сети;

9) места и схемы присоединения систем теплоснабжения зданий и сооружений самого источника теплоты.

По данным обследования источника теплоты составляется схема коммуникаций сетевой водоподогревательной установки. В экспликации к схеме приводится перечень основного оборудования (котлов, водоподогревателей, сетевых, подпиточных и рециркуляционных насосов и т. д.) с их техническими данными (производительность по теплоте и воде, допустимые температура и давление, расчетный напор и т. д.).

Примерная схема водоподогревательной установки приведена на рис. 2.1.

По проектной и исполнительной документации, а также непосредственным обследованием тепловой сети следует определить:

1) точную схему трубопроводов сети – диаметры и длины трубопроводов на каждом участке между тепловыми камерами (узлами разветвлений);

2) места установки запорной и регулирующей арматуры;

3) вид и количество местных сопротивлений на каждом участке сети, в том числе типы компенсаторов;

4) схему коммуникаций в тепловых камерах и в узлах разветвлений;

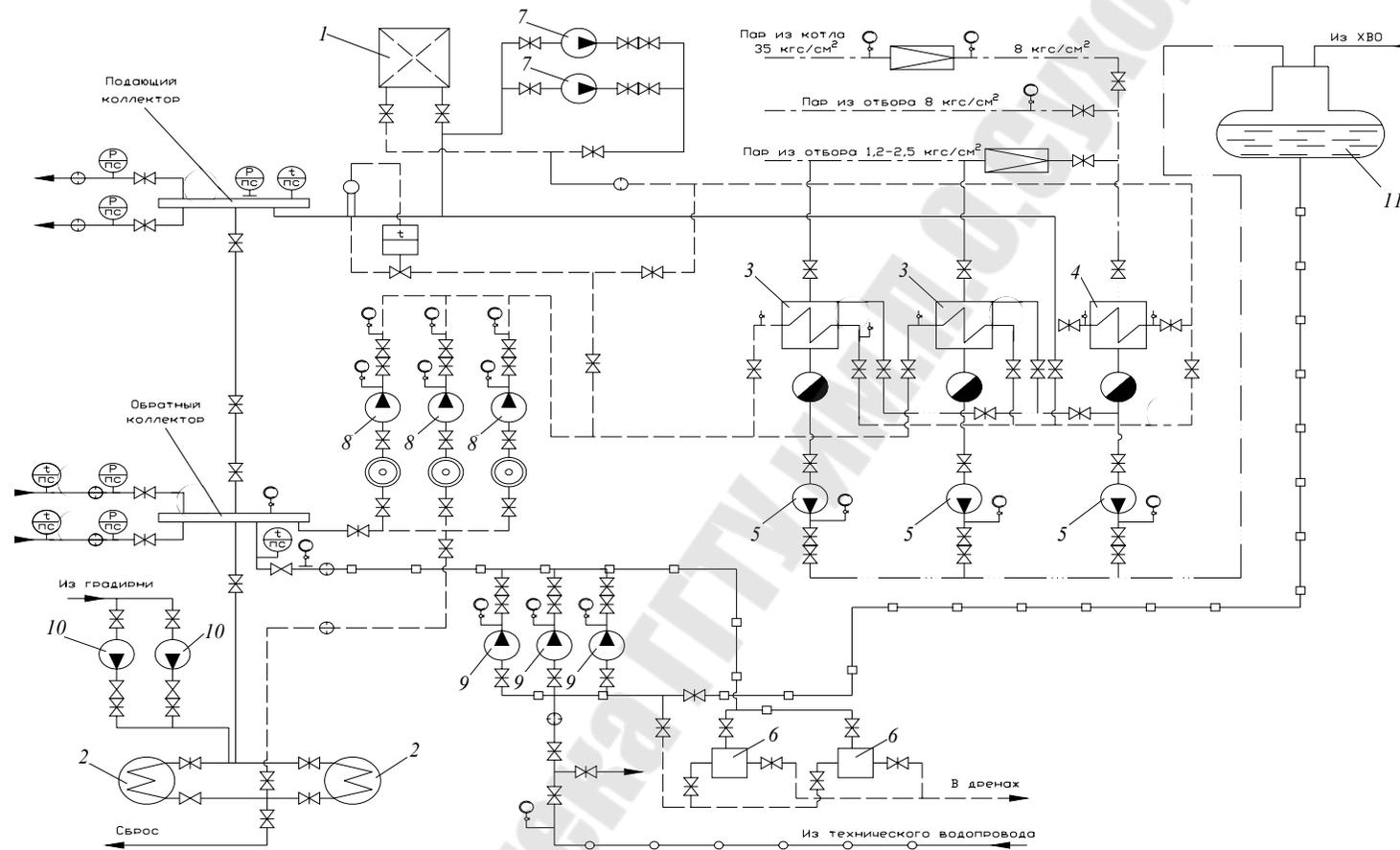


Рис. 2.1. Схема водоподогревательной установки ТЭЦ:

1 – водогрейный котел ПТВМ-50,  $Q = 50$  Гкал/ч; 2 – конденсаторы турбин № 1; 3 – основной подогреватель БО-200; 4 – пиковый подогреватель БП-200; 5 – конденсатные насосы 5КС-5х2; 6 – аккумуляторные баки подпиточной воды,  $V = 1000$  м<sup>3</sup>; 7 – центробежные рециркуляционные насосы; 8 – сетевые насосы 14Д-60,  $G = 500$  м<sup>3</sup>/ч,  $H = 11,3$  кгс/см<sup>2</sup>; 9 – подпиточные насосы 3в 200х2а,  $G = 380$  м<sup>3</sup>/ч,  $H = 11,3$  кгс/см<sup>2</sup>; 10 – циркуляционные насосы; 11 – дэаэратор подпиточной воды

5) расположение насосных станций, их назначение, схему коммуникаций в них, тип, характеристики и количество насосов;

6) фактическую температуру и давление в текущем или предыдущем отопительном периоде на коллекторах источника теплоты и в характерных точках сети; фактический отпуск теплоты и качество теплоснабжения отдельных характерных потребителей;

7) фактическое состояние труб, их гидравлическое сопротивление;

8) места установки средств автоматического регулирования и защиты, их тип, назначение, схему включения и пределы настройки (уставки);

9) точки расстановки контрольно-измерительных приборов;

10) тип прокладки трубопроводов, состояние каналов и камер, тип и состояние антикоррозионной и тепловой изоляции;

11) геодезические отметки осей трубопроводов в камерах, узлах разветвления и других характерных точках сети.

По материалам обследования тепловой сети составляются:

1) однолинейная безмасштабная расчетная схема тепловой сети (рис. 2.2);

2) масштабный продольный профиль магистральных и основных распределительных сетей с обязательным включением самых высоких и самых низких точек сети;

3) схемы коммуникаций тепловых камер и узлов, подлежащих реконструкции.

На расчетную схему сети наносятся:

1) все расчетные участки сети с указанием присвоенных им идентификаторов, включающих номера расчетного участка, диаметры, мм, длины труб, м, расчетный расход теплоносителя, т/ч;

2) все системы теплоснабжения, присоединенные к сети, обозначаемые геометрическим контуром, повторяющим конфигурацию отапливаемого здания (в небольших системах теплоснабжения) или квадратом; внутри контура или квадрата через дробь указываются номер потребителя теплоты и расчетный расход теплоносителя, т/ч;

3) узловые камеры с присвоенными им эксплуатационными номерами и имеющаяся в них запорная и регулирующая арматура;

4) насосные станции, пункты регулирования давления и расщепки сети на зоны и другие сооружения;

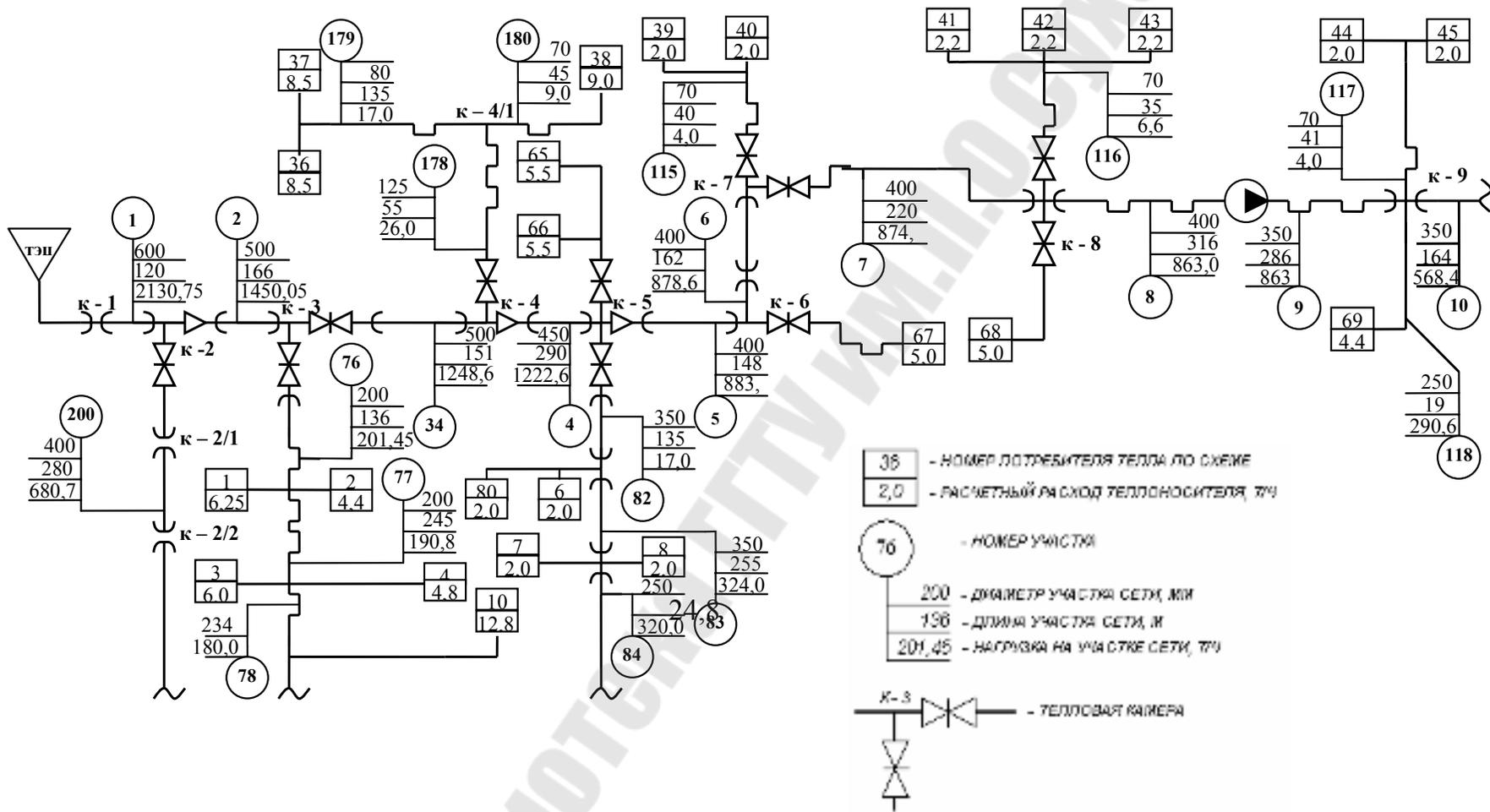


Рис. 2.2. Расчетная схема тепловой сети

5) компенсаторы, переходы диаметров, углы поворота трассы и другие местные сопротивления.

На схемах коммуникаций тепловых камер или узлов разветвлений наносятся подающий и обратный трубопроводы основной магистрали и ответвления от нее с указанием направления потока от источника теплоты; запорная, регулирующая, дренажная и воздухопускная арматура, компенсаторы, переходы диаметров труб и установленные контрольно-измерительные приборы.

При обследовании индивидуальных (ИТП) и центральных (ЦТП) тепловых пунктов выявляют схемы подключения систем теплоснабжения к тепловым сетям, наличие контрольно-измерительных приборов и автоматических регуляторов, а также технические характеристики установленного оборудования. В процессе обследования систем теплоснабжения жилых и административно-общественных зданий выявляют тип схем отопления и виды установленных нагревательных приборов.

Расчетная тепловая нагрузка зданий в первом приближении определяется по их удельным тепловым отопительным и вентиляционным характеристикам в зависимости от строительного объема по наружному обмеру и расчетной температуры воздуха в помещениях.

### **3. Мероприятия по наладке**

Мероприятия по наладке системы теплоснабжения разрабатываются на основе данных обследования и выполненных расчетов. Они включают в себя весь комплекс по подготовке системы к нормальной эксплуатации в расчетном режиме и в случае необходимости к ее регулировке.

Мероприятия по наладке, как правило, предусматривают:

- ликвидацию дефектов в строительных конструкциях прокладки трубопроводов: каналах, тепловых камерах, опорах, мачтах и т. д.; приведение этих конструкций в соответствие с Правилами технической эксплуатации и с Правилами техники безопасности при эксплуатации тепловых сетей;
- восстановление тепловой изоляции трубопроводов и оборудования в камерах, каналах и на тепловых пунктах;

– утепление отапливаемых зданий: остекление оконных проемов и фонарей промышленных зданий, заделку щелей в строительных конструкциях, устройство тамбуров, предусмотренных проектом, и т. д.;

– приведение водоподогревательной установки источника тепла по тепловой производительности в соответствие с расчетной тепловой нагрузкой присоединенных потребителей, а сетевых и подпиточных насосов – с гидравлической характеристикой тепловой сети и систем теплоснабжения;

– оснащение водоподогревательной установки контрольно-измерительными приборами в соответствии с техническими требованиями;

– перекладку отдельных участков теплопроводов, не обеспечивающих необходимую пропускную способность сети;

– устройство (при необходимости) насосных подстанций на сети с указанием точек их размещения, принципиальных схем их компоновки и автоматизации, количества и характеристики рекомендуемых насосов;

– приведение схем тепловых вводов в соответствие с требованиями разработанного гидравлического режима и правилами технической эксплуатации;

– приведение теплоприемников местных систем по количеству, площади поверхности нагрева, схеме обвязки и характеру подключения в соответствии с расчетной тепловой нагрузкой;

– внедрение принципиальных схем автоматического регулирования и защиты, рекомендуемых для систем теплоснабжения, с привязкой их к источнику теплоты, конкретным точкам тепловой сети, тепловым вводам и системам теплоснабжения;

– расстановку дроссельных устройств на тепловой сети, вводах, ответвлениях в местных системах и у отдельных теплоприемников с указанием диаметров отверстий диафрагм (шайб) и места их установки (на подающем или обратном трубопроводе);

– особые указания по тепловому и гидравлическому режиму источника теплоты, тепловой сети, насосных и дроссельных станций, тепловых пунктов и систем теплоснабжения.

Комплекс мероприятий для наладки системы теплоснабжения должен обосновываться технико-экономическими расчетами. Напри-

мер, при необходимости повышения располагаемого напора в конце тепловой магистрали требуемый результат может быть достигнут внедрением любого из нижеуказанных мероприятий:

- 1) увеличением напора сетевого насоса на источнике теплоты;
- 2) снижением потерь напора в трубопроводах сети за счет перекладки отдельных ее участков с увеличением диаметра труб;
- 3) установкой подкачивающего насоса перед участком сети, в котором требуется повышение напора;
- 4) прокладкой дополнительной магистрали с достаточной пропускной способностью непосредственно от головного участка сети или от источника теплоты до участков с недостающим напором.

Каждый из перечисленных вариантов в конкретных условиях имеет свои положительные и отрицательные стороны. Иногда наиболее приемлемый с точки зрения технико-экономических показателей вариант не может быть реализован по местным условиям. Например, в стесненных условиях расположения подземных коммуникаций под городскими проездами может отсутствовать возможность увеличения диаметра существующей прокладки теплосети до необходимого размера. Возможны ситуации, когда по условиям городской застройки в районе, где необходимо сооружение насосной подкачивающей станции, отсутствует площадка для ее размещения.

Наладочные мероприятия следует проводить по тщательно разработанному плану, в котором должны предусматриваться очередность и порядок выполнения каждого вида работ.

В первую очередь должны выполняться работы, от которых зависит возможность обеспечения расчетным количеством теплоносителя всех потребителей теплоты: доведение тепловой и гидравлической мощности источника теплоты до расчетной, перекладка или дополнительная прокладка участков сети, сооружение или реконструкция насосных подстанций на сети, обеспечивающих расчетный напор на вводах потребителей.

До начала отопительного периода схемы тепловых пунктов и обвязки теплопотребляющих приборов должны быть приведены в соответствие со схемами, предусмотренными тепловым и гидравлическим расчетом.

Весьма важным элементом наладочных работ является расстановка расчетных дроссельных устройств на тепловых вводах и в сис-

темах теплотребления, а также настройка регуляторов напора, расхода, температуры и т. д.

Наиболее целесообразно устанавливать все расчетные дроссельные устройства в системе теплоснабжения заранее, до отопительного периода. Это создает благоприятные условия для внедрения в системе расчетного режима. Если к началу отопительного периода дроссельные устройства не были установлены, необходимо, чтобы их установка проводилась одновременно на всех тепловых пунктах и во всех системах. Для этого все дроссельные органы и диаграммы и сопла должны быть заранее заготовлены и рассортированы по местам назначения. Установка их производится одновременно в дни относительного потепления. В первую очередь устанавливаются центральные диафрагмы на вводах и ответвлениях к отдельным системам, затем к наиболее хорошо работающим приборам.

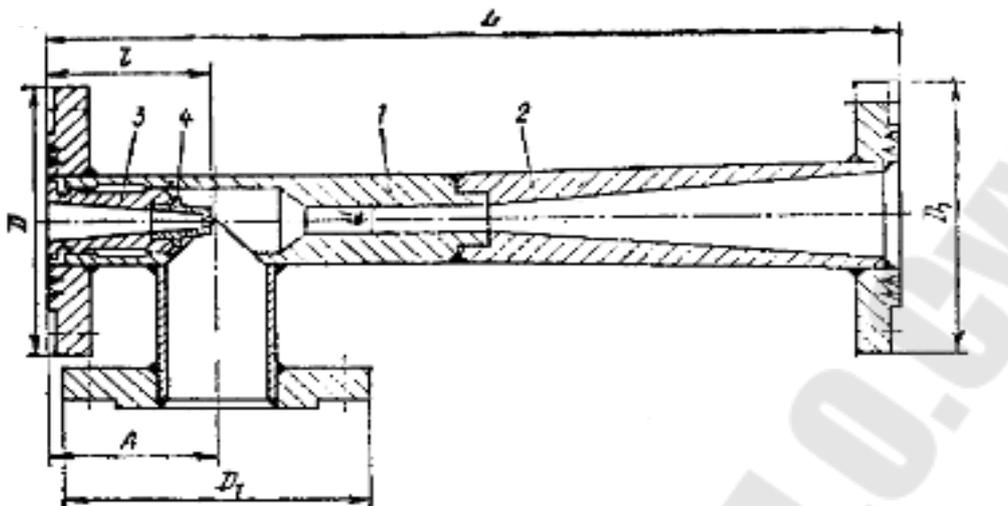
При наличии в системах автоматических регуляторов они должны одновременно с установкой дроссельных диафрагм настраиваться на поддержание заданных расчетных параметров: напора, расхода или температуры.

После установки дроссельных устройств необходимо убедиться, что все запорные органы (задвижки, вентили и краны) на вводах, ответвлениях и у теплотребляющих приборов полностью закрыты.

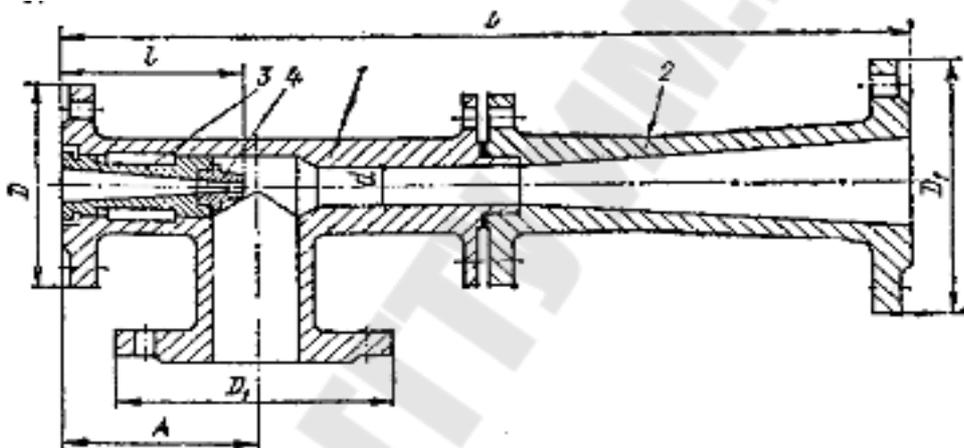
#### **4. Наладка и эксплуатация элеватора**

Элеваторы предназначены для снижения температуры воды, поступающей из тепловой сети в местную систему, до необходимой температуры путем ее смешения с обратной водой системы отопления. Элеватор состоит из сопла, камеры всасывания, камеры смешивания и диффузора. Наиболее совершенным элеватором, обеспечивающим наибольший коэффициент полезного действия ( $\eta = 0,24$ ), является элеватор типа ВТИ Мосэнерго. Этот элеватор изготавливают в двух модификациях: со стальным и чугунным корпусом (рис. 4.1).

Отличительной особенностью этого элеватора является сменное сопло, которое при необходимости может быть заменено или расверлено.



a)



б)

Рис. 4.1. Элеваторы водоструйные типа ВТИ:

а – стальной; б – чугунный; 1 – корпус; 2 – диффузор; 3 – стакан; 4 – сопло

Основным требованием к изготовлению и монтажу (сборке) элеватора является достижение максимального (расчетного) коэффициента полезного действия элеватора. Максимальный КПД может быть обеспечен при соблюдении соосности основных деталей элеватора (сопла, камеры смешения, диффузора) и при тщательной обработке поверхности, проточной части элеватора, особенно сопла и стакана, а также камеры смешения. Для достижения максимальной соосности посадочные размеры отдельных деталей выполняют с минимальными допусками. Внутреннюю поверхность сопла шлифуют, а поверхность камеры смешения обрабатывают не ниже 6-го класса точности. Сопло должно входить в элеватор свободно; в противном случае будет сложна замена сопла.

Причиной неудовлетворительной работы элеватора могут быть плохое качество изготовления отдельных узлов и неправильная сборка, а именно: а) отсутствие соосности между соплом и проточной частью элеватора (камерой смешения и диффузором) из-за неперпендикулярности оси проточной части или из-за поперечного смещения оси сопла относительно оси проточной части; б) применение сопла с длиной больше или меньше оптимального значения для данного номера элеватора; в) пропуск воды в зазоре между фланцем и корпусом элеватора из-за неполного прикрытия этого зазора прокладкой; г) пропуск сетевой воды через резьбу сменного наконечника сопла; д) плохая обработка внутренней поверхности сопла (стакана и сменного наконечника).

Кроме того, элеватор может не выполнить свои функции, если изменились параметры, на которые он был рассчитан – уменьшился располагаемый напор перед элеватором; увеличилась потеря напора в системе отопления. Причиной плохой работы может быть также неверный расчет или несоответствие элеватора расчетным условиям, несоответствие фактического номера элеватора расчетному, завышенный или заниженный диаметр сопла. Элеватор может производить значительный шум вследствие наличия трещин, заусениц и неровностей на выходной части сопла или же его перекосов. Шум может возникать при гашении в сопле элеватора большого напора. Уменьшенный расход сетевой воды через элеватор может быть по причине частичного засорения сопла.

Если здание перегревается, то через сопло элеватора проходит расход сетевой воды больше требуемого. При этом, если перегрев происходит равномерно, расход воды в системе отопления равен расчетному значению или больше его. Повышенный расход сетевой воды через сопло элеватора является результатом завышения его диаметра по сравнению с требуемым. В данном случае наладка сводится к замене на сопло меньшего диаметра. При расчете диаметра сопла необходимо полностью погасить располагаемый напор в сопле элеватора в случае установки элеватора в двухтрубной системе отопления. Если диаметр сопла по расчету получился менее 3 мм, то устанавливают дроссельную шайбу, в которой гасится часть напора. При этом необходимо исходить из минимально располагаемого напора, который может иметь место в течение достаточно длительного времени.

При однотрубных системах отопления диаметр сопла выбирают по расчетному или несколько увеличенному коэффициенту смешения. Избыточный напор снижается дроссельными шайбами, как и в предыдущем случае. После установки сопла определяют фактический коэффициент смешения по измерительным температурам и расход сетевой воды по измеренному располагаемому напору. Если при полном открытии всех задвижек, регулирующих клапанов расход воды окажется ниже нормы, то необходимо увеличить диаметр дроссельных шайб (если они установлены), а также проверить возможность увеличения диаметра шайбы регулятора расхода при ее наличии. В противном случае следует увеличить диаметр сопла. Если расход сетевой воды окажется выше нормы, то при наличии дроссельных шайб можно несколько уменьшить располагаемый напор уменьшением их диаметра или установкой новых шайб (если на вводе имеется избыточный напор). При невозможности уменьшения расхода указанным способом сопло следует заменить соплом с меньшим диаметром. Новый диаметр сопла определяют по ранее рассчитанному и выполненному в натуре диаметру по формуле

$$d_n = d_\phi \sqrt{\frac{G_n}{G_\phi}}, \quad (4.1)$$

где  $d_\phi$ ,  $d_n$  – соответственно фактический и устанавливаемый вновь диаметр сопла элеватора, мм;  $G_\phi$ ,  $G_n$  – соответственно фактический завышенный (или уменьшенный) и требуемый расход воды, т/ч.

Новый коэффициент смешения при изменении фактического диаметра сопла находят по формуле

$$U_n = (1 + U_\phi) \cdot d_\phi / d_n - 1, \quad (4.2)$$

где  $U_n$ ,  $U_\phi$  – соответственно новый и фактический (измеренный) коэффициент смешения.

В случае, если здание недогревается, это указывает на недостаточный расход воды через сопло, который может происходить по следующим причинам: заниженному диаметру сопла, недостаточному напору перед элеватором, повышенному сопротивлению местной системы. Неравномерный прогрев системы является результатом недостаточного расхода воды в местной системе вследствие низкого значения коэффициента смешения. Коэффициент смешения также снижается вследствие увеличения сопротивления системы. Для определения

действительной причины неудовлетворительной работы элеватора необходимо провести измерения для определения расхода воды через сопло, коэффициента смешения и сопротивления системы. После определения этих величин намечают мероприятия по устранению недостатков неудовлетворительной работы элеватора.

Основной характеристикой элеватора является коэффициент смешения  $u_p$ , т. е. отношение расхода подмешиваемой (обратной от системы отопления) воды к расходу горячей воды, поступающей из тепловой сети:

$$u_p = \frac{G_{от} - G_c}{G_c}, \quad (4.3)$$

где  $G_c$  – расчетный расход сетевой воды, т/ч;  $G_{от}$  – расчетный расход воды в местной системе отопления, т/ч.

Значение  $u_p$  также определяют из уравнения теплового баланса элеваторного ввода, которое может быть выражено через температуры смешиваемой воды:

$$u_p = \frac{t_{1p} - t_{2p}}{t_{3p} - t_{2p}}, \quad (4.4)$$

где  $t_{1p}$  – расчетная температура горячей воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С;  $t_{2p}$  – расчетная температура обратной воды местной системы, °С;  $t_{3p}$  – расчетная температура смешанной воды, поступающей в местную систему отопления, °С.

Для создания расчетного коэффициента смешения разность напоров в подающем и обратном трубопроводах (располагаемый напор  $H_{рас}$ ) перед элеватором должна быть не менее

$$H_{рас} = 1,4h \cdot (1 + u_p)^2, \quad (4.5)$$

где  $h$  – величина расчетных гидравлических потерь в местной системе отопления, м в. ст.

Необходимый располагаемый напор перед элеватором можно определять по номограмме.

Элеваторы выбирают в зависимости от размера диаметра камеры смешения (горловины), который равен:

$$d_r = 8,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_c(1 + u_p)^2}{h}}. \quad (4.6)$$

При выборе номера элеватора по расчетному диаметру камеры смещения следует брать стандартный элеватор с ближайшим меньшим камеры смещения, так как завышенный диаметр камеры снижает КПД элеватора. Диаметр выходного сечения сопла элеватора определяют по формуле

$$d_c = 9,6 \cdot 4 \sqrt{\frac{G^2}{H_{\text{рас}}}}, \quad (4.7)$$

где  $H_{\text{рас}}$  – напор, дросселируемый в сопле элеватора, м.

Определить диаметр сопла и выбрать номер элеватора можно по номограммам.

## 5. Дросселирование

Диаметр отверстия дроссельной шайбы определяют по формуле

$$d_d = 10 \sqrt[4]{\frac{G_1^2}{\Delta H}}, \quad (5.1)$$

где  $G_1$  – расчетный расход сетевой воды через отверстие, т/ч;  $\Delta H$  – дросселируемый напор, м вод. ст.

Дросселируемый в диафрагме напор находят как разность между располагаемым напором перед системой теплоснабжения или отдельным теплоприемником и гидравлическим сопротивлением системы (с учетом сопротивления установленных в ней дроссельных устройств) или сопротивлением теплоприемника.

Дроссельные шайбы могут быть установлены на подающем или обратном теплопроводе или на обоих теплопроводах. При установке дроссельных шайб на вводе системы отопления их следует устанавливать: на подающем трубопроводе при значительном давлении в нем, на обратном трубопроводе – при незначительном давлении в нем с целью создания подпора в системе отопления.

Не рекомендуется устанавливать дроссельные шайбы диаметром менее 2,5 мм. Если по расчету диаметр определен менее 2,5 мм, то следует установить последовательно две шайбы (например, до и после теплообменника) соответственно большего диаметра.

Дроссельные шайбы устанавливают во фланцевых (рис. 5.1) или резьбовых (рис. 5.2) соединениях.

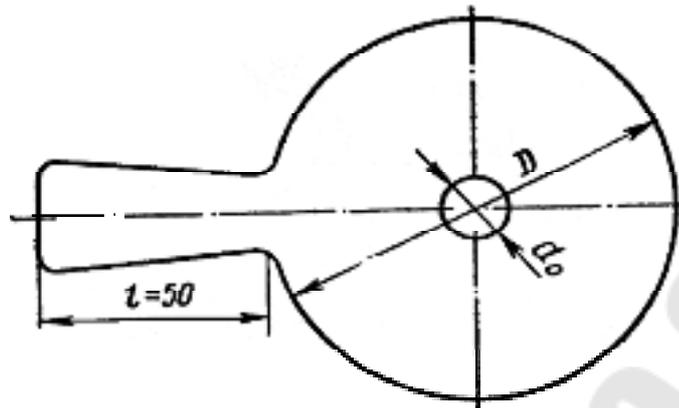


Рис. 5.1. Установка дроссельных диафрагм во фланцевых соединениях

Дроссельные шайбы на тепловом пункте устанавливают после грязевика. Следует иметь в виду, что дроссельная шайба является местным сопротивлением. Поэтому ее необходимо устанавливать на соответствующем расстоянии от измерителей расхода, определяемом паспортными данными.

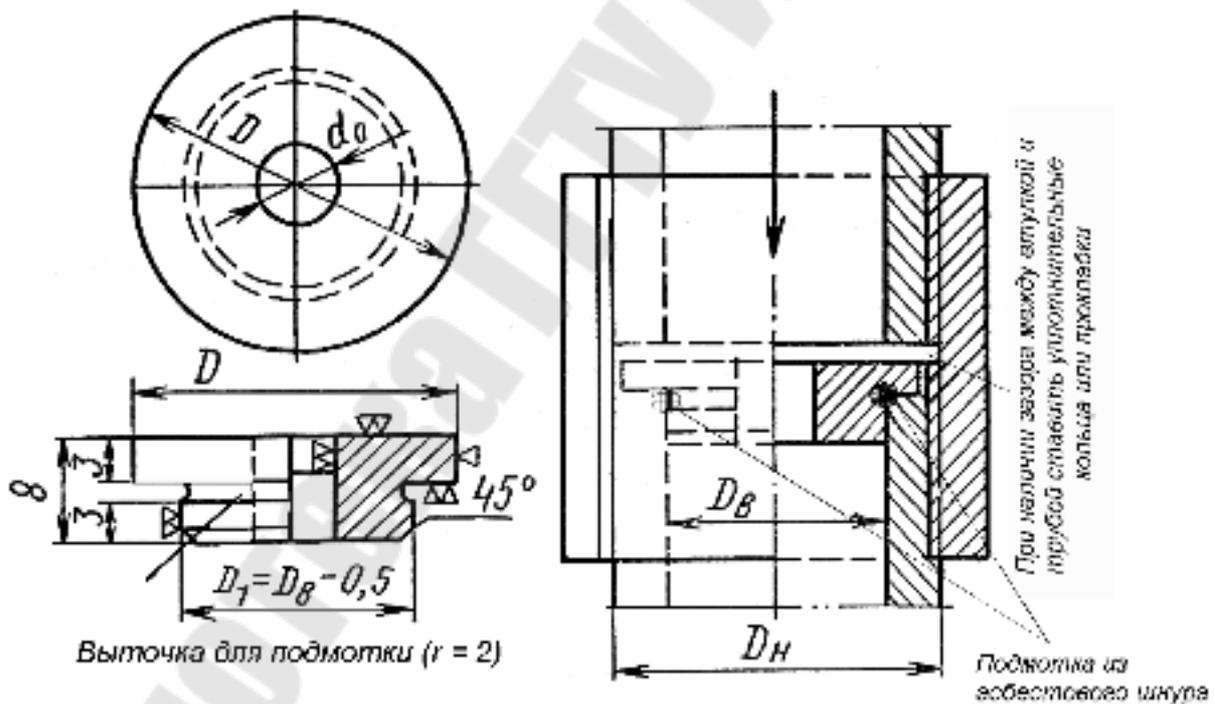


Рис. 5.2. Установка дроссельных диафрагм в резьбовых соединениях

При необходимости установки дроссельной диафрагмы на тепловой сети ее устанавливают на специальном байпасе (рис. 5.3). В этом случае при расчете дроссельной диафрагмы учитывают сопротивление байпаса.

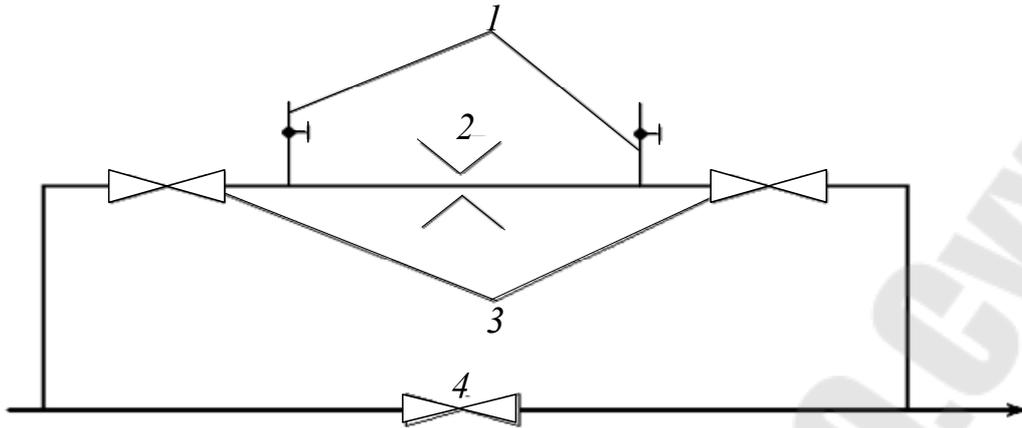


Рис. 5.3. Схема байпаса для установки дроссельной диафрагмы на трубопроводе тепловой сети:  
 1 – вентили диаметром 15 мм для продувки диафрагмы и измерения давления; 2 – дроссельная диафрагма; 3, 4 – задвижки

## 6. Определение теплоносителя по отдельным стоякам (ветвям) системы отопления

Обычно при расчете системы отопления стремятся к увязке колец таким образом, чтобы их сопротивление было одинаковым. Кроме того, конструктивно стремятся выполнить отдельные циркуляционные кольца одинаковой длины (система с попутным движением воды).

В современных секционных системах увязки сопротивлений по отдельным стоякам достигают на стадии проектирования. Однако в некоторых случаях этого не удастся сделать, например, в тупиковых системах. В этих случаях производят регулировку колец кранами на стояках, увеличивая степень их закрытия в направлении от самого удаленного стояка к ближайшему. Такую регулировку выполняют также с помощью дроссельных шайб, установленных на стояках. Регулировку кранами на стояках следует производить и в том случае, если отдельные из них недополучают теплоты, а другие перегреваются (регулируют путем уменьшения проходного сечения кранов на перегреваемых стояках). Для расчета диаметров дроссельных шайб, устанавливаемых на стояках, определяют расчетный расход воды по каждому стояку:

$$G_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{ст}}}{c \Delta t_{\text{расч}}}, \quad (6.1)$$

где  $Q_{\text{ст}}$  – суммарная мощность нагреваемых приборов;  
 $\Delta t_{\text{расч}} = \tau_3 - \tau_{2,0}$  – расчетный перепад для системы отопления.

Затем применяют значение дросселируемых напоров из условия: для первых по ходу воды стояков – 0,4–0,6 м; для средних – 0,1–0,4 м; для последних – 0,1–0,05 м. При перегреве отдельных помещений на приборах этих помещений устанавливают дроссельную шайбу, определив диаметр из условия прохождения через нее расчетного расхода воды, приняв потери напора в приборе равным 0,05 м.

## 7. Регулирование теплоотдачи нагревательных приборов по высоте (вертикальной регулировки) стояка в двухтрубных и однотрубных системах

В двухтрубных системах, как правило, вследствие влияния естественного напора перегреваются приборы верхних этажей. В случае, если в нижних этажах перегрев отсутствует, производят снижение теплоотдачи приборов верхних этажей путем уменьшения проходного сечения кранов двойной регулировки. При отсутствии таких кранов перед приборами устанавливают дроссельные шайбы или уменьшают их поверхность нагрева. В случае, если происходит перегрев приборов в верхних этажах и недогрев в нижних, следует с помощью кранов двойной регулировки уменьшить проходное сечение на верхних этажах и увеличить в нижних этажах. При отсутствии кранов на обратном трубопроводе между перегреваемыми и недогреваемыми этажами устанавливают дроссельную шайбу (рис. 7.1).

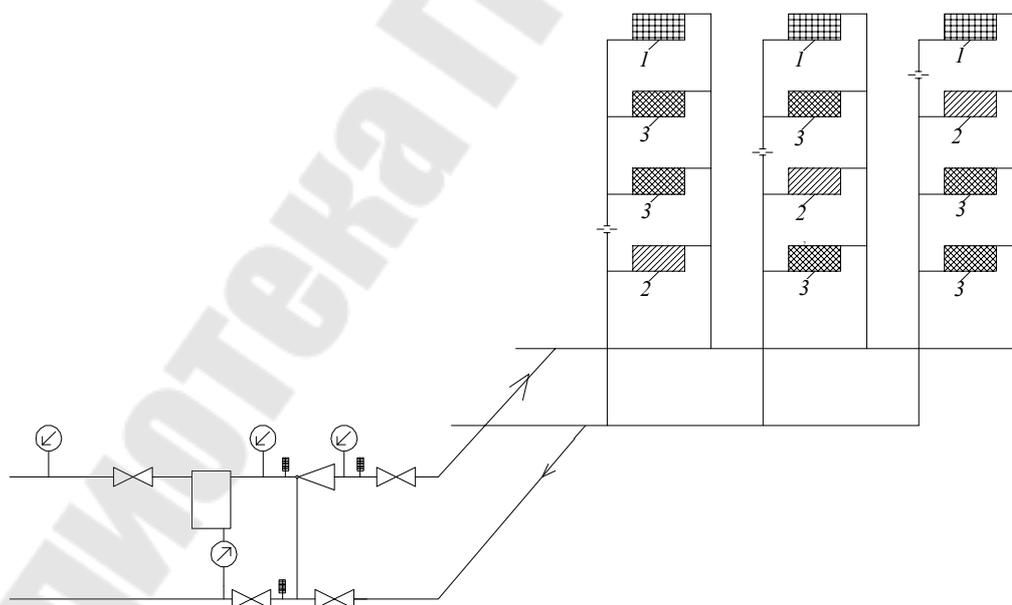


Рис. 7.1. Схема установки дроссельных шайб в двухтрубной схеме отопления:  
 1 – перегреваемые приборы; 2 – непрогретые приборы;  
 3 – нормально прогреваемые приборы; 4 – дроссельные шайбы

В случае перегрева верхних этажей и недогрева нижних в однотрубных системах с замыкающимися участками проводят следующие мероприятия: устанавливают дроссельные шайбы перед приборами верхних этажей; уменьшают поверхность нагрева приборов; увеличивают диаметры замыкающих участков у верхних приборов; демонтируют замыкающие участки у приборов нижних этажей (1–2-й этаж) и при необходимости увеличивают диаметры подводок.

При равномерном недогреве отопительных приборов верхних этажей и одновременном перегреве приборов нижних этажей уменьшают коэффициент смешения элеватора путем прикрытия задвижки после элеватора. При недогреве отопительных приборов верхних этажей на отдельных стояках устанавливают дроссельные шайбы на замыкающих участках этих приборов.

В двухтрубных системах отопления равномерность прогрева отопительных систем повышается с увеличением расхода воды отопительной системе. При элеваторном присоединении в том случае, если на воде имеется излишний напор, его необходимо погасить в сопле элеватора, при этом возрастает коэффициент смешения и, следовательно, общий расход воды в отопительной системе. При насосном смешении и избыточной производительности насосов также может быть увеличен коэффициент смешения. Для однотрубных отопительных систем значительно увеличивать расход воды в системе по сравнению с расчетным не рекомендуется, так как это может привести к поэтажной разрегулировке значительным снижением внутренних температур отапливаемых помещений верхних этажей.

## **8. Наладка систем горячего водоснабжения**

Задачей наладки системы горячего водоснабжения является разработка и внедрение комплекса мероприятий, обеспечивающих распределение циркуляционного расхода между системами зданий, секционными узлами и стояками в соответствии с их расчетными расходами с целью получения нормативных значений температуры горячей воды у всех водоразборных кранов. Согласно СНиП П-34–76, температура горячей воды у водоразборного крана в закрытой системе водоснабжения включает три этапа: обследование системы и разработку мероприятий по наладке, выполнение разработанных мероприятий и регулировку системы.

При обследовании системы и разработке мероприятий составляют и уточняют схемы внутриквартальной сети, уточняют схемные расположения стояков, подключенных к разводящей и циркуляционным трубопроводам зданий, определяют циркуляционный расход в системе, производят гидравлический расчет системы при циркуляционном расходе, разрабатывают мероприятия по повышению гидравлической и тепловой устойчивости, намечают места установки дроссельных устройств и производят их расчет. Циркуляционный расход в системе горячего водоснабжения (на тепловом пункте) определяют по формуле

$$G_{\text{ц}} = \sum Q / c \cdot \Delta t, \quad (8.1)$$

где  $\sum Q$  – суммарные потери теплоты разводящими трубопроводами системы и водоразборными стояками, Вт/(ккал/ч);  $c$  – теплоемкость воды.

$$\Delta t = t_{\text{г}} - t_{\text{п}}, \quad (8.2)$$

где  $t_{\text{г}}$  – температура горячей воды на выходе из водонагревателя горячего водоснабжения, °С;  $t_{\text{п}}$  – температура воды в самой отдаленной точке водоразбора (не менее 50 °С).

Температуру воды на выходе из водоподогревателя принимают из условия падения температуры в разводящих трубопроводах от водоподогревателя до самой удаленной точки водозабора. Обычно  $\Delta t = 10\text{--}15$  °С. Если  $\Delta t = 10$  °С, то  $t_{\text{г}} = 60$  °С, при  $\Delta t = 15$  °С  $t_{\text{г}} = 65$  °С. Потери теплоты  $Q$  определяют при средней для всей системы температуре воды, которая будет равна

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{г}} + t_{\text{п}}}{2}, \quad \text{°С}; \quad (8.3)$$

$$t_{\text{ср}} = \frac{65 + 50}{2} = 57,5 \text{ °С} \text{ или } t_{\text{ср}} = \frac{60 + 50}{2} = 55 \text{ °С}.$$

Тепловые потери разводящими трубами определяют по формуле

$$q_{\text{ср}} = q_{\text{н}}(1 - \eta), \quad (8.4)$$

где  $q_{\text{н}}$  – тепловые потери неизолированными (голыми) трубами при разности температур ( $t_{\text{ср}} - t_{\text{в}}$ ) определяют по таблицам, Вт (ккал/ч);  $\eta$  – коэффициент сохранения теплоты изоляцией.

Температуру окружающего воздуха ( $t_b$ ) принимают в зависимости от места расположения трубопроводов (в подвале, в канале сантехкабин и т. п.). Толщину тепловой изоляции принимают в зависимости от диаметра труб. Суммарные потери теплоты разводящими трубопроводами определяют по формуле

$$\sum Q = \sum_1^n Q_{\text{тр}} + \sum_1^n Q_{\text{ст}}, \quad (8.5)$$

где  $\sum_1^n Q_{\text{тр}}$  – потери теплоты разводящими трубами;  $\sum_1^n Q_{\text{ст}}$  – потери теплоты всеми водоразборными стояками.

В прикидочных расчетах потери теплоты системой допускается определять по формуле

$$\sum Q = n \cdot q_{\text{эт}}, \quad (8.6)$$

где  $q_{\text{эт}}$  – потери теплоты этажестояками с учетом доли потери теплоты в магистрали;  $n$  – число квартир, обслуживаемых в системе.

Гидравлический расчет производят в начале по главному направлению через дальний стояк (дом). Затем рассчитывают отдельное ответвление. Так как сопротивление всех циркуляционных колец должно быть одинаковым, сопротивление колец уравнивают с меньшими сопротивлениями по отношению к кольцу с дальним стояком (дома). Уравнения производят путем установки дроссельных шайб или отрезка трубы меньшего диаметра. Уравнение колец должно производиться, как в масштабе дома (наружные сети), так и в масштабе стояков (внутренние системы).

## 9. Промывка тепловых сетей и систем отопления

### 9.1. Промывка тепловых сетей

Промывку внутриквартальных тепловых сетей в зависимости от потребного расхода воды и воздуха, а также гидравлических сопротивлений производят: одновременно подающих и обратных труб всей сети, отдельно подающих и обратных или отдельными участками. Порядок промывки может быть установлен после проведения расчета потребного количества воды и воздуха, определения гидравлических потерь и выбора оборудования (насосов, компрессоров).

Воду и воздух следует подавать из ЦТП. При промывке одновременно подающего и обратного трубопровода в начале участка (на ЦТП) и в конце (в камере или местном тепловом пункте) устраивают переключки. В конце участка на перемычке устанавливают дренажный штуцер. Воду для промывки берут из городского водопровода после подкачивающих насосов. Дренируемую воду отводят по трубопроводам в ливневую канализацию (для отвода воды могут быть использованы пожарные рукава). Схемы присоединения трубопроводов воды, сжатого воздуха, переключек и дренажных труб показаны на рис. 9.1 и 9.2:

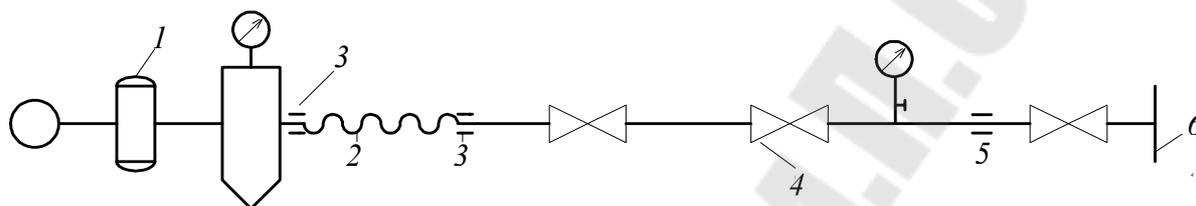


Рис. 9.1. Схема присоединения трубопроводов для промывки:  
 1 – компрессор; 2 – гибкий кордовый резиновый шланг; 3 – полугайка;  
 4 – обратный клапан; 5 – муфтовое соединение; 6 – система отопления

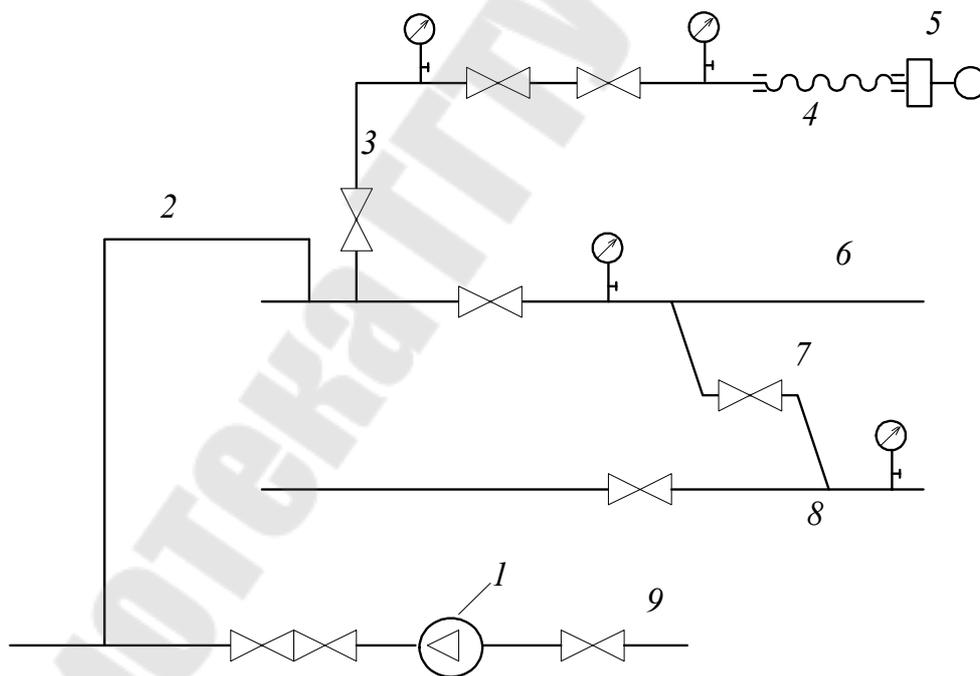


Рис. 9.2. Схема присоединения компрессора и насоса к квартальной сети:  
 1 – подкачивающие насосы холодного водопровода; 2 – присоединительный  
 трубопровод от холодного трубопровода; 3 – присоединительный трубопровод  
 сжатого воздуха; 4 – гибкий шланг; 5 – компрессор; 6 – подающий трубопровод  
 тепловой сети; 7 – переключка; 8 – обратный трубопровод;  
 9 – городской водопровод

Расход воздуха для промывки определяют из соотношения

$$L = m \cdot G. \quad (9.1)$$

Величину  $m$  принимают из условия оптимального времени промывки и скорости, при которой достигается наибольший эффект от промывки. Обычно принимают:  $m = 1-2$ , а  $v = 1,5-3$  м/с. Следует иметь в виду, что при указанной выше скорости водовоздушной смеси наблюдаются значительные потери напора.

Для подачи сжатого воздуха используют передвижные компрессорные станции. Необходимое давление и производительность станции определяют расчетом.

## 9.2. Промывка системы отопления

Сильно загрязненные системы отопления (после строительства или капитального ремонта), а также длительное время не подвергающиеся промывке промывают в три этапа: 1) продувка сжатым воздухом каждого стояка снизу вверх при заполненной водой системе отопления (для взрыхления отложений); 2) промывка каждого стояка воздушной смесью; 3) промывка разводящих трубопроводов водовоздушной смесью. При ежедневной промывке можно ограничиться промывкой стояков группами (до 5 стояков). Для промывки систем отопления на вводе должны быть врезаны следующие штуцеры: для присоединения трубопровода сжатого воздуха от компрессора  $d_y = 32$  мм; для присоединения трубопровода холодной воды  $d_y = 50$  мм; для отвода дренируемой воды  $d_y = 50$  мм.

Все штуцеры могут присоединяться с помощью полугаек по ГОСТ 2217-76\* с изменениями (полугайками «РОТ») к гибким рукавам. Компрессор к системе отопления присоединяют в соответствии со схемой, показанной на рис. 9.1. Систему отопления на период промывки отключают от квартальной сети задвижками, а при их недостаточной плотности устанавливают дополнительные заглушки из листовой стали толщиной не менее 3 мм. В качестве примера на рис. 9.3 показана схема промывки трубопроводов систем отопления с элеваторным присоединением. Промывку производят после удаления из элеватора сопла. Ниже описан порядок промывки системы.

Заполняют систему водой через задвижку 9 при открытом кране 3 воздухоотборника и открытых кранах (задвижках) 2, 4, 6, 8 и закрытых кранах (задвижках) 1, 5, 7, 10. После появления в кране 3 воды, задвижку 9 закрывают. Производят продувку воздухом каждого стоя-

ка, начиная с последнего. Для этого закрывают задвижку 2 и все краны 6 на стояках. Открывают задвижку 8 и 10 (воздух). Путем последовательного открытия крана 4 на стояках, при открытом кране 3 производят продувку стояков воздухом снизу вверх. Для отвода воды в канализацию на штуцер крана 3 надевают гибкий резиновый шланг. Промывают каждый стояк, начиная с самого удаленного. Для этого открывают задвижку 2, закрывают задвижки 8 и 7, а также краны 3, 5 и 6. Краны 4 открыты. Открывают краны 9 (вода) и 10 (воздух).

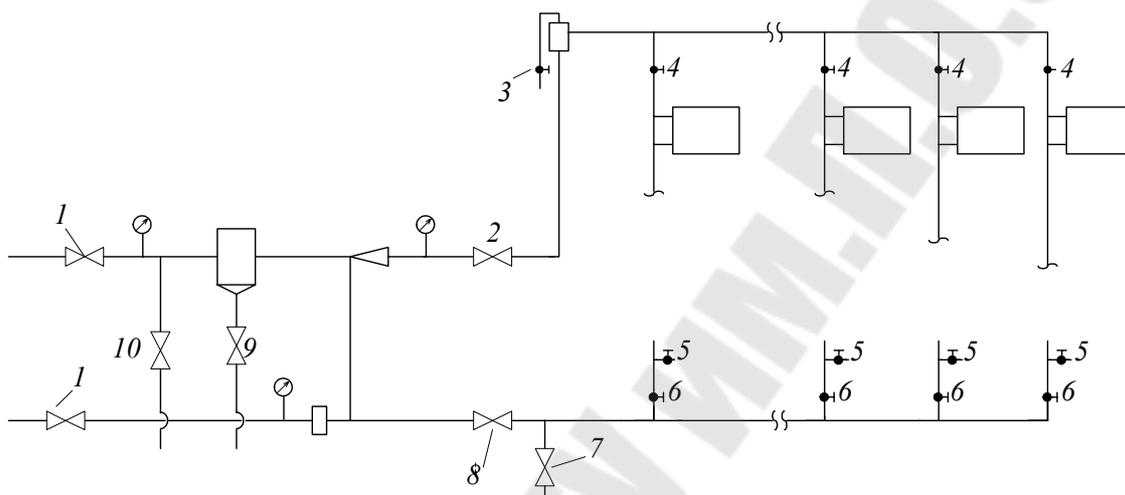


Рис. 9.3. Схема промывки системы отопления с элеваторным присоединением:  
 1 – головные задвижки; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – задвижки (вентили);  
 9 – задвижка на водопроводе холодной воды;  
 10 – задвижка на трубопроводе воздуха

Затем для промывки последовательно открывают кран 5 на каждом стояке. Промывают разводящие магистрали последовательным включением стояков и дренажем воды через задвижку 7. Открывают задвижку 2 и краны 4, закрывают краны 6 и задвижку 8. Закрывают также краны 3 и 5. Включают воду и воздух задвижками 9 и 10 и при открытой задвижке 7 включают последовательно стояки путем открытия кранов 6, начиная с самого удаленного стояка. Для подачи сжатого воздуха используют передвижные компрессорные станции.

Производительность компрессора принимают исходя из требуемого количества воздуха, необходимого для промывки, которое определяют  $L = t \cdot G$ . Расход воды  $G$  определяют по оптимальному значению скорости  $v = 1,5-2$  м/с.

*Пример.* Требуется определить количество воздуха необходимого для промывки секционной системы отопления, состоящей из 12 стояков диаметром равным 32 мм. Задаемся скоростью  $v = 2$  м/с; определяем

расход воды при условии одновременного открытия всех стояков:  
 $G = (\nu\pi D^2 / 4) \cdot 12 \cdot 60 = 2 \cdot 0,785 \cdot 0,0359^2 \cdot 12 \cdot 60 = 1,45 \text{ м}^3 / \text{мин.}$

При  $m = 2$  количество воздуха для помывки составит  $3 \text{ м}^3 / \text{мин.}$  Необходимое давление определяют по величине гидравлических потерь. Потребность воздуха и его начальное давление регулируют вентилем на выходе из компрессора в зависимости от режимов промывки.

## **10. Очистка водонагревателей горячего водоснабжения**

В процессе эксплуатации водоподогревателей наблюдается образование отложений на поверхностях нагрева (латунных трубках) и трубных решетках. Отложения, как правило, состоят из окислов железа и карбонатов, которые создают большое термическое сопротивление тепловому потоку от греющей к нагреваемой воде, так как их теплопроводность значительно меньше теплопроводности металла. Кроме того, окисные отложения могут ускорять коррозию металла труб. Отложения также вызывают увеличение гидравлического сопротивления водоподогревателей, поэтому гидравлическое сопротивление может, в известной мере, служить индикатором степени загрязненности водонагревателя.

Необходимость проведения химической очистки перед каждым отопительным сезоном определяется увеличением в 1,5 раза гидравлического сопротивления по отношению к предыдущему отопительному сезону. Очистке подвергают водоподогреватели, прошедшие испытания на гидравлическую плотность. К началу отопительного сезона все тепловые пункты, оборудованные арматурой для присоединения установки химической промывки, должны быть осмотрены и находиться в работоспособном состоянии, заготовлены реагенты, необходимые для промывки конкретного объекта.

Для химических очисток водоподогревателей, в состав отложений которых входят, как правило, карбонаты и окислы железа, можно применять в качестве моющих реактивов соляную и сульфаминовую кислоту, концентрат или конденсат низкомолекулярных кислот. Ингибитором коррозии может служить каптакс, ОП-7 (ОП-10), катапин, уротропин и др. Для гашения пены, образующейся в процессе очистки соляной кислотой, целесообразно применять пеногасители (например, фракции С5–С6 синтетических жирных кислот). Последовательность технологических операций при химической очистке при-

ведена ниже. Для обеспечения полноты удаления коррозионно-накипных продуктов в процессе очистки необходимо выдерживать следующие скорости движения растворов реагентов и отмывочной воды: при обработке химическими реагентами не менее 0,3 м/с, при окончательной водной отмывке не менее 1,5 м/с. Обработку растворами реагентов и щелочами производят по замкнутому контуру. Отработанные растворы нейтрализуют и так же, как отмывочную воду, направляют в канализацию. При выполнении всех технологических операций по приготовлению реагентов используют водопроводную воду.

Ориентировочное количество воды, затрачиваемое на каждую водную отмывку, составляет 10–15 объемов водоподогревателя. Химическую очистку водоподогревателей производят раствором сульфаминовой или соляной кислоты, подогретой до 60–70 °С с применением ингибитора (замедлителя коррозии). Объем промывочного раствора кислоты и соответственно расход порошка определяются числом секции водоподогревателя и его маркой. Количество ингибитора, добавляемого в кислотный раствор, зависит от концентрации последнего. При концентрации кислоты, %: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 соответственно количество ингибитора, г/л – 1,5; 1,5; 2; 2; 2,5; 2,5; 3.

Установка для очистки ВВП состоит из металлической емкости, кислотостойкого насоса с электродвигателем и двух резиноканевых шлангов. Металлическая емкость представляет стальную цистерну объемом 2 м<sup>3</sup>, установленную на базе одноосного колесного прицепа поливомоечной машины КО-7С4. Внутренняя поверхность бака покрыта кислотостойким лаком, выдерживающим температуру 100 °С. Если цистерна выполнена из кислотостойкого металла, то защитное покрытие не применяется. Цистерна имеет: загрузочный люк с крышкой; патрубок диаметром 32 мм для всасывания раствора, такой же патрубок для возврата раствора; сливной патрубок диаметром не менее 50 мм. Цистерна имеет водомерное стекло, по которому фиксируется объем промывочного раствора. В зависимости от отложений химической очистке подвергаются внутренние и наружные поверхности трубок водоподогревателей системы ГВС, а также наружная поверхность водоподогревателей системы отопления. Для очистки внутренней поверхности трубок водоподогреватель выводят из работы, отключают от водопровода и местной системы. При этом задвижку, установленную на трубопроводе сетевой воды, идущем к водоподогревателю, частично закрывают для уменьшения расхода сете-

вой воды с целью поддержания температуры промывочного раствора на уровне 60–70 °С. Чтобы исключить возможность попадания кислоты в систему ГВС, во фланцевом соединении на входном и выходном трубопроводах городской воды вставляют металлические заглушки с прокладкой. На ЦТП, где намечается химическая очистка, доставляют промывочную установку и необходимое количество порошка кислоты, ингибитора и гашеной извести. В емкость сначала засыпают порошок кислоты, затем заливают подогретую до 40–50 °С воду. Очистку производят созданием непрерывной циркуляции подогретого раствора кислоты через водоподогреватель. До начала очистки и в период ее проведения с помощью денситометров определяют плотность промывочного раствора при одной и той же температуре. Окончанием химической очистки следует считать время, когда последнее значение плотности отличается от предыдущего не более чем на 0,001 шкалы денситометра. Далее раствор подвергают нейтрализации известью. Окончательной операцией химической очистки является отмывка внутренней поверхности трубок водопроводной водой.

## **11. Автоматизация отпуска теплоты на тепловых пунктах**

Отпуск теплоты является одним из основных технологических процессов теплоснабжения. Однако в отличие от других процессов теплоснабжения (производство теплоты, подготовка воды, транспортирование теплоносителя, защита тепловых сетей и др.) объем и уровень автоматизации управления отпуском теплоты существенно отстают от современных требований обеспечения высокого качества, экономичности и надежности теплоснабжения, отопления и горячего водоснабжения.

В связи с этим имеют место дискомфортные условия в отапливаемых помещениях и перерасход теплоты и топлива. В настоящее время отпуск теплоты регулируется практически только на источниках (центральное регулирование). В незначительном количестве объектов применяют регулирование температуры воды в системах горячего водоснабжения. На источнике применяют, как правило, качественный метод регулирования по изменению температуры наружного воздуха. Однако этот вид регулирования осуществляют не на всем диапазоне наружных температур.

Ниже рассмотрены причины перерасхода теплоты при отсутствии автоматизации.

1. Нижняя срезка графика в теплый период года (осенне-весенний период). Связанный с этим перерасход составляет 2–3 %.

2. Невозможность учета бытовых тепловыделений при центральном графике регулирования может увеличить перерасход теплоты до 5–17 %. При групповом методе регулирования бытовых тепловыделений учитываются в размере 5–6 %, а при домовом и пофазовом – до 12–17 %.

3. Существующий график отпуска теплоты ориентирован на отопление квартир наветренной ориентации при постоянной инфильтрации, определяемой в расчетных условиях.

Таким образом, в нерасчетных условиях за счет силы ветра и его направленности количество теплоты на отопление может быть сокращено. Сокращение этого перерасхода теплоты возможно путем: а) учета снижения инфильтрации при повышении температуры наружного воздуха; б) дополнительного учета изменения скорости ветра; в) учета направления ветра.

Мероприятия по пп. 3, б и 3, в могут быть практически реализованы только при пофасадном регулировании.

Общая экономия при учете действия ветра может достигнуть 7 %.

4. При действующем центральном графике регулирования не учитывается поступление теплоты от солнечной радиации. Учет ее может производиться сокращением теплоты, подаваемой на солнечный фасад. При необходимости часть этой теплоты может быть передана фасаду с несолнечной ориентацией. Экономия при учете солнечной радиации может достигнуть 4–9 %. Солнечная радиация может быть учтена при применении пофасадного или индивидуального регулирования.

5. Значительная экономия теплоты при любом способе регулирования может быть достигнута за счет снижения температуры воздуха в отапливаемых помещениях производственных и административно-общественных зданий в нерабочие дни и в ночное время, а в жилых домах – в ночное время. Снижение температуры воздуха в жилых зданиях в ночное время на 2–3 °С не ухудшает санитарно-гигиенические условия и в то же время дает экономию в размере 4–5 %. В производственных и административно-общественных зданиях экономия теплоты за счет снижения температуры в нерабочее

время достигается еще в большей степени. Температура в нерабочее время может поддерживаться на уровне 10–12 °С.

Общая экономия теплоты при автоматическом регулировании ее отпуска системам отопления может составить 25 % годового расхода.

При отсутствии регуляторов температуры горячей воды (у водонагревателей в закрытых системах теплоснабжения или у смесительных устройств в открытых системах горячего водоснабжения) ее величина, как правило, не соответствует требуемой (она или значительно ниже, или значительно выше требуемой). В общих случаях имеет место перерасход теплоты: в первом случае вследствие слива воды потребителями, во втором из-за повышенного теплосодержания. Следует отметить, что отсутствие регуляторов температуры горячей воды приводит к дестабилизации гидравлического режима в тепловой сети и повышению температуры обратной воды при отсутствии водозабора. Устанавливаемые вместо регуляторов дроссельные шайбы (рассчитанные на некоторую оптимальную величину водоразбора) не могут обеспечить снижение расхода сетевой воды у потребителя при прекращении водозабора.

Перерасход теплоты в системах горячего водоснабжения при отсутствии регуляторов может составить 10–15 % годового потребления теплоты на горячее водоснабжение.

Внедрение автоматики является наиболее реальным путем экономии топлива.

Как известно, система централизованного теплоснабжения имеет многозвенную структуру: источник теплоты, тепловые сети, тепловые пункты, потребители теплоты и горячей воды. В связи с этим регулирование отпуска теплоты должно осуществляться соответствующими степенями: центрального – у источника теплоты; группового (на группу зданий, на район) – в ЦТП, КРП, в сетевых насосно-смесительных станциях; общедомового (на все здание) и пофасадного (на каждый фасад здания) – в ИТП и МТП; индивидуального – у нагревательных приборов.

Каждой степени регулирования должны быть определены функции регулирования, которые на данной ступени могут быть достигнуты с наименьшими затратами и минимальным количеством оборудования. Так, наиболее эффективным по окупаемости капитальных вложений является групповой способ регулирования, при котором автоматические устройства, установленные на ЦТП или КРП, обслуживают одновременно 10–40 зданий. Конечно, при этом глубина регулирования

(величина сэкономленной теплоты) будет значительно меньше максимально возможной, так как полностью не учитываются все действующие факторы. При групповом способе в полной мере могут быть ликвидированы перетопы, возникающие за счет постоянства температуры сетевой воды в теплый период года, а также частично учтены бытовая теплота и ночное снижение температуры внутреннего воздуха.

При дополнении группового регулирования пофасадным глубиной регулирования увеличивается (за счет более полного использования внутренних тепловыделений), появляются новые статьи экономии – за счет солнечной радиации и действия ветра. При этом следует иметь в виду, что при наличии группового регулирования автоматические устройства при пофасадном регулировании будут проще и дешевле.

В зависимости от принципа регулирования различают следующие методы регулирования отпуска теплоты на отопление:

- по отклонению регулируемого параметра (температура воздуха помещения);
- по возмещению (температура наружного воздуха);
- комбинированный (по отклонению и возмущению).

## **12. Приемка в эксплуатацию новых тепловых пунктов и сетей**

Приемка в эксплуатацию законченных строительством тепловых сетей и тепловых пунктов производится в соответствии со СНиП 3.01.04–87 и СНиП 3.05.04–85. Тепловые сети принимает в эксплуатацию комиссия в составе представителей заказчика, подрядчика и эксплуатирующей организации. Трубопроводы с рабочим давлением 0,7–16 кгс/см<sup>2</sup> (0,07–1,6 МПа) и температурой воды свыше 115 °С принимают в эксплуатацию с учетом «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» без регистрации трубопроводов в органах Госгортехнадзора. Трубопроводы с рабочим давлением свыше 16 кгс/см<sup>2</sup> (1,6 МПа) и температурой воды свыше 115 °С с условным проходом свыше 100 мм регистрируют в органах Госгортехнадзора.

Промежуточную приемку отдельных видов работ и узлов трубопроводов производят в процессе строительства представители заказчика совместно с представителями эксплуатационной и строительной организаций с составлением трехсторонних актов. При приемке скрытых работ акт оформляют с участием представителя проектной организации.

Промежуточной приемке подлежат: разбивка трассы тепловой сети; устройство основных траншей и котлованов; устройство каналов и камер; укладка трубопроводов; сварка трубопроводов и закладных частей сборных конструкций; антикоррозионное покрытие труб; монтаж строительных конструкций; заделка и омоноличивание стыков; тепловая изоляция трубопроводов; устройство дренажей; гидроизоляция строительных конструкций; устройства электрозащиты – защитные и анодные заземления, кабели, прокладываемые в земле, контактные устройства и опорные контрольно-измерительные пункты; растяжка П-образных компенсаторов; ревизия и испытания арматуры; сальниковые компенсаторы; обратная засыпка траншей и котлованов; очистка внутренней поверхности труб; укладка футляров; холодное натяжение трубопроводов; промывка трубопроводов; гидравлическое или пневматическое испытание; элеваторные узлы; подогреватели горячего водоснабжения и отопления; регуляторы расхода давления и температуры; грязевики, баки-аккумуляторы и фильтры; контрольно-измерительные приборы; отопительные, вентиляционные системы и системы горячего водоснабжения.

Законченные строительством теплопроводы, насосные станции и оборудование тепловых пунктов потребителей подвергают обкатке и испытаниям от действующих тепловых сетей в течение 72 ч. До сдачи в эксплуатацию смонтированное оборудование подлежит испытаниям и обкатке по следующим параметрам: теплопроводы на тепловые и гидравлические потери; элеваторы – на получение необходимого эффекта смешения; водоподогреватели – на тепловой и гидравлический эффект в соответствии с проектом; регуляторы расхода, давления и температуры – на расчетные режимы; элеваторо- и тепломеханическое оборудование – на надежность работы; внутренние отопительные системы – на нормальный прогрев при расчетном расходе воды; системы горячего водоснабжения – на плотность и эффективность действия всех элементов (включая автоматику), а также на нормальный прогрев полотенцесушителей при проектном циркуляционном режиме.

При приемке сооружения в целом приемочной комиссии представляется следующая исполнительная документация:

- а) рабочие чертежи проекта по объекту в целом с внесенными в них изменениями в процессе строительства;
- б) акты на гидравлическое или пневматическое испытание трубопроводов;
- в) акты на скрытые работы по строительным конструкциям;

г) исполнительные чертежи, схемы включения устройства электрозащиты и рабочие чертежи паспорта на электрозащитные устройства;

д) акты промежуточной приемки работ по тепловым сетям и оборудованию тепловых пунктов;

е) сертификаты на трубы, сварочные материалы, фасонные изделия заводского изготовления, теплоизоляционные и гидроизоляционные материалы и изделия, бетон и бетонные изделия;

ж) журнал производства работ, заключения по проверке сварных стыков физическими методами контроля и результаты механических испытаний контрольных сварных стыков;

з) паспорта трубопроводов и оборудования тепловых пунктов;

и) акты на растяжку П-образных компенсаторов;

к) акты на промывку трубопроводов;

л) акты гидравлического испытания абонентского ввода и оборудования теплового пункта;

м) акты гидравлического и теплового испытаний внутренней системы отопления и горячего водоснабжения;

н) акты обкатки оборудования.

Комиссия при приемке проверяет техническую испытательную документацию, тщательно осматривает доступные узлы, выборочно испытывает отдельные элементы и составляет приемочный акт с приложением к нему ведомости недоделок с указанием сроков устранения. Для получения разрешения на включение сдаваемого в эксплуатацию объекта строительно-монтажная организация должна устранить недоделки, указанные в ведомости. Трубопроводы, принятые, но не введенные в эксплуатацию в течение 6 месяцев после их испытания, подлежат повторному испытанию эксплуатирующей организацией на прочность и герметичность.

Окончательную приемку электрозащитных устройств приемочная комиссия производит после выполнения монтажных и наладочных работ, проверки электрических параметров защиты. В случае совместной с другими подземными сооружениями электрической защиты акт приемки должен быть подписан также владельцами этих сооружений. Перед вводом в постоянную эксплуатацию тепловую сеть, включая все ответвления к абонентам, подвергают проверке на герметичность (плотность), испытывают на максимальную (расчетную) температуру теплоносителя и промывают гидропневматическим способом.

### 13. Требования к технической документации

При приемке теплового пункта после проведения большого капитального ремонта должна быть оформлена, при необходимости обновлена и представлена комиссии следующая техническая документация: а) паспорт теплового пункта; б) оперативный журнал; в) журнал дефектов оборудования; г) схема теплового пункта; д) режимная карта; е) принципиальная схема внутрядворовой разводки; ж) однолинейная расчетная схема электрооборудования; з) однолинейная схема автоматики; и) маршрутная схема движения обслуживающего персонала по закрепленным тепловым пунктам; к) должностные обязанности слесаря-сантехника; л) инструкция по эксплуатации автоматизированной схемы работы насосного оборудования; м) график планово-предупредительного ремонта (осмотра) оборудования (ППО); н) инструкция по технике безопасности при работе на тепловом пункте; о) температурный график работы теплосети; п) «Положение о техническом осмотре и обслуживании инженерных систем и оборудования тепловых пунктов, элеваторного узлов, водоподкачек».

Паспорт теплового пункта должен быть полностью заполнен: внесены сведения о замене неисправного основного оборудования на новое или капитально отремонтированное; проставлены сроки проведения большого капитального ремонта; в оперативном журнале сделана отметка о проведении большого капитального ремонта и должна вестись регулярная запись контролируемых параметров теплового пункта; в журнале дефектов должны быть сделаны записи об устранении всех неисправностей и дефектов, выявленных в межремонтный период. Схема теплового пункта должна быть откорректирована и соответствовать реально установленному оборудованию и его нумерации; режимная карта полностью заполнена, подписана и утверждена должностными лицами.

На принципиальной схеме внутрядворовой разводки должны быть указаны все присоединенные к тепловому пункту здания, их адреса, этажность, диаметры и длина внутриквартальных тепловых сетей, нагрузки, а принципиальная схема автоматики работы насосного оборудования выполнена в однолинейном исполнении и вывешена на внутренней стороне дверцы электрошкафа. На маршрутной

схеме движения обслуживающего персонала следует указать все закрепленные за ними тепловые пункты, маршруты движения и время посещения каждого ТП. Должностная инструкция слесаря-сантехника должна быть подписана и утверждена должностными лицами и согласована с профсоюзом.

«Инструкция по эксплуатации автоматизированной схемы работы насосного оборудования» должна быть подписана, утверждена должностными лицами и содержать объем работ, необходимый для слесаря-сантехника. «Инструкция по технике безопасности при работе на тепловом пункте» утверждается главным инженером и согласовывается с местным комитетом. «Инструкция по техническому обслуживанию электрооборудования теплового пункта» должна быть подписана, утверждена должностными лицами и содержать объем работ, необходимых для слесаря-электрика. График ППО должен быть утвержден главным инженером и содержать объем работ, проводимых на тепловом пункте при ежедневном осмотре и еженедельном техническом обслуживании.

#### **14. Учет тепловой энергии в тепловых пунктах**

Метод учета потребляемой теплоты следует принимать в зависимости от категории потребителя, определяемой значимостью и величиной его тепловой нагрузки. К *1-й категории* относятся потребители с тепловой нагрузкой отопления, равной или превышающей 12,6 кДж/ч (3 Гкал/ч), а также независимо от величины тепловой нагрузки следующие виды потребителей: а) промышленные предприятия; б) предприятия коммунально-бытового обслуживания; в) спортивные сооружения; г) центральные и квартальные тепловые пункты жилых или административных районов и учебных комплексов. Ко *второй категории* относятся потребители с расходом на отопление от 4,2 до 12,6 кДж/ч (от 1 до 3 Гкал/ч). К *3-й категории* относятся потребители с расходом теплоты на отопление менее 4,2 кДж/ч (1 Гкал/ч). Для учета количества теплоты на отопление у потребителей первой категории рекомендуется устанавливать: регистрирующие расходомеры и регистрирующие измерители температуры, или тепломеры. Для учета количества теплоты на отопление потреби-

телей второй категории рекомендуется устанавливать: регистрирующие расходомеры (или в случае их отсутствия горячеводные водомеры); регистрирующие измерители температуры, или тепломеры.

Для учета количества теплоты на отопление у потребителей третьей категории рекомендуется устанавливать: горячеводные водомеры; показывающие термометры. Для учета теплоты на горячее водоснабжение у потребителей 1-й и 2-й категории рекомендовать: водомеры (холодноводные или горячеводные в зависимости от места установки); регистрирующие измерители температуры, или тепломеры. Для учета количества теплоты на горячее водоснабжение у потребителей 3-й категории рекомендуется устанавливать: водомеры (холодноводные или горячеводные в зависимости от места установки), показывающие термометры.

*Измеряемые величины и места установки контрольно-измерительных приборов*

В закрытых системах теплоснабжения у потребителей 1-й и 2-й категорий замер расхода воды на отопление рекомендуется производить: а) у потребителей с распределительными тепловыми сетями, не имеющими утечек воды, на падающем или обратном трубопроводе; б) у потребителей с распределительными тепловыми сетями, имеющими утечки воды (подземные тепловые сети и др.), как на падающем, так и на обратном трубопроводах.

В открытых системах теплоснабжения у потребителей 1-й и 2-й категории расход воды на отопление рекомендуется замерять: а) у потребителей с распределительными тепловыми сетями, не имеющими утечек воды, на падающем и обратном трубопроводах; б) у потребителей с распределительными тепловыми сетями, имеющими утечки воды как на падающем, так и на обратном трубопроводах.

У потребителей 3-й категории закрытых и открытых систем теплоснабжения расход воды на отопление следует замерять приборами на обратном трубопроводе. В закрытых системах теплоснабжения при отсутствии приборов, рассчитанных на установку на падающих трубопроводах отопления, приборный учет теплоты производят только по обратному трубопроводу.

## **15. Гидравлический режим в водяных тепловых сетях**

Различаются два режима: динамический и статический. Задачей динамического режима является обеспечение циркуляции теплоносителя (воды) во всех звеньях системы теплоснабжения – теплообменниках источника теплоты, трубопроводах тепловой сети, потребителях. К динамическому режиму предъявляются следующие требования: напоры перед тепловыми пунктами должны быть достаточными для подачи соответствующего расхода воды в местные системы теплоснабжения; давление в подающем трубопроводе на всем его протяжении должно быть не ниже давления, обеспечивающего не вскипания в трубопроводе воды; давление в обратном трубопроводе быть выше статической высоты большинства отопительных систем для обеспечения их залива; давление в обратном трубопроводе должно максимально обеспечивать зависимое присоединение систем отопления, т. е. оно не должно приводить к разрушению отопительных систем; давление в обратном трубопроводе перед сетевыми насосами для исключения кавитационного разрушения должно быть не ниже 0,05 МПа.

Динамический режим обеспечивается: работой сетевых насосов, устанавливаемых на источнике теплоты и в промежуточных точках сети (на подстанциях), работой подпиточных насосов, дроссельными устройствами, устанавливаемыми в промежуточных точках сети. С помощью сетевых насосов создается необходимый напор перед тепловыми пунктами. Подпиточные насосы служат для восполнения потерь сетевой воды при утечках через неплотности в трубопроводах и поддержания в тепловой сети давлений на требуемом уровне. Обычно с помощью подпиточных насосов и регуляторов поддерживается постоянное давление в обратном коллекторе станции (основная нейтральная точка) или в месте пересечения линий давления обратной магистрали при динамическом режиме с линией давления статического режима (дополнительная нейтральная точка). При сложном рельефе местности (значительная разность высот) тепловая сеть подразделяется на зоны. При подъеме профиля местности в направлении от источника теплоты на обратном трубопроводе устанавлива-

ют дроссельное устройство, позволяющее увеличить давление в обратном трубопроводе верхней зоны. При понижении профиля местности в направлении от источника на обратном трубопроводе устанавливают насосы для снижения давления в обратном трубопроводе и увеличения напора у потребителей.

Задачей статического режима является обеспечение заполнения систем отопления при отсутствии циркуляции. При статическом режиме давление в точках присоединения систем отопления должно быть выше статической высоты системы отопления и в то же время давления, допустимого для системы отопления по условиям прочности. Статический режим обеспечивается работой подпиточных насосов и соответствующих регулировочных устройств. При сложном рельефе местности (большая разность высот) тепловая сеть при статическом режиме делится на зоны. В каждой зоне при остановке сетевых насосов поддерживается свое значение статического давления. В связи с большим количеством потребителей, присоединяемых к тепловым сетям, невозможно удовлетворить изложенные выше требования для всех потребителей. Несоответствие давления в тепловых сетях части потребителей корректируется применением различных схем их присоединения. Гидравлические режимы (динамический и статический) можно представить пьезометрическими графиками.

На рис. 15.1 показаны пьезометрические графики динамического и статического режимов в тепловой сети без применения промежуточных насосных и дроссельных подстанций, откуда видно, что потребитель 1 может быть присоединен с помощью элеватора, избыточный напор которого снижается в сопле элеватора, или с помощью дроссельных шайб. У потребителя 2 при установке на обратном трубопроводе системы отопления регулятора давления остаточный напор  $H_0$  должен быть не менее требуемого для работы элеватора и поэтому он также может быть присоединен через элеватор. У потребителя 3 давление (напор) в обратном трубопроводе  $P_2$  выше допустимого для системы отопления (больше 60 м), в связи с этим он должен быть присоединен по независимой схеме (через подогреватель). У потребителя 4 при установке регулятора давления на обратном трубопроводе остаточный напор  $H_0$  недостаточен для работы элеватора, в этом случае он должен быть присоединен с помощью насоса на перемычке

(или по независимой схеме). Потребитель 5 при достаточном напоре  $H_K$  может быть присоединен через элеватор.

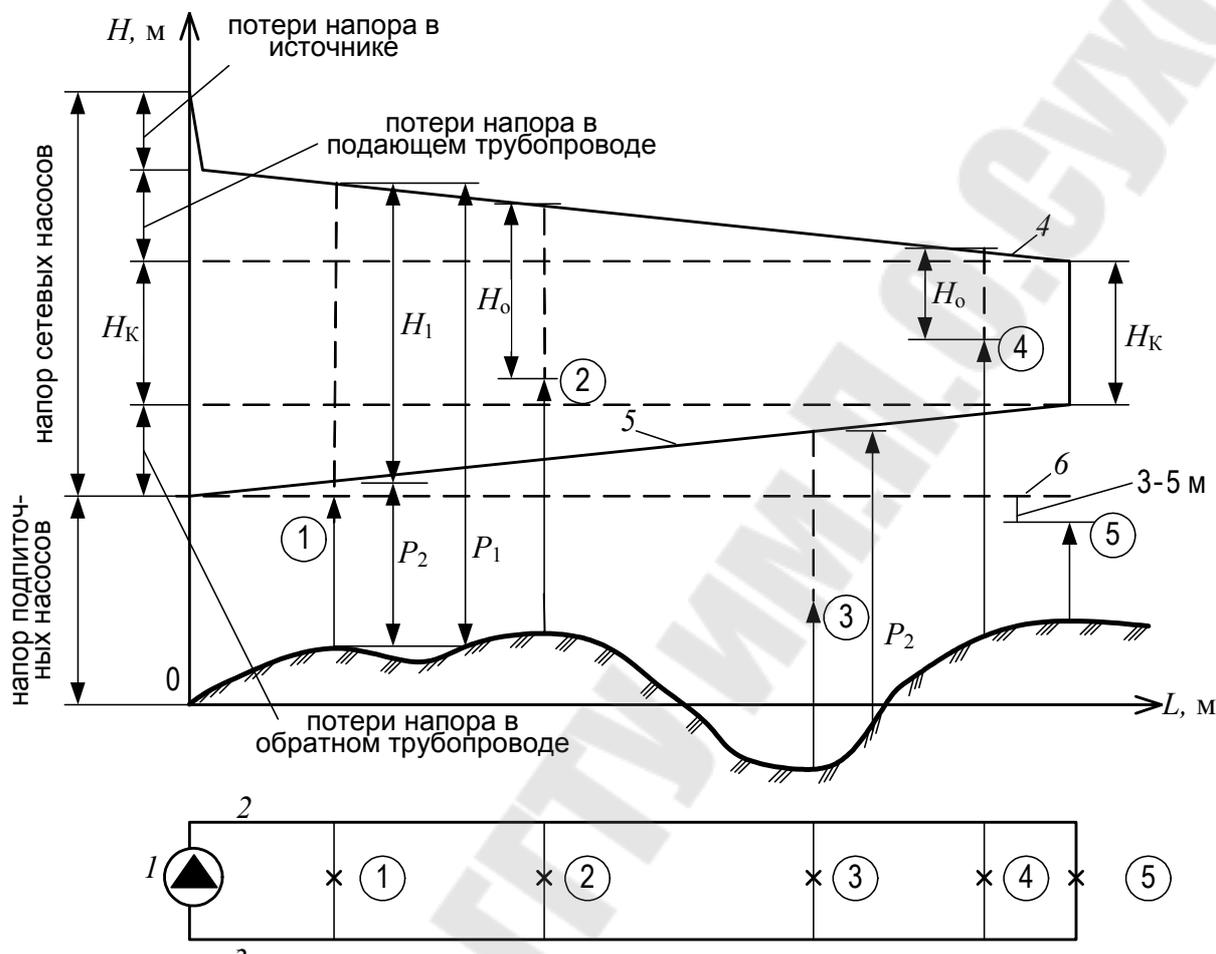


Рис. 15.1. Пьезометрический график тепловой сети без промежуточных подстанций:

1 – сетевые насосы; 2 – подающий трубопровод; 3 – обратный трубопровод; 4 – линия давлений в подающем трубопроводе при динамическом режиме; 5 – линия давлений в обратном трубопроводе при динамическом режиме; 6 – линия давлений при статическом режиме;  $P_1$  – давление в подающем трубопроводе потребителя 1;  $P_2$  – то же, в обратном;  $H_1$  – напор у потребителя;  $H_K$  – напор у конечного потребителя;  $H_0$  – располагаемый напор при установке на обратном трубопроводе системы отопления регулятора давления (подпора)

На рис. 15.2 показаны пьезометрические графики с дроссельной и насосной подстанциями на обратном трубопроводе для сложного рельефа местности.

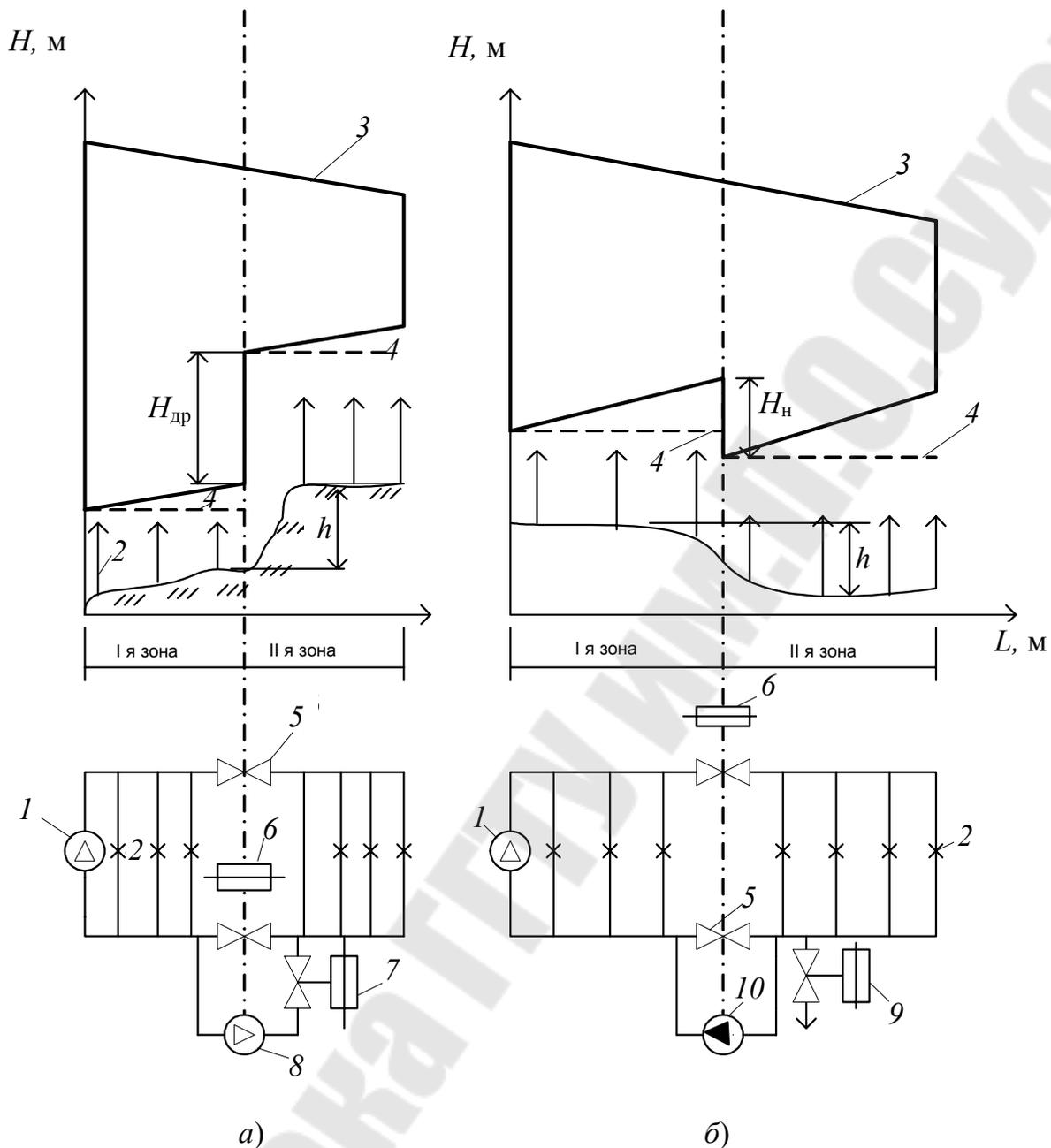


Рис. 15.2. Пьезометрические графики при значительной разнице высот ( $h$ ) для двух различных случаев:

$a$  – на обратном трубопроводе установлен регулятор давления для дросселирования;  $b$  – на обратном трубопроводе установлена насосная подстанция для снижения давления;  $1$  – сетевые насосы;  $2$  – системы отопления;  $3$  – пьезометрический график при динамическом режиме;  $4$  – то же, при статическом;  $5$  – обратный клапан;  $6$  – регулятор давления (рассечки);  $7$  – регулятор подпитки;  $8$  – подпиточный насос;  $9$  – регулятор дренажа;  $10$  – перекачивающий насос;  $II$  – зоны;  $H_{др}$  – сопротивление дроссельного устройства;  $H_{н}$  – напор насоса  $10$ ;  $h$  – разность высот

## 16. Испытания на плотность

Тепловые сети испытывают на герметичность (плотность) после окончания строительства перед вводом их в эксплуатацию, а затем ежегодно после окончания отопительного периода для выявления дефектов, подлежащих устранению при ремонте и после окончания ремонта, включением сетей в эксплуатацию.

Испытание тепловых сетей на герметичность (плотность) проводят по отдельным отходящим от источника теплоты магистралям. Эти магистрали испытывают целиком или по частям в зависимости от наличия оперативных средств транспорта и связи между дежурным персоналом источника теплоты и бригадой, проводящей испытания, а также от их численности. При испытаниях тепловые пункты потребителей и водоподогревательные установки источника теплоты отключают. Температура воды в трубопроводах в этот период не должна превышать 40 °С, а давление должно быть равно рабочему давлению с коэффициентом 1,25, но не ниже 16 кгс/см<sup>2</sup> (1,6 МПа). Необходимое давление обеспечивается сетевым насосом источника теплоты. Предварительно открывают одну или несколько перемычек между подающим и обратным трубопроводами в конце сети из расчета, чтобы расход воды через эти перемычки обеспечивал работу сетевого насоса на ниспадающей части его характеристики.

В начальный момент испытания подпитка тепловой сети может превысить нормативную величину, что объясняется сжатием имеющегося в сети воздуха. Однако при достаточной герметичности (плотности) сети величина подпитки через 10–15 мин снижается до нормативной и удерживается на этом уровне. Превышение нормативной величины подпитки (0,1 % вместимости испытываемой сети) или тенденция к ее увеличению спустя 10–15 мин после начала испытаний свидетельствует о сверхнормативной утечке и плохой герметичности сети. В этом случае сетевой насос останавливают и испытание прекращают до обнаружения места утечки и ее устранения.

Длительность контрольных испытаний на герметичность (плотность) определяется временем, необходимым для осмотра сети. Сеть считается выдержавшей испытание на герметичность, если при нахождении ее в течение 10 мин под давлением, равным 1,25 рабочего, подпитка не превышает нормативной величины. Герметичность ответвлений проверяют после восстановления циркуляции воды в магистрали путем установления в них давления, равного давлению в магистральном трубопроводе.

Оборудование тепловых пунктов и все подземные трубопроводы внутриквартальных и внутридворовых сетей после центральных тепловых пунктов, а также трубопроводы и оборудование систем теплоснабжения подвергают гидравлическим испытаниям на герметичность при избыточном давлении 1,25 рабочего, но не ниже:

а) для элеваторных узлов и водоподогревателей систем отопления и горячего водоснабжения –  $10 \text{ кгс/см}^2$  (1 МПа);

б) для подземных трубопроводов после тепловых пунктов –  $12 \text{ кгс/см}^2$  (1,2 МПа);

в) для систем водяного отопления с чугунными отопительными приборами –  $60 \text{ кгс/см}^2$  (0,6 МПа) в нижней точке системы, а для панельных и конвекторных систем –  $10 \text{ кгс/см}^2$  (1 МПа);

г) для калориферов систем отопления и вентиляции –  $10 \text{ кгс/см}^2$  (10 МПа);

д) для систем горячего водоснабжения, подсоединенных к открытым, тепловым сетям, –  $10 \text{ кгс/см}^2$  (0,10 МПа).

Испытания оборудования тепловых пунктов, теплопроводов от центральных тепловых пунктов и систем теплоснабжения проводят в следующем порядке:

а) после наполнения трубопроводов или систем и полного удаления воздуха через воздухопускные устройства из всех верхних точек давления в трубопроводах доводят до рабочего и выдерживают в течение времени, необходимого для тщательного осмотра сварных и фланцевых соединений, оборудования, арматуры и т. п., но не менее 10 мин;

б) если в течение этого времени не обнаружены дефекты или утечки, давление доводят до испытательного.

Результаты гидравлических испытаний считаются удовлетворительными, если во время их проведения:

а) в сварных швах труб, фланцевых соединениях, корпусах арматуры и т. п. не обнаружены признаки разрыва, течи или потения;

б) при испытании оборудования тепловых пунктов и отходящих от них теплопроводов дворовых и квартальных сетей в течение 10 мин не произошло падения давления. При испытании систем панельного отопления падение давления в течение 15 мин допускается не более  $0,1 \text{ кгс/см}^2$  (0,01 МПа).

Окрашивание сетевой воды позволяет определить места ее утечки в коммуникациях действующих ТЭЦ, котельных, тепловых сетях, подогревателях горячего водоснабжения, выявить скрытые перемыч-

ки между тепловыми сетями и системами теплоснабжения при независимой схеме присоединения, обнаружить водоразбор из закрытых систем теплоснабжения, а также содержание сетевой воды в затопленных грунтовыми и поверхностными водами каналах и камерах. Применять краситель можно только с разрешения Главного санитарного врача города или населенного пункта. Одним из требований, предъявляемых к красителю, является возможность его обнаружения при незначительной концентрации.

В качестве индикатора утечки сетевой воды применяют флуоресцеин – натрий (уранин) чистый ( $C_{20}H_{10}Na_2O_5$ ) (ТУ 6-09-2281–77), выпускаемый Березниковским химическим заводом. Допускается также применять технический флуоресцеин ( $C_{20}H_{12}O_5$ ). Уранин – желто-коричневый порошок, растворяется в воде с желтой окраской и интенсивной зеленой флуоресценцией.

## **17. Испытание сетей на расчетную температуру теплоносителя**

Водяные тепловые сети испытывают на расчетную температуру теплоносителя. Испытание заключается в проверке тепловой сети на прочность в условиях температурной деформации, вызванной подъемом температуры теплоносителя до расчетных значений, а также в проверке в этих условиях компенсирующей способности тепловой сети. Испытанию на расчетную температуру теплоносителя подвергают всю тепловую сеть – от источника теплоснабжения до тепловых пунктов систем теплоснабжения, включая магистральные, разводящие теплопроводы и абонентские ответвления.

Тепловые сети, находящиеся в эксплуатации, подвергают испытаниям на расчетную температуру теплоносителя не реже одного раза в два года. Испытание действующих тепловых сетей на расчетную температуру теплоносителя, как правило, проводят непосредственно перед окончанием отопительного сезона при устойчивых суточных плюсовых температурах наружного воздуха.

Испытания на расчетную температуру теплоносителя проводят при расчетных значениях температуры воды, циркулирующей в падающем трубопроводе, при этом температура воды в обратном трубопроводе не должна превышать 90 °С. Необходимо строго следить за тем, чтобы высокотемпературный теплоноситель не попадал в обратный трубопровод во избежание нарушения нормальной работы сете-

вых насосов. Для снижения температуры воды, поступающей в обратный трубопровод, испытания проводят с включенными системами отопления, присоединенными через смесительное устройство водоподогревателей, а также с включенными системами горячего водоснабжения, присоединенными по закрытой схеме и оборудованными автоматическими регуляторами температур. Во время испытаний на расчетную температуру теплоносителей от тепловой сети отключают:

- а) отопительные системы детских лечебных учреждений;
- б) неавтоматизированные закрытые системы водоснабжения;
- в) системы горячего водоснабжения, присоединенные по открытой схеме;
- г) системы отопления, присоединенные через элеваторы с заниженными, по сравнению с расчетными, коэффициентами смещения;
- д) калориферные установки;
- е) отопительные системы с непосредственной схемой присоединения.

Для проведения испытания температуру воды в подающем трубопроводе тепловой сети на выходе с ТЭЦ (в виде другого источника теплоснабжения) поднимают на расчетное значение. Снижение температуры воды, поступающей в обратный трубопровод, достигается включением систем отопления горячего водоснабжения. Испытание проводят методом «температурной волны», что позволяет сократить его продолжительность и уменьшить нежелательный перегрев отключенных потребителей тепла (рис. 17.1).

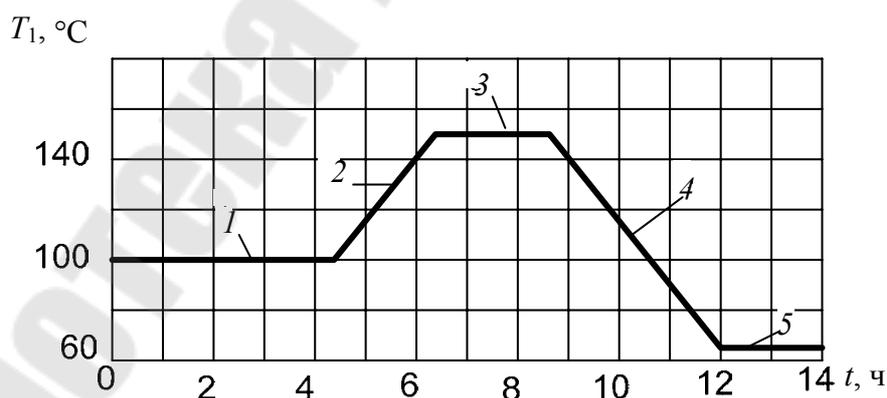


Рис. 17.1. Примерный график изменения температуры воды в подающем трубопроводе котельной (ТЭЦ) при испытаниях:  
 1 – прогрев тепловой сети; 2 – подъем температуры до расчетной;  
 3 – поддержание заданной расчетной температуры; 4 – снижение температуры;  
 5 – режим после окончания испытаний

Продолжительность поддержания максимальной температуры воды с учетом возможного размыва граничных зон «температурной волны» по мере удаления от ТЭЦ составляет два часа. При недостаточной тепловой мощности оборудования ТЭЦ, не обеспечивающей достижения расчетной температуры воды, при одновременном испытании всей сети, испытание сети проводят по частям. Давление воды в тепловой сети при испытаниях не должно превышать значений, которые имеют место при эксплуатационном режиме, т. е. во всех точках цепи должно соблюдаться условие:

$$P_{\text{исп}} \leq P_{\text{экс}}. \quad (17.1)$$

При испытаниях на расчетную температуру измеряют следующие параметры:

а) на ТЭЦ: температуру воды в подающем  $T_1$  и обратном  $T_2$  трубопроводах; давление в подающем  $P_1$  и обратном  $P_2$  трубопроводах; расход сетевой воды  $G_c$ ; расход подпиточной воды  $G_{\text{п}}$ ;

б) на тепловых пунктах систем теплоснабжения: температуру воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети; температуру воды в подающем и обратном трубопроводах отопительной системы; температуру воды в системе горячего водоснабжения; давление в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети;

в) в тепловой сети: величину максимального перемещения стаканов сальниковых компенсаторов на подающем трубопроводе  $\Delta L_{\text{max}}$  (измеряют выборочно в предусмотренных программой местах).

Величину максимального перемещения стаканов сальниковых компенсаторов измеряют с помощью специальных фиксирующих приспособлений, устанавливаемых до начала испытаний, так как находиться людям в тепловых камерах и тоннелях при испытаниях на расчетную температуру запрещено. Температуру воды, необходимую для оценки величины перемещения стакана сальникового компенсатора, измеряют на ближайшем тепловом пункте. Для измерения величины максимального перемещения стакана сальникового компенсатора рекомендуется применять фиксатор перемещения, показанный на рис. 17.2.

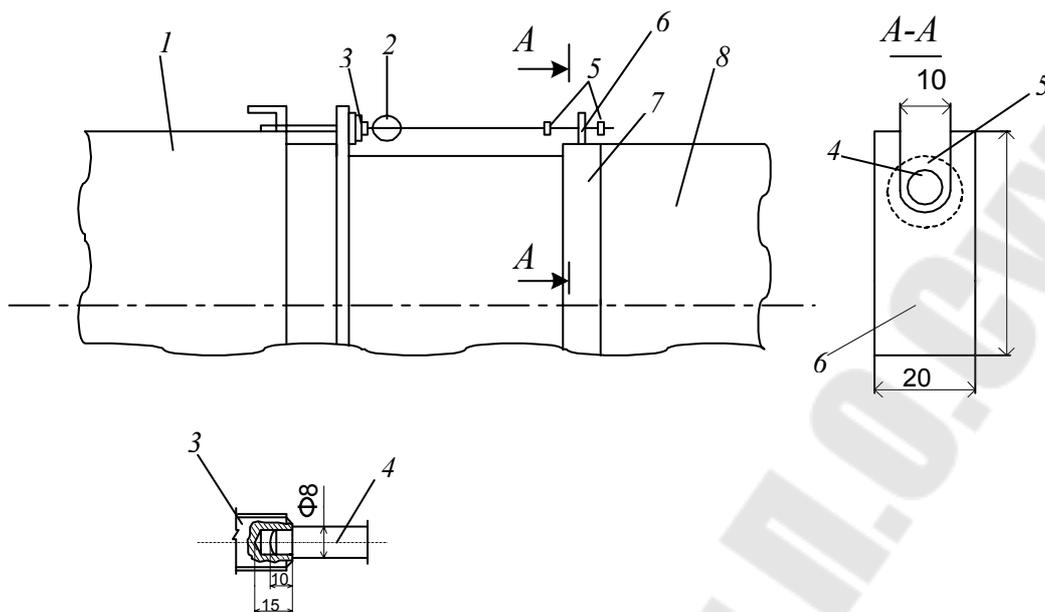


Рис. 17.2. Фиксатор перемещения для измерения

максимального перемещение стакана сальникового компенсатора:

1 – корпус сальникового компенсатора; 2 – грундбукса; 3 – Т-образный болт со сверлением; 4 – стержень ( $d = 8$  мм,  $l = 350-570$  мм); 5 – фиксирующие шайбы ( $d_{ш} = 20$  мм,  $d = 8+0,2$  мм,  $\delta = 15$  мм); 6 – вилка ( $\delta = 3-5$  мм,  $h$  – в зависимости от диаметра трубопровода); 7 – трубопровод; 8 – стакан компенсатора

Фиксатор представляет собой стержень 4, один конец которого ввернут в торец стяжного болта 3 грундбуксы 2 компенсатора, а на другой свободный конец насажены две фиксирующие шайбы 5. К трубопроводу вблизи приварки его к стакану компенсатора приварена вилка 6. Высоту вилки выбирают в зависимости от диаметра трубы. Перед испытаниями при начальной температуре воды в трубопроводе шайбы подводят вплотную к вилке, а стержень смазывают тугоплавкой смазкой (например консталином УТ-2). Во время подъема температуры воды при испытаниях вилка перемещается вместе со стаканом компенсатора и передвигает левую шайбу. После окончания испытания и снижения температуры до начальной производят измерение величины максимального хода компенсатора.

До начала испытаний составляют рабочую программу испытаний, которую утверждает главный инженер предприятия тепловых сетей, и согласуют с главным инженером ТЭЦ.

В рабочей программе указывают:

- а) задачи испытаний;
- б) параметры испытаний;
- в) схему включения оборудования ТЭЦ;

- г) схему работы тепловой сети;
- д) перечень подготовительных мероприятий на ТЭЦ и тепловой сети;
- е) время и последовательность проведения каждого этапа испытаний;
- ж) измеряемые при испытаниях параметры, интервалы измерений;
- з) место установки измерительной аппаратуры;
- и) перечень ответственных за обеспечение заданных режимов на ТЭЦ и в тепловой сети;
- к) необходимые для испытаний транспортные средства и средства оповещения;
- л) список абонентов, подлежащих отключению на время испытаний;
- м) число наблюдателей, необходимых для проведения измерений на ТЭЦ и тепловых пунктах, а также дежурных на трассе тепловой сети;
- н) мероприятия по оповещению абонентов;
- о) мероприятия по технике безопасности.

В тепловой сети при подготовке к испытаниям производят следующие работы:

1) осматривают тепловую сеть, проверяют состояние сальниковых компенсаторов, фланцевых соединений, опор и других элементов, а также оборудование насосно-перекачивающих станций; неисправности, для ликвидации которых не требуется отключение теплопровода (негерметичность сальниковых уплотнений, фланцевых соединений и т. п.), устраняют до начала испытаний;

2) проверяют величину коэффициента смешения элеваторных присоединений отопительных систем; заменяют сопла элеваторов в системах, если коэффициенты оказываются ниже расчетных; при невозможности замены сопел отопительные системы отключают;

3) организуют пункты наблюдения на ряде абонентских присоединений для контроля за режимом испытаний;

4) устраняют в пунктах наблюдения предварительно проверенную контрольно-измерительную аппаратуру и обеспечивают освещение приборов;

5) устраняют фиксаторы перемещений в предусмотренных программой местах в тепловых камерах на сальниковых компенсаторах;

6) отключают предусмотренные программой системы теплопотребления.

После окончания испытаний производят тщательный осмотр тепловой сети, при котором:

- измеряют величины максимального перемещения стаканов сальниковых компенсаторов в местах, где для этих целей устанавливают фиксаторы перемещений;

- проверяют состояние компенсаторов на всей тепловой сети (герметичность сальниковых уплотнений, целостность сварных соединений, наличие следов теплового перемещения);

- проверяют состояние подвижных и неподвижных опор, расположенных в доступных местах, выявляют места смещения опор и поврежденные элементы;

- проверяют состояние запорной арматуры (целость арматуры, плотность фланцевых соединений);

- выявляют места неплотностей теплопроводов.

## Литература

1. Витальев, В. П. Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплоснабжения : справочник / В. П. Витальев, В. Б. Николаев, Н. Н. Сельдин. – Москва : Стройиздат, 1988.

2. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей / В.И. Манюк [и др]. – Москва : Стройиздат, 1982.

3. Апарцев, М. М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения : справ.-метод. пособие / М. М. Апарцев. – Москва : Энерготомиздат, 1983.

4. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – Москва : Энергоиздат, 1982.

5. Переверзер, В. А. Справочник мастера тепловых сетей / В. А. Переверзер, В. В. Шумов. – Ленинград : Энергия, 1980.

## Содержание

1. Основные принципы организации и наладки систем теплоснабжения .....	3
2. Исходные данные для наладки .....	6
3. Мероприятия по наладке .....	11
4. Наладка и эксплуатация элеватора .....	14
5. Дросселирование .....	19
6. Определение теплоносителя по отдельным стоякам (ветвям) системы отопления .....	21
7. Регулирование теплоотдачи нагревательных приборов по высоте (вертикальной регулировки) стояка в двухтрубных и однострунных системах .....	22
8. Наладка систем горячего водоснабжения .....	23
9. Промывка тепловых сетей и систем отопления .....	25
9.1. Промывка тепловых сетей .....	25
9.2. Промывка системы отопления .....	27
10. Очистка водонагревателей горячего водоснабжения .....	29
11. Автоматизация отпуска теплоты на тепловых пунктах .....	31
12. Приемка в эксплуатацию новых тепловых пунктов и сетей .....	34
13. Требования к технической документации .....	37
14. Учет тепловой энергии в тепловых пунктах .....	38
15. Гидравлический режим в водяных тепловых сетях .....	40
16. Испытания на плотность .....	44
17. Испытание сетей на расчетную температуру теплоносителя .....	46
Литература .....	52

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

# **НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ СИСТЕМ И УСТАНОВОК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Курс лекций  
для студентов специальности 1-43 01 05  
«Промышленная теплоэнергетика»**

Авторы-составители: **Малишевский** Виталий Сергеевич  
**Новиков** Михаил Николаевич

Редактор *Н. В. Гладкова*  
Компьютерная верстка *Н. В. Широглазова*

Подписано в печать 11.12.07.  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Цифровая печать. Усл. печ. л. 3,49. Уч. - изд. л. 3,6.  
Изд. № 89.  
E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)  
<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».  
ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.