ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО
БЕНДЕРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра теплогазоснабжение и вентиляция

ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Методические указания по выполнению

лабораторных работ

Бендеры, 2014

ББК 38.762
Ц 38

Составитель
С.С. Иванова, старший преподаватель

Рецензенты:
Т.И. Лохвинская, старший преподаватель
Р.А. Буга, технический директор ООО «Берегиня»

Ц 38 - Централизованное теплоснабжение: Методические указания по выполнению лабораторных работ/Сост. С.С. Иванова.- Бендеры, 2014. 63с.

Методические указания предназначены для студентов направления «Строительство» профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция» при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Централизованное теплоснабжение» для дневной и заочной формы обучения.

В них приведены лабораторные работы, при выполнении которых изучаются схемы, оборудование и принцип их действия, проводится анализ определения тепловых нагрузок для жилых, общественных и производственных объектов рекомендованных программой дисциплины «Централизованное теплоснабжение».

ББК 38.762

Рекомендовано
Научно-методическим советом
ПГУ им. Т.Г. Шевченко

©Иванова С.С., составление, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Указания к выполнению лабораторных работ…….…….4
Лабораторная работа №1. Блочные тепловые пункты в системах централизованного теплоснабжения…….5
Лабораторная работа №2. Анализ расходов тепла в системах централизованного теплоснабжения…….…...22
Лабораторная работа №3. Исследование гидравлических тепловых режимов тепловых сетей……...31
Лабораторная работа №4. Ознакомление с конструкциями тепловых сетей…..38
Литература……..……...57
Приложение 1……..……..60
Приложение 2……..……..61
Приложение 3……..……..63
Приложение 4……..……..63

I Указания к выполнению лабораторных работ

В начале учебного семестра студент должен ознакомиться с перечнем и календарным планом проведения лабораторных работ по централизованному теплоснабжению.

Подготовка к выполнению лабораторной работы складывается из повторения теоретического материала по учебникам и лекционным записям, который имеет непосредственное отношение к данной лабораторной работе, и тщательного изучения по практикуму описания лабораторной установки и методики проведения исследований.

Перед началом работ в лаборатории студент обязан ознакомиться с правилами поведения в лаборатории и инструкцией по технике безопасности. Проверка знания правил техники безопасности производится преподавателем до начала проведения цикла занятий.

Приступая к работе, студент должен зарисовать схему установки со всеми необходимыми пояснениями, заготовить таблицы. Оформление схем производится по правилам черчения с применением линейки, циркуля, лекал.

После выполнения необходимых измерений, обработки данных наблюдений и вычислительных операций студент составляет отчет о работе.

В отчете о лабораторной работе должно быть отражено следующее:

- цель лабораторной работы и основные расчетные формулы;
- схема и краткое описание экспериментальной установки;
- технические данные установки;
- перечень использованных приборов и их техническая характеристика (класс точности, погрешность);
- протокол испытаний;
- расчетные данные;
- пояснения и выводы по полученным результатам с оценкой погрешностей измерений.

Только после защиты отчета законченной работы студент может быть допущен к последующим занятиям в лаборатории.

Лабораторная работа №1. Блочные тепловые пункты в системах централизованного теплоснабжения

Цель работы: практическое ознакомление со схемами присоединения теплообменников систем отопления и горячего водоснабжения к наружным тепловым сетям, конструкцией пластинчатых теплообменников, приборами учета и контроля расхода теплоты, средствами автоматизации.

Общие сведения о тепловых пунктах. В трехзвенной цепи системы теплоснабжения (источник тепла-тепловая сеть-потребитель) важное место занимает тепловой пункт, связывающий тепловую сеть с потребителем теплоты.

В тепловых пунктах предусматривается размещение оборудования, арматуры, приборов контроля, управления и автоматизации, с помощью которых осуществляется:

- измерение параметров теплоносителя;
- контроль параметров теплоносителя;
- регулирование расхода теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты;
- отключение систем потребления теплоты;
- защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя;
- заполнение и подпитка системы потребления теплоты;
- учет тепловых потоков и расходов теплоносителя;
- аккумулирование теплоты;
- водоподготовка для систем горячего водоснабжения.

В зависимости от назначения и конкретных условий присоединения потребителей в тепловом пункте могут осуществляться все перечисленные функции или только их часть.

Тепловые пункты могут быть индивидуальными (ИТП) для одного здания или его части и центральными (ЦТП) для двух и более зданий.

Блочные тепловые пункты. Оптимальным является создание тепловых пунктов в блочном исполнении, когда оборудование принимается в блоках заводской готовности.

Блочные тепловые пункты (БТП) представляют собой полный комплект оборудования и приборов для присоединения отдельных потребителей к тепловым сетям. Они могут предназначаться для комбинированного присоединения систем отопления и горячего водоснабжения или только горячего водоснабжения (блоки горячего водоснабжения - БГВ). Поставка оборудования осуществляется укрупненными узлами, которые собираются на месте монтажа в блок. Для установки блоков не требуется устройство специальных фундаментов. Монтаж производится на бетонном основании пола теплового пункта. После сборки блока производится установка контрольно-измерительных приборов, а также подключение и крепление электрокабелей, входящих в комплект поставки.

Применение блочных тепловых пунктов по сравнению с традиционными решениями дает следующие результаты:

- площадь помещения для размещения БТП уменьшается в несколько раз по сравнению с обычными ТП;
- за счет сокращения объемов и сроков проведения монтажных работ, снижения транспортно-заготовительных и накладных расходов затраты на создание теплового пункта уменьшаются до 30 %;
- сроки монтажа и пусконаладочные работы теплового пункта значительно сокращаются;
- при возникновении аварийных ситуаций обеспечивается автоматическое отключение подачи горячей воды и прекращение учета расхода;
- появляется возможность существенно снизить затраты на внутридомовые системы отопления за счет перехода на трубы меньшего диаметра, применения неметаллических материалов;
-так как блочные тепловые пункты автоматизированы, значительно сокращается потребность в квалифицированном обслуживающем персонале;

- в тепловом пункте имеется встроенный узел учета и регулирования тепловой энергии.

Рассмотрим блочные тепловые пункты, проектирование, изготовление и сдача в эксплуатацию которых осуществляется производственным объединением «Термоблок».

БТП предназначены для присоединения к тепловым сетям систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий любого назначения.

БТП изготовляются под любые тепловые нагрузки на основании базовых схем. Предусматривается присоединение к тепловым сетям систем отопления по зависимой или независимой схемам и систем горячего водоснабжения по двухступенчатой смешанной или параллельной схемам. При необходимости можно устанавливать отдельные блоки для отопления и горячего водоснабжения.

В комплект поставки БТП входят приборы учета и регулирования, теплообменники, циркуляционные насосы, запорно-регулирующая арматура, фильтры, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы и аппаратура (КИПиА), щит автоматизации управления работой приборов и оборудования, комплект кабелей и проводов в пределах БТП и комплект документации, необходимой для монтажа и пуска БТП.

На рис. 1 приведена схема БТП, предназначенного для присоединения системы отопления по зависимой схеме с использованием элеватора и системы горячего водоснабжения по двухступенчатой смешанной схеме. Она применяется для любых типов зданий при располагаемом напоре в тепловой сети на вводе не менее 0,15 МПа (15 м вод. ст.).

Схемой предусмотрены:

- учет расхода тепловой энергии;

- автоматическое регулирование теплопотребления с его снижением в нерабочее время, выходные и праздничные дни;

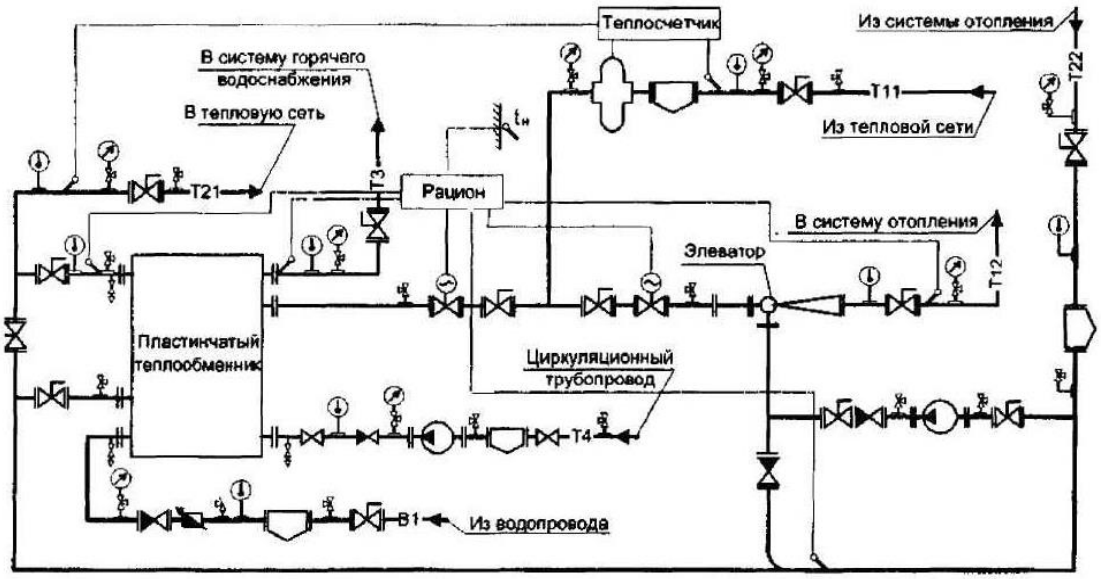


Рис 1. Схема блочного теплового пункта №1: Система отопления - зависимая с использованием элеватора; система горячего водоснабжения - двухступенчатая смешанная

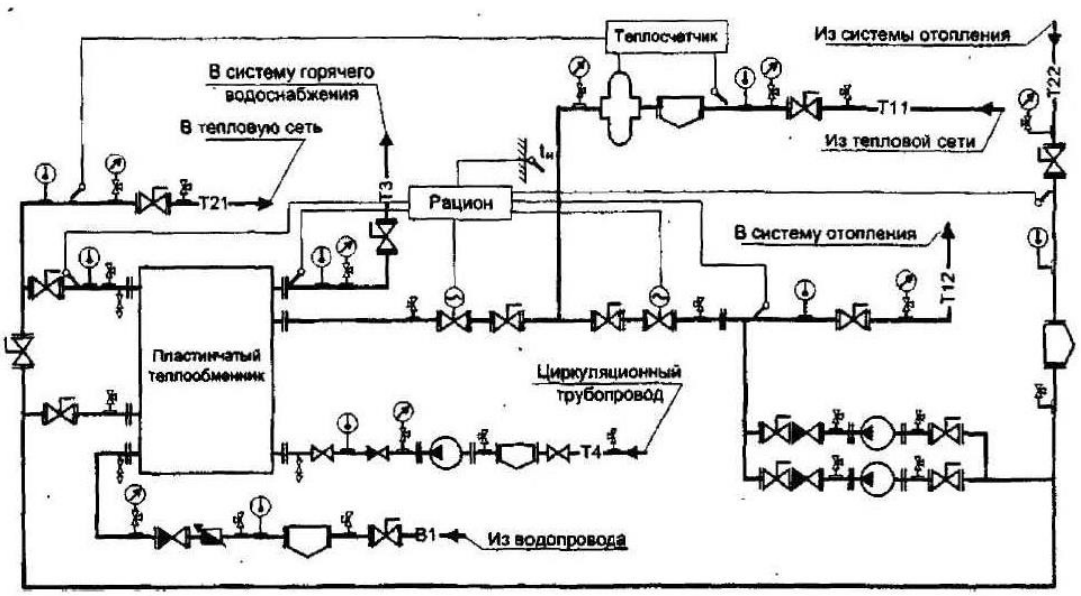


Рис.2. Схема блочного теплового пункта №2: Система отопления - зависимая с использованием насосов смешения; система горячего водоснабжения - двухступенчатая смешанная

- стабилизация гидравлического режима в системе отопления за счет совместной работы элеватора и циркуляционных насосов смешения;
- подогрев воды для горячего водоснабжения с использованием пластинчатого теплообменника;
- автоматическое регулирование температуры воды в системе горячего водоснабжения;

- циркуляция воды в системе горячего водоснабжения с автоматическим управлением циркуляционным насосом.

На рис. 2 приведена схема БТП, предназначенного для присоединения системы отопления по зависимой схеме с использованием насосов смешения и системы горячего водоснабжения по двухступенчатой смешанной схеме. Применяется для любых типов зданий при недостаточном для работы элеватора располагаемом напоре в тепловой сети на вводе (менее 0,15 МПа) В зависимости от местных условий насосы могут устанавливаться на подающем, обратном трубопроводах или перемычке между ними.

Схемой предусмотрены:

- учет расхода тепловой энергии;
- автоматическое регулирование теплопотребления с его снижением в нерабочее время, выходные и праздничные дни;
- подогрев воды для горячего водоснабжения с использованием пластинчатого теплообменника;
- автоматическое регулирование температуры воды в системе горячего водоснабжения;
- циркуляция воды в системах отопления и горячего водоснабжения с автоматическим управлением циркуляционными насосами.

На рис. 3 приведена схема БТП, предназначенного для присоединения системы отопления по независимой схеме с использованием пластинчатых теплообменников и системы горячего водоснабжения по двухступенчатой смешанной схеме. Применяется для любых типов зданий, включая здания повышенной этажности (12 и более этажей) при любом располагаемом напоре на вводе тепловой сети в здание.

Схемой предусмотрены:

- учет расхода тепловой энергии;
- автоматическое регулирование теплопотребления с его снижением в нерабочее время, выходные и праздничные дни;

- подогрев воды для отопления и горячего водоснабжения с использованием пластинчатых теплообменников;

- автоматическое регулирование температуры воды в системе горячего водоснабжения;

- циркуляция воды в системах отопления и горячего водоснабжения с автоматическим управлением циркуляционными насосами.

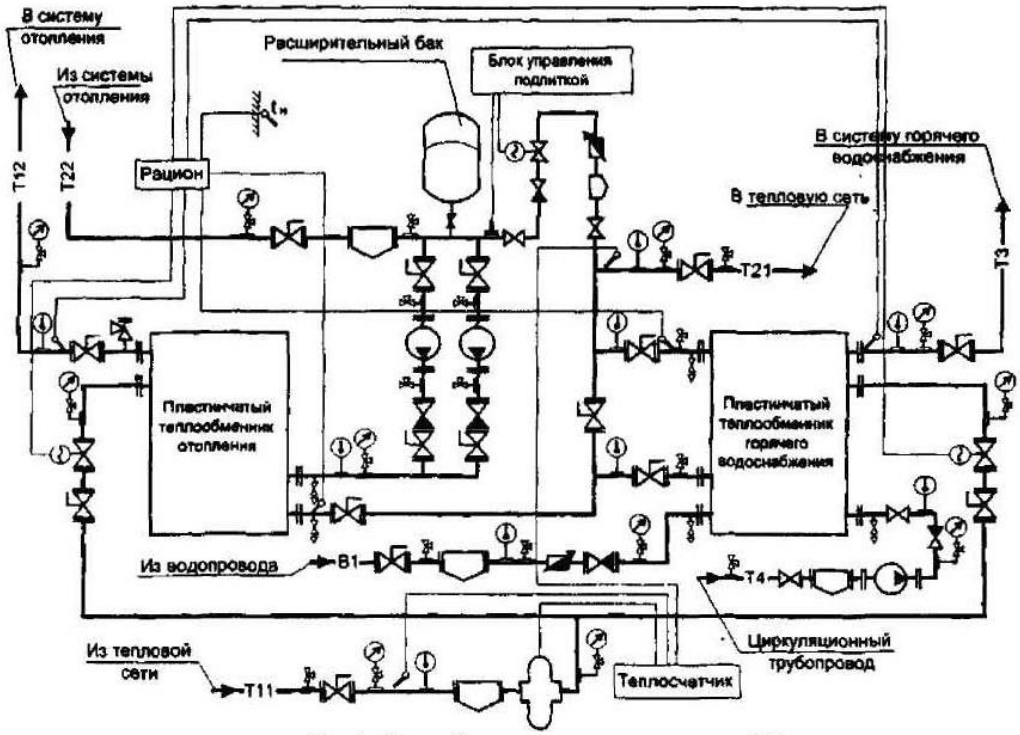


Рис.3. Схема блочного теплового пункта №3:
Система отопления – независимая с использованием теплообменников;
система горячего водоснабжения – двухступенчатая смешанная

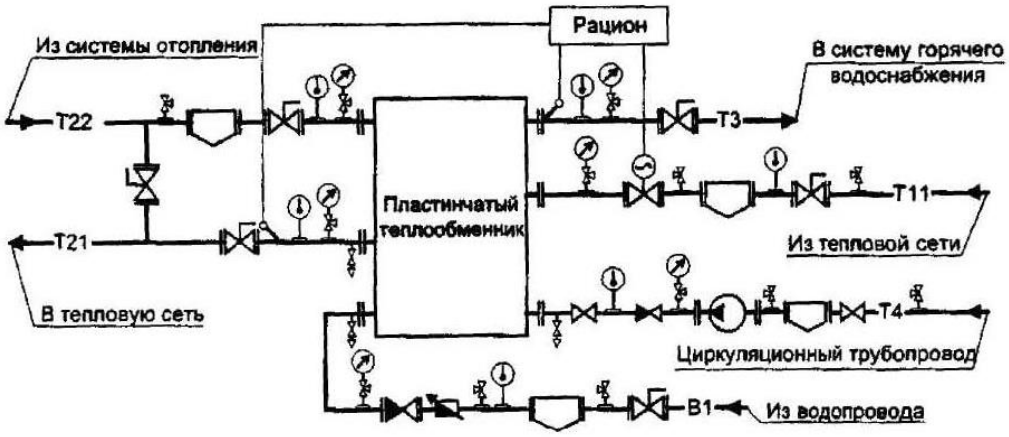


Рис.4. Схема блочного теплового пункта №4: Система горячего водоснабжения - двухступенчатая смешанная

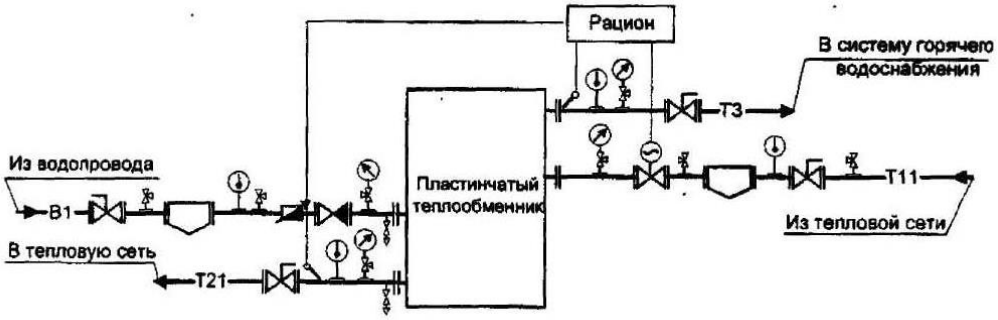


Рис.5. Схема блочного теплового пункта №5: Система горячего водоснабжения – параллельна

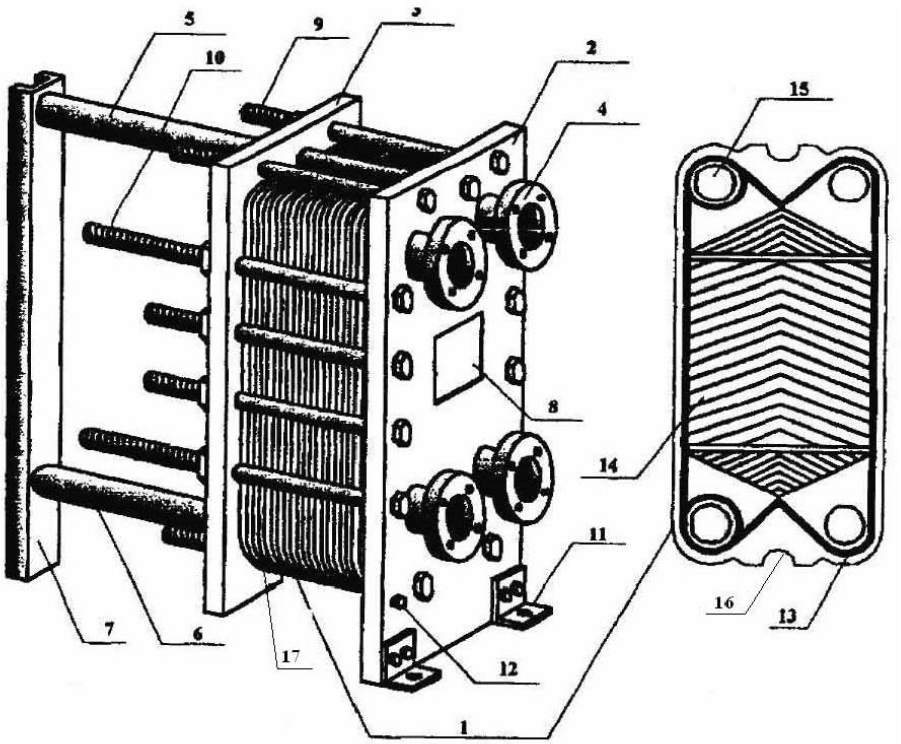


Рис.6. Пластинчатый теплообменник:
1 – пластины; 2 – плита неподвижная; 3 – плита нажимная; 4 – фланец с патрубком; 5 – направляющая верхняя; 6 – направляющая нижняя; 7 – стойка;; 8 – табличка; 9 – болт стяжной; 10 – болт опорный; 11 – угольник; 12 – болт заземления; 13 – прокладка резиновая; 14 – гофры; 15 – отверстия коллекторные; 16 – U-образный паз; 17 – пакет секций

На рис. 4 приведена схема БГВ (блочного теплового пункта для систем ГВ), предназначенного для присоединения системы горячего водоснабжения зданий по двухступенчатой смешанной схеме, а на рис. 5 - схема БГВ, предна-

значенного для присоединения системы горячего водоснабжения зданий по параллельной схеме.

Подробное описание пластинчатых теплообменников (их конструкция, схемы движения теплоносителей, схемы обвязки, преимущества по сравнению с кожухотрубными и т.д.) приведено в книге В.М. Копко, М.Г. Пшоник «Пластинчатые теплообменники в системах централизованного теплоснабжения. Общий вид пластинчатого теплообменника представлен на рис. 6.

Средства автоматизации и контроля для тепловых пунктов. С помощью средств автоматизации и контроля работа тепловых пунктов должна обеспечиваться без постоянного обслуживающего персонала.

Автоматизация тепловых пунктов систем теплоснабжения должна обеспечивать:

- регулирование подачи теплоты в систему отопления в зависимости от изменения параметров наружного воздуха с целью поддержания заданной температуры воздуха в отапливаемых помещениях;
- поддержание заданной температуры воды, поступающей в систему горячего водоснабжения;
- ограничение максимального расхода воды из тепловой сети на тепловой пункт;
- поддержание требуемого перепада давления воды в подающем и обратном трубопроводах тепловых сетей на вводе в ЦТП или ИТП при превышении фактического перепада давления над требуемым более чем на 200 кПа;
- поддержание минимально заданного давления в обратном трубопроводе системы отопления;
- поддержание требуемого перепада давления воды в подающем и обратном трубопроводах систем отопления в закрытых системах теплоснабжения при отсутствии регуляторов расхода на отопление или при установке корректирующих насосов, характеризующихся изменением напора в пределах более 20 % (в диапазоне рабочих расходов), на перемычке между обратным и подающим трубопроводами тепловой сети;

- включение и выключение подпиточных устройств для поддержания статического давления в системах теплопотребления при их независимом присоединении;

- защиту систем потребления теплоты от повышения давления или температуры воды в трубопроводах этих систем при возможности превышения допустимых параметров;

- поддержание заданного давления воды в системе горячего водоснабжения;

- включение и выключение корректирующих насосов;

- блокировку включения резервного насоса при отключении рабочего;

- защиту системы отопления от опорожнения;

- прекращение подачи воды в бак-аккумулятор или расширительный бак при независимом присоединении систем отопления по достижении верхнего уровня в баке и включении подпиточных устройств при достижении нижнего уровня;

- включение и выключение дренажных насосов в подземных тепловых пунктах по заданным уровням воды в дренажном приямке.

Автоматическое регулирование подачи теплоты в системы отопления по заданному отопительному графику в зависимости от температуры наружного воздуха, автоматическое поддержание температуры воды в системах горячего водоснабжения и температуры воздуха в системах вентиляции можно рассмотреть на примере регулятора расхода тепла «Рацион-комфорт».

Принцип работы регулятора для контура *отопления* заключается в следующем. Блок управления с помощью датчиков температуры определяет температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления, и температуру наружного воздуха. На основании выбранного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха блок управления определяет требуемое значение температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления.

Блок управления формирует управляющий сигнал на открытие регулирующего клапана, когда значение температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, ниже требуемого значения. Блок управления формирует управляющий сигнал на закрытие регулирующего клапана, когда значение температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, выше требуемого значения. Блок управления имеет возможность чередовать режимы поддержания комфортной и пониженной температуры теплоносителя в системе отопления по заранее установленной недельной программе.

Принцип работы регулятора для контура *горячего водоснабжения* заключается в следующем. Блок управления с помощью датчика температуры определяет температуру горячей воды на выходе из теплообменника и сравнивает ее с заданным значением. Блок управления формирует управляющий сигнал на открытие регулирующего клапана, когда значение температуры горячей воды ниже требуемого, и, наоборот, на закрытие регулирующего клапана, когда значение температуры горячей воды выше требуемого. Блок управления имеет возможность чередовать режимы поддержания комфортной и пониженной температуры теплоносителя в системе горячего водоснабжения по заранее установленной недельной программе.

Аналогично работает регулятор для системы *вентиляции.* Блок управления с помощью датчика температуры определяет температуру воздуха в помещении или воздуховоде и сравнивает ее с заданным значением. Блок управления формирует управляющий сигнал на открытие регулирующего клапана, когда значение температуры воздуха ниже требуемого значения. Блок управления имеет возможность чередовать режимы поддержания в помещении комфортной и пониженной температуры воздуха по заранее установленной недельной программе.

Общий вид регулятора представлен на рис. 7. Регулятор состоит из микропроцессорного блока управления производства фирмы «Danfoss» (Дания), датчиков температуры производства фирмы «Danfoss» (Дания) или НПО

«Энергоприбор» (Беларусь), а также одного или двух клапанов регулирующих седельных (Dy 25, 32, 40, 50, 80) производства ПО «Термоблок».

В зависимости от количества автоматизированных систем регулятор может быть одно- или двухконтурным.

Маркировка регулятора зависит от его назначения, цифры «1» или «2» указывают на количество контуров, буквы «О», «В» или «ГВ» указывают на сокращенное название систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для каждого контура.

В качестве датчиков температуры используются термопреобразователи сопротивления с оболочкой из меди или нержавеющей стали.

Схемы установки регуляторов отпуска тепла «Рацион-комфорт» приведены в прил. 1.

В тепловых пунктах могут также устанавливаться регуляторы расхода тепла «Рацион-комби». Они предназначены для автоматического регулирования расхода теплоты в системах отопления по заданному отопительному графику в зависимости от температуры наружного воздуха и автоматического поддержания температуры в системах горячего водоснабжения. Принцип работы этого регулятора аналогичен предыдущему.

Общий вид регулятора приведен на рис. 8.

Схемы установки регуляторов расхода тепла «Рацион-комби» приведены в прил. 2.

Учебный тепловой пункт. В лаборатории «Теплоснабжение» кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» смонтирован блочный тепловой пункт, изготовленный ПП «Термоблок». Установка соответствует принципиальной схеме блочного теплового пункта № 3 (см. рис. 3) и предусматривает присоединение системы отопления объекта по независимой схеме (через теплообменник), а присоединение системы горячего водоснабжения - по двухступенчатой смешанной схеме. Схема называется *двухступенчатой смешанной* потому, что теплообменник горячего водоснабжения имеет две

ступени, одна из которых (2-я или «верхняя») присоединена параллельно с системой отопления, а вторая (1-я или «нижняя») - последовательно.

Независимое присоединение системы отопления к тепловым сетям рекомендуется в том случае, если давление в обратном трубопроводе тепловой сети или статическое давление выше допустимого давления для системы отопления. Применение независимых схем в центральных тепловых пунктах позволяет полностью отделить все внутриквартальные тепловые сети от магистральных и распределительных. Это значительно увеличивает маневренные возможности тепловых сетей в гидравлическом режиме. Большим преимуществом независимой схемы присоединения перед другими схемами является сохранение циркуляции в местных системах при повреждениях в наружных сетях, что позволяет ускорить процесс восстановления нормального режима работы сети после ликвидации повреждений на внешних сетях. В настоящее время применение блочных тепловых пунктов с бесшумными циркуляционными насосами, современного теплопотребляющего оборудования и насосной циркуляции вместо элеваторных узлов является одним из важнейших направлений совершенствования систем теплоснабжения, так как позволяет экономить теплоту и теплоноситель, обеспечить переход на гибкое управление гидравлическим и тепловым режимами.

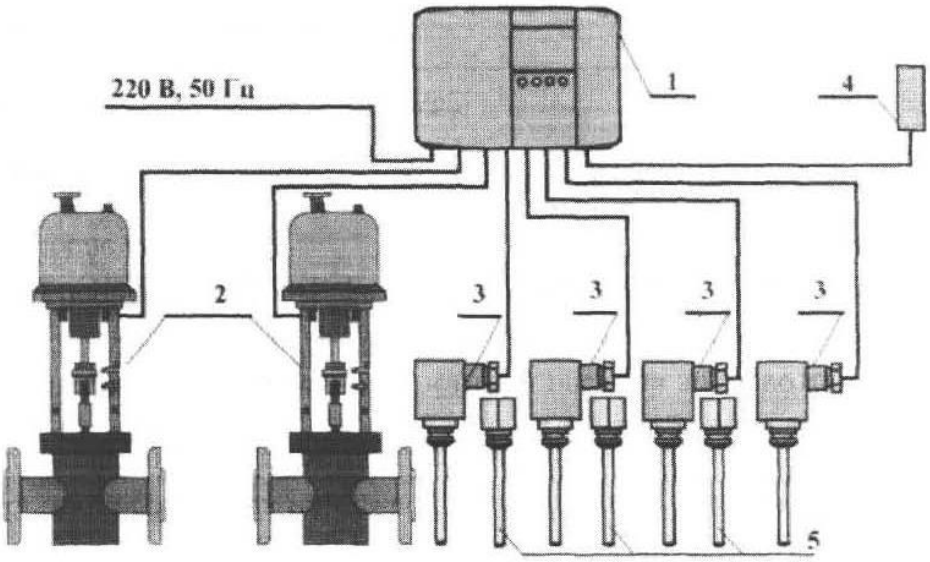


Рис.7. Общий вид регулятора «Рацион-Комфорт» О + ГВ:
1 – блок управления регулятором; 2 – клапаны регулирующие седельные с электроприводом; 3 – датчики температуры погружные; 4 – датчик температуры наружного воздуха; 5 – гильза защитная

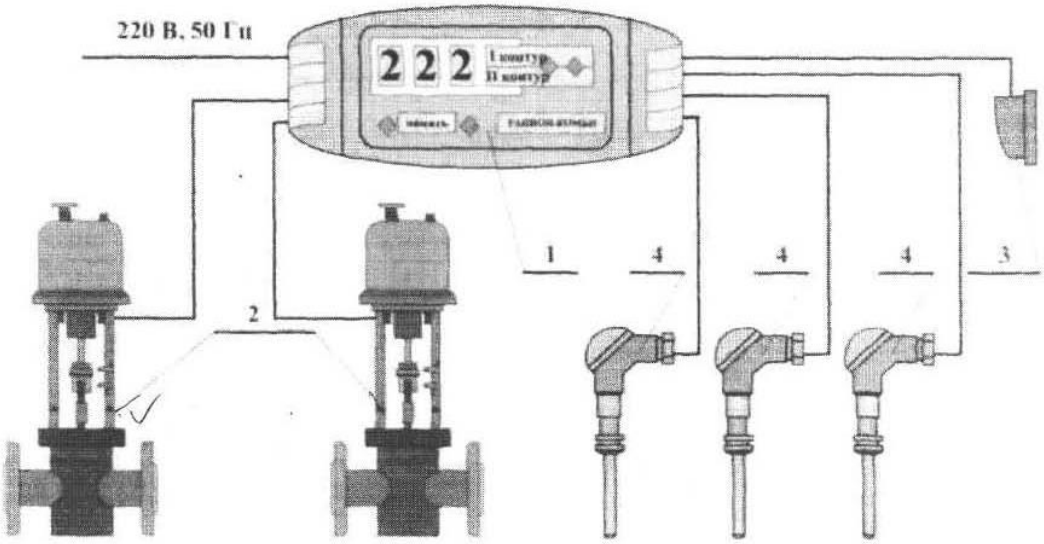


Рис.8. Общий вид регулятора «Рацион-Комби» О + ГВ:
1 – блок управления регулятором; 2 – клапаны регулирующие седельные с электроприводом; 3 – датчик температуры наружного воздуха; 4 – датчики температуры погружные

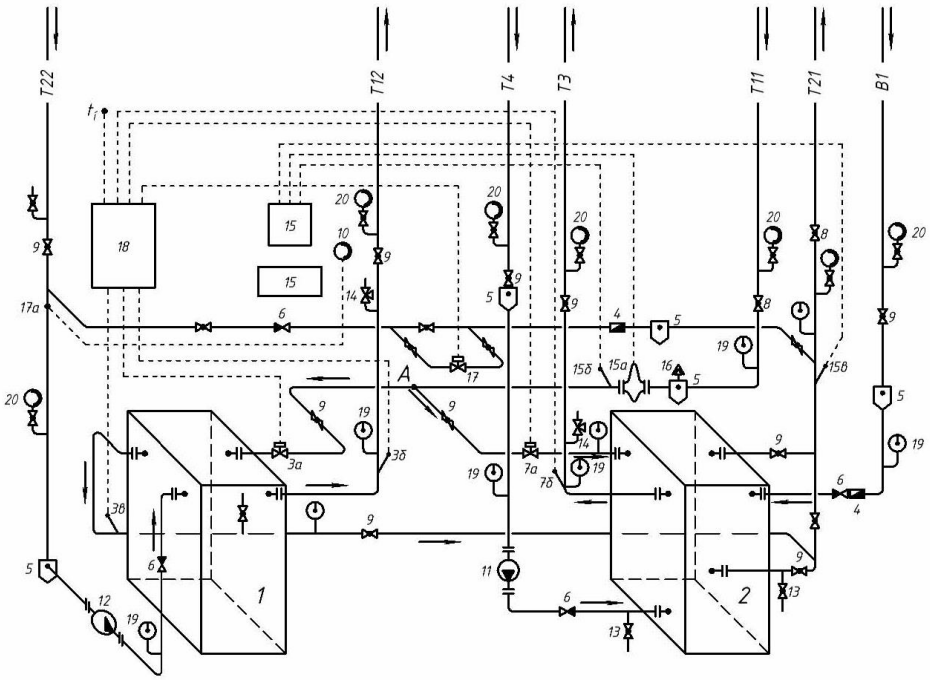


Рис. 9 Схема теплового пункта: 1 – теплообменник системы отопления; 2 – теплообменник системы горячего водоснабжения; 3 – регулятор отопления в составе регулирующей заслонки 3а, датчиков температуры 3б и 3в; 4 – счетчик расхода; 5 – фильтр сетчатый (грязевик); 6 – обратный клапан; 7 – регулятор температуры горячей воды в составе регулирующего клапана КРС 7а, 7б – датчика температуры горячей воды; 8, 9 – шаровой кран; 10 – контактный манометр; 11 – циркуляционный насос "GRUNDFOSS"; 12 – циркуляционный насос системы отопления; 13 – спускные штуцера с запорной арматурой; 14 – предохранительный клапан; 15 – теплосчетчик с датчиком температуры 15б и первичным преобразователем расхода 15а; 16 – штуцер для выпуска воздуха; 17 – регулятор подпитки системы отопления; 17а – датчик давления; 18 – блок управления регулятора "Рацион"; 19 – термометр; 20 – манометр.

Схема учебного блочного теплового пункта приведена на рис. 9. Первичный теплоноситель (горячая сетевая вода) поступает из теплосети по трубопроводу Tl1 и разветвляется на два параллельных потока: один поступает в пластинчатый теплообменник отопления 1, а другой - во 2-ю («верхнюю») ступень теплообменника горячего водоснабжения 2. При этом термометром 19 и манометром 20 определяются начальные параметры теплоносителя. Кроме того, с помощью теплосчетчика 15, который получает сигналы от установленных на теплопроводе Т11и Т21 датчиков температуры 156, 15в и первичного преобразователя расхода 15а, определяется количество поступающей теплоты на абонентский ввод.

На ответвлении от точки «А» теплопровода Tl1 к теплообменнику отопления 1 установлена регулирующая заслонка 3а, с помощью которой можно изменять количество первичного теплоносителя, поступающего в теплообменник отопления 1.

Вторичный теплоноситель теплообменника отопления - это охлажденная вода после системы отопления объекта, поступающая в тепловой пункт по

теплопроводу Т22. Параметры воды после системы отопления определяются по показаниям термометра 19 и манометра 20.

Нагретый в теплообменнике 1 теплоноситель системы отопления по теплопроводу Т12 поступает в систему отопления объекта, параметры теплоносителя замеряются термометром 19 и манометром 20. На этом же теплопроводе Т12 установлен датчик температуры 36 (термопреобразователь сопротивления ТСМ), сигналы от которого передаются в блок управления регулятора 18 «Рацион». В блок управления поступают также сигналы от датчика температуры наружного воздуха tН. На основе этих данных блок управления может подать соответствующий управляющий сигнал на закрытие или открытие регулирующей заслонки 3а.

Циркуляция теплоносителя системы отопления осуществляется с помощью циркуляционного насоса 12 ПП «Термоблок».

Подпитка системы отопления осуществляется из обратного трубопровода ввода теплосети. Количество подпиточной воды устанавливается регулятором подпитки 17 по импульсу давления в обратном трубопроводе системы отопления 17а, величина которого устанавливается контактным манометром 10. На подпиточной линии установлены горячеводный счетчик расхода 4, грязевик 5 и обратный клапан 6. Для защиты системы отопления от превышения давления при неполадках в системе подпитки предусмотрена установка предохранительного клапана 14.

На ответвлении от точки «А» теплопровода Т11 к теплообменнику горячего водоснабжения установлен регулирующий клапан КРС 7а, с помощью которого можно изменять количество первичного теплоносителя, поступающего во вторую ступень теплообменника горячего водоснабжения. В блок управления регулятора «Рацион» 18 для контура горячего водоснабжения поступает сигнал от датчика 76 температуры горячей воды на выходе из теплообменника и поступающей в систему горячего водоснабжения. Блок управления сравнивает эту температуру th с заданным значением (по СНиП 2.04.01 - 85 «Внутренний водопровод и канализация зданий» th должна быть не ниже 50 и не выше

75 °С). В соответствии с полученными данными блок управления подает управляющий сигнал на открытие или закрытие регулирующего клапана 7а.

Вторичный теплоноситель теплообменника горячего водоснабжения - это холодная водопроводная вода tx, поступающая в тепловой пункт по водопроводу В1.

Предварительный подогрев водопроводной воды осуществляется в 1-й («нижней») ступени теплообменника за счет тепла обратной воды из теплообменника системы отопления и тепла сетевой воды из 2-й ступени теплообменника. Сетевая вода из 2-й ступени подогревателя переходит в 1 -ю, соединяясь с водой из подогревателя системы отопления.

Недогрев водопроводной воды в 1-й ступени подогрева при максимальной нагрузке горячего водоснабжения принимается 5 - 10 °С. После предварительного подогрева водопроводной воды в 1-й ступени теплообменника вторичный теплоноситель, имеющий уже температуру примерно 30 °С, переходит во 2-ю ступень теплообменника, где догревается до требуемой расчетной температуры th сетевой воды из подающего теплопровода Tl1. Таким образом, расход сетевой воды из подающего трубопровода тепловой сети на подогрев водопроводной воды во 2-й ступени подогревателя зависит от степени ее нагрева в 1-й ступени подогревателя.

Для предотвращения поступления горячей воды в водопровод, а также водопроводной воды в циркуляционный трубопровод устанавливаются обратные клапаны 6. Также с целью недопущения перетоков воды установлен обратный клапан 6 после циркуляционного насоса системы отопления 12 и на подпиточном трубопроводе системы отопления.

Для учета расхода воды на горячее водоснабжение должен быть установлен счетчик 4 на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателем.

В системах горячего водоснабжения с большим радиусом действия, имеющих большие гидравлические сопротивления, применяется принудительная циркуляция. В качестве циркуляционных применяют центробежные насосы. На лабораторной установке смонтирован насос 11 фирмы «GRUNDFOSS».

Циркуляционная вода Т4 проходит только через 2-ю ступень теплообменника, так как ее температура после системы горячего водоснабжения примерно равна температуре водопроводной воды после 1-й ступени подогрева в теплообменнике. Температура циркуляционной воды определяется термометром 19 на трубопроводе Т4.

В тепловом пункте давление горячей воды на выходе из теплообменника 2 определяется манометром 20 на трубопроводе ТЗ. Здесь также установлен предохранительный клапан 14, который рассчитан и отрегулирован так, чтобы давление в трубопроводе ТЗ не превышало расчетное более чем на 10 %.

Температура сетевой воды, возвращаемой из подогревателя, может находиться в достаточно широких пределах от 20 до 40 °С. Нижний предел температур обычно соответствует тепловым сетям от ТЭЦ, верхний - от котельных. ПП «Термоблок» рекомендует, чтобы температура возвращаемого на источник тепла теплоносителя не превышала 30 °С.

Запорная арматура предусмотрена на подающем и обратном трубопроводах тепловых сетей на вводе и выводе их из теплового пункта 8; на подводящих и отводящих трубопроводах каждого водоподогревателя 9.

Для промывки и опорожнения систем потребления теплоты (отопления и горячего водоснабжения) на трубопроводах в нижних точках предусматривается установка штуцеров с запорной арматурой 13. Эти спускники должны иметь диаметр не менее 25 мм.

В высших точках всех трубопроводов установлены штуцеры с запорной арматурой для выпуска воздуха (воздушники) 16 условным диаметром не менее 15 мм. На всех трубопроводах первичного и вторичного теплоносителей (сетевой и нагреваемой воды), а также на входе и выходе из теплообменников установлены термометры 19 и манометры 20.

Фильтры сетчатые (грязевики) 5 установлены на трубопроводах Т11, Т22, В1 и Т4. Предохранительные клапаны 14 установлены на трубопроводах системы отопления Т12 и горячего водоснабжения ТЗ для предохранения от превышения давления в сети сверх допустимого.

Лабораторная работа №2. Анализ расходов тепла в системах централизованного теплоснабжения

Цель работы: проанализировать расходы тепла в системах теплоснабжения для жилых домов, общественных зданий и промышленных комплексов населенных пунктов ПМР.

Общие сведения. На сегодняшний день политика энергосбережения является приоритетным направлением развития систем энерго- и теплоснабжения. Фактически на каждом государственном предприятии составляются, утверждаются и воплощаются в жизнь планы энергосбережения и повышения энергоэффективности предприятий, цехов и пр..

Система теплоснабжения страны довольно велика и громоздка, потребляет колоссальные объемы энергии и при этом происходят не менее колоссальные потери тепла и энергии.

Рассмотрим что из себя представляет система теплоснабжения, где происходят наибольшие потери и какие комплексы энергосберегающих мероприятий можно применить для увеличения «КПД» этой системы.

1. Системы теплоснабжения. Теплоснабжение - снабжение теплом жилых, общественных и промышленных зданий (сооружений) для обеспечения коммунально-бытовых (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) и технологических нужд потребителей.

В большинстве случаев теплоснабжение - это создание комфортной среды в помещении - дома, на работе или в общественном месте. Теплоснабжение включает в себя также подогрев водопроводной воды и воды в плавательных бассейнах, обогрев теплиц и т.д.

Расстояние, на которое транспортируется тепло в современных системах централизованного теплоснабжения, достигает нескольких десятков км. Развитие систем теплоснабжения характеризуется повышением мощности источника тепла и единичных мощностей установленного оборудования. Тепловые мощности современных ТЭЦ достигают 2-4 Ткал/ч, районных котельных 300- 500 Гкал/ч. В некоторых системах теплоснабжения

осуществляется совместная работа нескольких источников тепла на общие тепловые сети, что повышает надёжность, манёвренность и экономичность теплоснабжения.

Нагретая в котельной вода может циркулировать непосредственно в системе отопления.

Горячая вода нагревается в теплообменнике системы горячего водоснабжения (ГВС) до более низкой температуры, порядка 50-60 °С. Температура обратной воды может оказаться важным фактором защиты котла. Теплообменник не только передает тепло от одного контура другому, но и эффективно справляется с перепадом давлений, который существует между первым и вторым контурами.

Необходимая температура подогрева пола (30 °С) может быть получена путем регулирования температуры циркулирующей горячей воды. Перепад температур может быть также достигнут при использовании трехходового клапана, смешивающего в системе горячую воду с обратной.

Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения (суточное, сезонное) осуществляется как в источнике тепла, так и в теплопотребляющих установках. В водяных системах теплоснабжения обычно производится так называемое центральное качественное регулирование подачи тепла по основному виду тепловой нагрузки - отоплению или по сочетанию двух видов нагрузки -отопления и горячего водоснабжения. Оно заключается в изменении температуры теплоносителя, подаваемого от источника теплоснабжения в тепловую сеть, в соответствии с принятым температурным графиком (то есть зависимостью требуемой температуры воды в сети от температуры наружного воздуха). Центральное качественное регулирование дополняется местным количественным в тепловых пунктах; последнее наиболее распространено при горячем водоснабжении и обычно осуществляется автоматически. В паровых системах теплоснабжения в основном производится местное количественное регулирование; давление пара в источнике теплоснабжения поддерживается постоянным, расход пара регулируется потребителями.

1.1 Состав системы теплоснабжения. Система теплоснабжения состоит из следующих функциональных частей:

1) источник производства тепловой энергии (котельная, ТЭЦ, гелиоколлектор, устройства для утилизации тепловых отходов промышленности, установки для использования тепла геотермальных источников);

2) транспортирующие устройства тепловой энергии к помещениям (тепловые сети);

3) теплопотребляющие приборы, которые передают тепловую энергию потребителю (радиаторы отопления, калориферы).

1.2 Классификация систем теплоснабжения. По месту выработки теплоты системы теплоснабжения делятся на:

1) централизованные (источник производства тепловой энергии работает на теплоснабжение группы зданий и связан транспортными устройствами с приборами потребления тепла);

2) местные (потребитель и источник теплоснабжения находятся в одном помещении или в непосредственной близости).

Основные преимущества централизованного теплоснабжения перед местным -- значительное снижение расхода топлива и эксплуатационных затрат (например, за счёт автоматизации котельных установок и повышения их кпд); возможность использования низкосортного топлива; уменьшение степени загрязнения воздушного бассейна и улучшение санитарного состояния населённых мест. В системах местного теплоснабжения источниками тепла служат печи, водогрейные котлы, водонагреватели (в том числе солнечные) и т. п.

По роду теплоносителя системы теплоснабжения делятся на:

1) водяные (с температурой до 150 °С);

2) паровые (под давлением 7--16 ат).

Вода служит в основном для покрытия коммунально-бытовых, а пар - технологических нагрузок. Выбор температуры и давления в системах

теплоснабжения определяется требованиями потребителей и экономическими соображениями. С увеличением дальности транспортирования тепла возрастает экономически оправданное повышение параметров теплоносителя.

По способу подключения системы отопления к системе теплоснабжения последнии делятся на:

1) зависимые (теплоноситель, нагреваемый в теплогенераторе и транспортируемый по тепловым сетям, поступает непосредственно в теплопотребляющие приборы);

2) независимые (теплоноситель, циркулирующий по тепловым сетям, в теплообменнике нагревает теплоноситель, циркулирующий в системе отопления). (Рис.1)

В независимых системах установки потребителей гидравлически изолированы от тепловой сети. Такие системы применяются преимущественно в крупных городах -- в целях повышения надёжности теплоснабжения, а также в тех случаях, когда режим давления в тепловой сети недопустим для тепло-потребляющих установок по условиям их прочности или же когда статическое давление, создаваемое последними, неприемлемо для тепловой сети (таковы, например, системы отопления высотных зданий).

По способу присоединения системы горячего водоснабжения к системе теплоснабжения:

1) закрытая;

2) открытая.

В закрытых системах на горячее водоснабжение поступает вода из водопровода, нагретая до требуемой температуры водой из тепловой сети в теплообменниках, установленных в тепловых пунктах. В открытых системах вода подаётся непосредственно из тепловой сети (непосредственный водоразбор). Утечка воды из-за неплотностей в системе, а также её расход на водоразбор компенсируются дополнительной подачей соответствующего количества воды в тепловую сеть. Для предотвращения коррозии и образования накипи на внутренней поверхности трубопровода вода, подаваемая в тепловую

сеть, проходит водоподготовку и деаэрацию. В открытых системах вода должна также удовлетворять требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Выбор системы определяется в основном наличием достаточного кол-ва воды питьевого качества, её коррозионными и накипеобразующими свойствами.

По числу трубопроводов, используемых для переноса теплоносителя, различают системы теплоснабжения:

1) однотрубные;

2) двухтрубные;

3) многотрубные.

Однотрубные системы применяют в тех случаях, когда теплоноситель полностью используется потребителями и обратно не возвращается (например, в паровых системах без возврата конденсата и в открытых водяных системах, где вся поступающая от источника вода разбирается на горячее водоснабжение потребителей).

В двухтрубных системах теплоноситель полностью или частично возвращается к источнику тепла, где он подогревается и восполняется.

Многотрубные системы устраивают при необходимости выделения отдельных видов тепловой нагрузки (например, горячего водоснабжения), что упрощает регулирование отпуска тепла, режим эксплуатации и способы присоединения потребителей к тепловым сетям.

1.3 Виды потребителей тепла. Потребителями тепла системы теплоснабжения являются:

1) теплоиспользующие санитарно-технические системы зданий (системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения);

2) технологические установки.

Использование нагретой воды для отопления помещений - дело совершенно обычное. При этом применяются самые различные методы переноса энергии воды для создания комфортной среды в помещении. Один из самых распространенных - использование радиаторов отопления.

Альтернативой радиаторам отопления служит подогрев пола, когда отопительные контуры расположены под полом. Контур подогрева пола обычно подключен к контуру радиатора отопления.

Вентиляция - фанкойл, подающий горячий воздух в помещение, обычно используется в общественных зданиях. Часто применяют комбинацию отопительных устройств, например, радиаторов отопления и подогрева пола или радиаторов отопления и вентиляции.

Горячая водопроводная вода стала частью повседневной жизни и ежедневных потребностей. Поэтому установка для горячего водоснабжения должна быть надежной, гигиеничной и экономичной.

По режиму потребления тепла в течение года различают две группы потребителей:

1) сезонные, нуждающиеся в тепле только в холодный период года (например, системы отопления);

2) круглогодичные, нуждающиеся в тепле весь год (системы горячего водоснабжения).

В зависимости от соотношения и режимов отдельных видов теплопотребления различают три характерные группы потребителей:

1) жилые здания (характерны сезонные расходы тепла на отопление и вентиляцию и круглогодичный - на горячее водоснабжение);

2) общественные здания (сезонные расходы тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха);

3) промышленные здания и сооружения, в том числе сельскохозяйственные комплексы (все виды теплопотребления, количественное отношение между которыми определяется видом производства).

Потребителей, получающих тепло от централизованной системы теплоснабжения, называют абонентами этой системы, а расходуемое абонентами тепло — тепловой нагрузкой источника тепла.

В зависимости от соотношения и режимов отдельных видов тепло - потребления различают три характерные группы абонентов: жилые здания,

общественные здания, промышленные здания и сооружения. В последнюю группу входят также сельскохозяйственные производственные здания и комплексы. Для жилых зданий характерны сезонные расходы тепла на отопление и вентиляцию и круглогодовой расход тепла на горячее водоснабжение. В жилых зданиях не устраивают специальной приточной вентиляции — свежий воздух поступает в помещения через форточки окон и неплотности в наружных ограждениях. Подогрев вентиляционного воздуха в этом случае возлагается на систему отопления. Для большинства общественных зданий основное значение имеют сезонные расходы тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха. У промышленных абонентов, в том числе и сельскохозяйственного направления, обычно имеются все виды теплопотребления, количественное соотношение между которыми определяется видом основного производства. Некоторые общественно-коммунальные предприятия, такие, как бани, прачечные и т. п., по характеру теплопотребления следует рассматривать как производственные объекты.

Потребность абонентов в тепле не остается постоянной. Расходы тепла на отопление и вентиляцию изменяются в зависимости от температуры наружного воздуха, на горячее водоснабжение — в зависимости от режима потребления горячей воды населением (при отсутствии у абонентов аккумуляторов горячей воды), в технологических установках — в зависимости от режима работы теплоиспользующего оборудования.

Определяющими для проектирования и расчета централизованного теплоснабжения являются максимальные часовые (расчетные) расходы тепла по отдельным видам теплопотребления и суммарные часовые расходы тепла по абоненту в целом с учетом несовпадения часовых максимумов расходов тепла по отдельным видам теплопотребления.

Для определения потребности в тепле абонентов системы централизованного теплоснабжения используют приближенные методы, в основе которых лежат укрупненные показатели. Степень укрупнения таких показателей может быть различной. Например, по селитебной зоне города

удельные расчетные расходы тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение (на одного жителя, на 1 м^2 жилой площади и, т. п.) относят или ко всей зоне в целом, или к ее отдельным территориально-структурным единицам: микрорайону, жилому району, общественному центру и т. п. Соотношение жилых и общественных зданий в таких структурных единицах города обычно бывает различным, вследствие чего для них оказываются различными и значения удельных показателей расходов тепла.

Из укрупненных показателей расходов тепла наименьшей степенью - укрупнения, а следовательно, и наибольшей точностью обладают показатели по отдельным зданиям. На основе таких показателей и определяются в дальнейшем все иные показатели с большей степенью укрупнения.

На разных стадиях проектирования системы теплоснабжения в зависимости от необходимой точности исходных данных пользуются показателями разной степени укрупнения. И лишь на самой поздней стадии проектирования, когда переходят к расчету мелких (квартальных, микрорайонных) тепловых сетей, расходы тепла определяют более точно: для новых объектов — по соответствующим типовым или индивидуальным проектам, для существующих объектов — по материалам инвентаризации.

Задание. Используя собранные данные по жилым, общественным и производственным зданиям и сооружениям, ориентированные на определение потребности тепла необходимо проанализировать потребность в фактической и расчетной потребности тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжения.

В случае отсутствия вышеназванных данных их необходимо рассчитать, используя методические указания по централизованному теплоснабжению.

Вопросы для самоконтроля:

1. Классификация тепловых нагрузок.
2. Расчет расхода теплоты на вентиляцию общественных и коммунальных зданий. Кондиционирование воздуха.

3. Расход теплоты на технологические нужды и бытовое ГВС. Методика расчетов.
4. Расчет максимальных и средних тепловых нагрузок.
5. Годовые расходы теплоты и топлива. Методика расчетов.
6. Решите тест.

6.1. Назовите виды тепловых нагрузок, относящиеся к сезонным.

1). Технологическая.

2). Отопление.

3). Горячее водоснабжение.

4). Вентиляция.

5). Кондиционирование воздуха.

6.2. Какая температура наружного воздуха считается расчетной для отопления?

1). Абсолютная минимальная.

2). Средняя за отопительный период.

3). Средняя наиболее холодной пятидневки.

4). Средняя наиболее холодного воздуха.

6.3. Какое значение температуры холодной воды принимается для расчета нагрузки горячего водоснабжения в зимний период, а какое – в летний?

1). - 5°С.

2). 0°С.

3). 5°С.

4). 10°С.

5). 15°С.

Лабораторная работа №3. Исследование гидравлических тепловых режимов тепловых сетей

Введение. Водяные тепловые сети представляют собой сложную гидравлическую схему, в которой работа отдельных звеньев находится во взаимной зависимости.

Для правильного управления и регулирования работой тепловой сети необходимо знать гидравлические режимы и характеристики работающего оборудования: циркуляционных насосов и тепловой сети. Уметь устанавливать влияние различных факторов на изменение гидравлического режима, распределения теплоносителя и напоров по сети. Изучение этих вопросов наиболее наглядно можно производить на гидравлическом стенде.

2 Описание стенда. Гидравлический стенд представляет собой модель системы теплоснабжения на котором можно наглядно представить различные гидравлические режимы работы тепловой сети и абонентов (приложение 3).

Стенд состоит из следующих элементов:

-центробежного насоса и расширительного бака для имитации источника теплоты:

-тепловой сети:

-абонентов:

-измерительных приборов.

На источнике теплоты установлены:

1. Центробежный насос (III) марки UPS 25-40-180, предназначенный для циркуляции теплоносителя по трубопроводам тепловой сети - имитирует сетевой насос источника теплоты.

2. Расширительный бак (IV) - для создания необходимого режима давлений в мелких системах теплоснабжения при отсутствии подпиточного насоса.

Водяная двухтрубная тепловая сеть представлена двумя ветвями - верхней в нижней для имитации различных профилей местности.

Абоненты представлены в виде подающего и обратного стояков с вентилями и соединены участком трубы, имитирующим отопительную систему и краном

для выпуска воздуха. На каждой ветке по 4 абонента на верхней ветви – А, Б, В, Г, а на нижней – Д, Е, Ж, З.

Измерительные приборы. Для измерения напоров и давлений в отдельных точках сети применяются стеклянные трубки и манометры.

1 - манометр для измерения давления (напора) до циркуляционного насоса;

2 - манометр для измерения давления (напора) после циркуляционного насоса;

3,5,7,8 - трубки для изменения напора в подающем трубопроводе тепловой сети верхней ветки;

4,6,8,10 - трубки для измерения напора в обратном трубопроводе тепловой сети верхней ветки;

11,13,15,17 - трубки для измерения напора в подающем трубопроводе нижней ветки:

12,14,16,18 - трубки для измерения напора в обратном трубопроводе нижней ветки.

Расход воды, циркулируюший в системе, определяется по характеристике насоса (приложение 4) по известному напору, развиваемому насосом.

3. Подготовка стенда к проведению лабораторных работ.

Заливка стенда водой

Вода для заливки стенда находится в расширительном баке (IV) и при необходимости можно ее доливать. Для заполнения трубопроводов гидравлического стенда необходимо проделать следующее:

1.открыть задвижки Kl, К2, КЗ, К4, К5, К6, К7, К8;

2.открыть воздушные краны на абонентах:

3.открыть вентили на подводках к абоненту.

После того как вода начнет заполнять систему, следить за воздушными кранами и немедленно закрыть их, как только в них появится вода.

После того как будет залит самый удаленный и высокий абонент Г и вода установится в расширительном баке IV на отметке (согласовать с преподавателем), заливку стенда прекратить.

Включение верхней ветви тепловой сети.

1. Закрыть вентили К7, К8.

2. Открыть вентили К5, К6.

Включение нижней ветви тепловой сета

1.Закрыть вентили К5, К6.

2.Открыть вентили К7, К8.

Циркуляционный насос UPS-25-40-180 Фирмы GRUNDFOS является трехскоростным и предназначен для работы в системах отопления со стабильным и мало изменяющимся расходом. В зависимости от потребности сети с помощью простого и удобного переключателя можно установить необходимую частоту вращения.

Характеристика насоса дана в приложении 4.

4 Назначение работы. Цель данной работы углубление знаний по гидравлическому режиму тепловых сетей, установление влияния отдельных факторов, таких как включение и отключение потребителей, прикрытие задвижек, изменение напора на всасывающем патрубке сетевого насоса к т.д. на характер распределения теплоносителя и напоров по сети.

При проектировании и эксплуатации тепловой сети наряду с давлением широко используют понятие напора и пьезометрического графика. Напор и давление связаны следующей зависимостью:

$$H = \frac{P}{\gamma}, \text{м}$$

где Н и Р - напор и давление теплоносителя, м, кг/м^2.

γ - удельный вес теплоносителя, кг/кг^3.

Различают полный и пьезометрические напоры. Полный напор отсчитывается от одного общего условного горизонтального уровня, как правило, это самая низкая точка сети.

Пьезометрический напор отсчитывается от уровня прокладки оси трубопровода. На пьезометрическом графике в определенном масштабе на горизонтальной оси наносится длина сети от насоса до абонентов, а на

вертикальной оси - напоры и геодезические высоты оси теплопроводов. С помощью пьезометрического графика можно определять полный, пьезометрический и располагаемые напоры в любой точке сети и абонентской установки, выбирать схемы присоединения абонентов, ориентироваться в гидравлическом режиме тепловой сети и абонента.

5 Задание. Построить пьезометрические графики модели двухтрубной водяной сети для следующих режимов:

1. Работа водяной сети с одним включенным потребителем при различных расходах воды в тепловой сети, (режимы 1,2,3).
2. Работа при одном включенном потребителе и максимальной скорости циркуляционного насоса и частичном прикрытие вентиля на подающей линии сети по указанию преподавателя вентиль 5 или 7 (Режим 4).
3. Работа при нескольких включенных потребителях (количество потребителей задается преподавателем) и при максимальной скорости циркуляционного насоса (Режим 5).

Составить отчет по выполненной работе.

6. Порядок проведения работы

6.1. Подготовка стенда к работе

- После ознакомления с описанием установки вычерчивается форма ведомости для записи наблюдений (табл.1).
- Проводится включение верхней ветви тепловой сети.
- Проверяется подключение расширительного бака перед циркуляционным насосом (для чего следует открыть К3, К4. Задвижка К1 закрыта).

6.2. Проведение опытных режимов

Первый режим. Отключаются от сети все абоненты А, Б, В, кроме Г. Для создания циркуляции включается электродвигатель насоса III и постепенно открывается К1. Устанавливается перепад давлений, соответствующий максимальной частоте вращения. Производятся замеры по всем измерительным приборам и записываются в ведомости испытаний.

Второй режим. Устанавливается второй режим работы тепловой сети, соответствующий средней частоте вращения насоса. Производится запись показаний манометров и измерительных трубочек.

Третий режим. Устанавливается 3-й режим, соответствующий малой частоте вращения насоса и также производится запись показаний приборов.

Четвертый режим. Устанавливается 1-й режим прикрывается вентиль К1 или К5 на подающей линии до тех пор, пока перепад у абонента Г не уменьшится на 30° о по сравнению с I режимом.

Пятый режим. Подключаются все абоненты А,Б,В,Г. Для этого открываются вентили у всех потребителей, насос работает при максимальной скорости. Производится запись показаний.

7. Обработка результатов.

1 Полный напор в месте присоединения расширительного бака IV (точка А), отсчитываемый от условий нулевой отметки (пол лаборатории), определяется по формуле

$$H_A = H_6 + H_н, \text{ м},$$

где H_6 - расстояние по вертикали от уровня воды в баке до оси трубопровода насоса, м:

$H_н$ - геодезическая отметка оси насоса $H_н = 0.18$м.

2. Напор, развиваемый насосом, м

$$ДН_Н = \frac{ДР_Н}{\gamma} = \frac{(P_{наг} - P_{вс})}{\gamma}$$

где γ - удельный вес воды, можно принимать $\gamma = 1\ 000$ кг/м^3;

$\Delta P_н$ - перепад давлений между всасывающим и нагнетательным патрубками (кг/м^2).

Строится пьезометрический график (см.рис.1) для этого вычерчивается профиль подающей и обратной магистралей с указанием точек замеров (расстояние между точками замеров указаны в табл.2. Замеряется высота прокладки трубопровода над уровнем пола. За нулевую отметку принимается пол лаборатории.

Таблица 1 Форма ведомости испытаний

Наименование режима	H_6		Р, кгс/см^2		Напор, развиваемый насосом	Абонент А			Абонент Б			Абонент В			Абонент Г		
	стат	дин	всас	наги		$H_{под}$, м	$H_{обр}$, м	$\Delta H_{об}$, м	$H_{под}$, м	$H_{обр}$, м	$\Delta H_{об}$, м	$H_{под}$, м	$H_{обр}$, м	$\Delta H_{об}$, м	$H_{под}$, м	$H_{обр}$, м	$\Delta H_{об}$, м
1 режим																	
2 режим																	
и т.д.																	

Таблица 2

№ участков	Н-А	А-Б	Б-В	В-Г

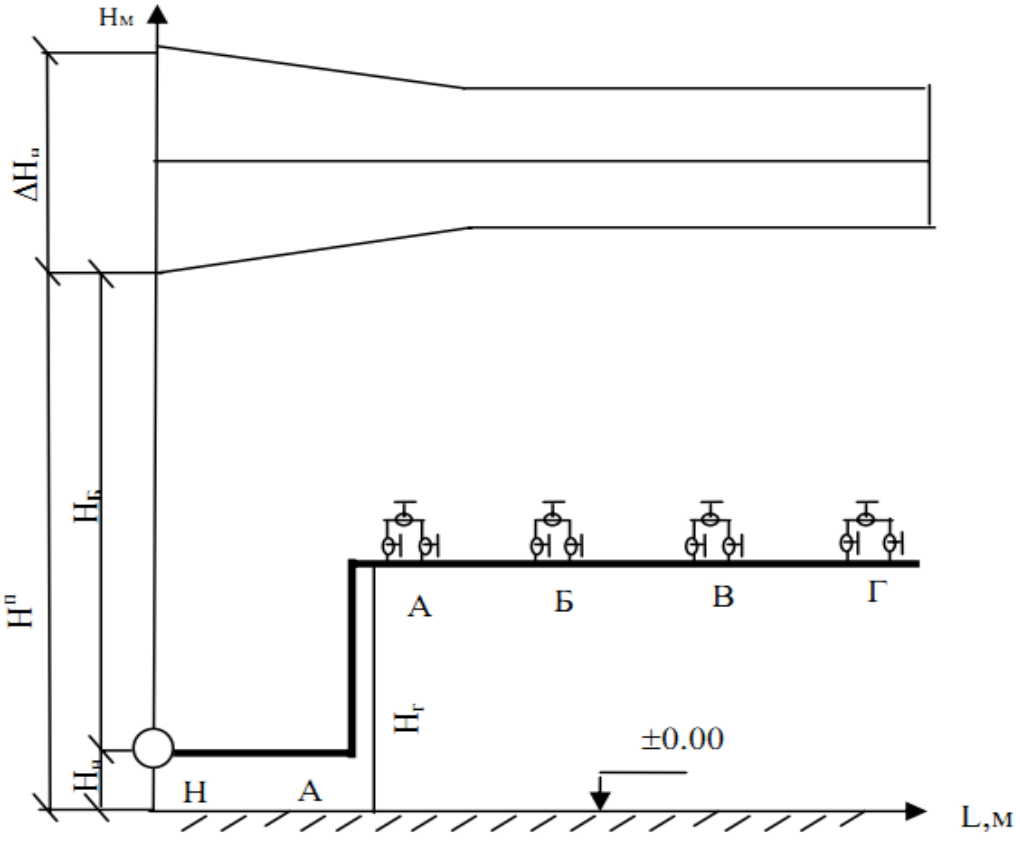


Рис. 1

По данным замеров построить пьезометрические графики всех исследуемых режимов модели тепловой сети.

Графически изобразить статическое состояние системы (при выключенном циркуляционном насосе) в виде горизонтальной линии, проведенной на отметке соответствующей уровню воды в расширительном баке.

На построенных графиках отметить напоры, развиваемые циркуляционным насосом в трех режимах работы; располагаемые напоры для абонентов; пьезометрические напоры в подающем и обратном трубопроводах для произвольной точки.

5 Составление отчета по работе. Отчет по работе, написанный чернилами, представляется к следующему занятию.

В отчете кратко формулируется задача работы, фактический порядок проведения эксперимента, приводится протокол испытаний и результаты обработки полученных данных.

Рекомендуется следующая схема составления отчета:

1.Задача работы и метод решения:

2.принципиальная схема установки:

3.ведомость испытаний, обработка результатов:

4.профиль сети с пьезометрическими графиками:

5. анализ полученных результатов

Графики выполняются на миллиметровой бумаге.

Вопросы для самопроверки

1. Для любой точки сети показать на пьезометрическом графике напоры: полный, пьезометрический и располагаемый.
2. Начертить пьезометрический график при прекращении циркуляции в сети.
3. Как будет изменяться пьезометр: при увеличении или уменьшении расхода воды в сети при постоянном напоре насоса; при уменьшении или увеличении диаметр трубопровода; при уменьшении напора; при постоянном расходе; при включении абонентов и т.д.

Лабораторная работа №4. Ознакомление с конструкциями тепловых сетей

Цель работы: практическое ознакомление конструкциями и оборудованием тепловых сетей: места установки, назначение, виды, принцип работы, технологические схемы и ознакомление с каталогом производителей по эксплуатационным и стоимостным характеристикам. Перспектива: посещение в виде экскурсий объекты, подведомственные теплоэнергетическим предприятиям населенных пунктов ПМР.

Общие сведения. Вводная часть. Трасса и профиль тепловых сетей. Тепловая сеть – это система прочно и плотно соединенных между собой участников теплопроводов, по которым теплота с помощью теплоносителей (пара или горячей воды) транспортируется от источников к тепловым потребителям.

Направление теплопроводов выбирается по тепловой карте района с учетом материалов геодезической съемки, плана существующих и намечаемых надземных и подземных сооружений, данных о характеристике грунтов и т. д. Вопрос о выборе типа теплопровода (надземный или подземный) решается с учетом местных условий и технико-экономических обоснований.

При высоком уровне грунтовых и внешних вод, густоте существующих подземных сооружений на трассе проектируемого теплопровода, сильно пересеченной оврагами и железнодорожными путями в большинстве случаев предпочтение отдается надземным теплопроводам. Они также чаще всего применяются на территории промышленных предприятий при совместной прокладке энергетических и технологических трубопроводов на общих эстакадах или высоких опорах.

В жилых районах из архитектурных соображений обычно применяется подземная кладка тепловых сетей. Стоит сказать, что надземные теплопроводные сети долговечны и ремонтопригодны, по сравнению с подземными. Поэтому желательно изыскание хотя бы частичного использования подземных теплопроводов.

При выборе трассы теплопровода следует руководствоваться в первую очередь условиями надежности теплоснабжения, безопасности работы обслуживающего персонала и населения, возможностью быстрой ликвидации неполадок и аварий.

В целях безопасности и надежности теплоснабжения, прокладка сетей не ведется в общих каналах с кислородопроводами, газопроводами, трубопроводами сжатого воздуха с давлением выше 1,6 МПа. При проектировании подземных теплопроводов по условиям снижения начальных затрат следует выбирать минимальное количество камер, сооружая их только в пунктах установки арматуры и приборов, нуждающихся в обслуживании. Количество требующих камер сокращается при применении сильфонных или линзовых компенсаторов, а также осевых компенсаторов с большим ходом (сдвоенных компенсаторов), естественной компенсации температурных деформаций.

На не проезжей части допускаются выступающие на поверхность земли перекрытия камер и вентиляционных шахт на высоту 0,4 м. Для облегчения опорожнения (дренажа) теплопроводов, их прокладывают с уклоном к горизонту. Для защиты паропровода от попадания конденсата из конденсатопровода в период остановки паропровода или падения давления пара после конденсатоотводчиков должны устанавливаться обратные клапаны или затворы.

По трассе тепловых сетей строится продольный профиль, на который наносят планировочные и существующие отметки земли, уровень стояния грунтовых вод, существующие и проектируемые подземные коммуникации и другие сооружения пересекаемые теплопроводом, с указанием вертикальных отметок этих сооружений.

Конструкция теплопроводов. В общем случае теплопровод состоит из трех основных элементов:

- рабочего трубопровода, который служит для транспортировки теплоносителя и который в современных условиях обычно выполняется из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки;
- изоляционной конструкции, предназначенной для защиты наружной поверхности стального трубопровода от коррозии и теплопровода в целом от тепловых потерь;
- несущей конструкции, воспринимающей всю весовую нагрузку и другие усилия, возникающие при его работе, а также разгружающей стальной трубопровод и его изоляционную конструкцию от нагрузки окружающей среды (веса грунта движущегося наземного транспорта, ветра и т. д.).

Конструктивное выполнение указанных элементов зависит от типа теплопровода и используемых материалов. В некоторых типах теплопроводов, например в бесканальном теплопроводе с монолитной изоляцией, функции изоляционной и несущей конструкции совмещены в одном общем элементе.

В зависимости от используемых материалов изоляционная конструкция теплопровода может выполняться как в виде одного элемента, так и виде нескольких последовательно соединенных элементов, например, несколько наложенных друг на друга слоев изоляции, каждый из которых выполняет отдельную задачу.

Современные теплопроводы должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- надежная прочность и герметичность трубопроводов и установленной на них арматуры при ожидаемых в эксплуатационных условиях давлениях и температурах теплоносителя;
- высокое и устойчивое в эксплуатационных условиях теплосопротивление и электросопротивление, а также низкие воздухопроницаемость и водопоглощение изоляционной конструкции;
- индустриальность и сборность; возможность изготовления в заводских условиях всех основных элементов теплопровода, укрупненных до пределов,

определяемых типом и мощностью подъемно-транспортных средств; сборка теплопроводов на трассе из готовых элементов;

- возможность механизации всех трудоемких процессов строительство и монтажа;
- ремонтопригодность, т. е. возможность быстрого обнаружения причин возникновения отказов или повреждений и устранение их и их последствий путем проведения ремонта в заданное время;
- экономичность при строительстве и эксплуатации.

Все подземные теплопроводы, и в первую очередь теплопроводы бесканальные и в непроходных каналах, работают, как правило, в условиях высокой влажности и повышенной температуры окружающей среды, т. е. в условиях весьма благоприятных для коррозии металлических сооружений. Поэтому важнейшим элементом является изоляционная конструкция, назначение которой не только защита трубопровода от тепловых потерь, но и защита трубопровода от наружной коррозии.

В том случае, когда изоляционный слой выполнен и пористого материала, например минеральной ваты, пенобетона, битумоперлита и др., необходимо защитить его от внешней влаги и воздуха наружным покрытием из материала с низким водопоглощением и низкой воздухопроницаемостью, например из полиэтилена или изола. Основной метод защиты подземных теплопроводов от электрохимической коррозии заключается в выполнении изоляционного слоя из материала с высоким влаго- и электросопротивлением.

Другое возможное решение задачи заключается в электрической изоляции металла от электролита путем наложения на наружную поверхность стальных трубопроводов антикоррозийного покрытия, имеющего большое электрическое сопротивление, например путем эмалирования наружной поверхности или нанесения двухслойного покрытия температуроустойчивым изолом или трехслойного покрытия органосиликатной краской АС-8а.

Источниками электрической коррозии стальных подземных теплопроводов обычно служат установки постоянного тока, например электрифицированные

железные дороги и трамваи, с рельсовых путей которых электрический ток стекает на землю. В анодных зонах, где ток стекает с металлических трубопроводов в грунт, происходит разрушение трубопроводов.

Для ограничения натекания блуждающих токов на подземные теплопроводы могут быть использованы разные методы или их комбинации, в том числе:

- создание высокого электрического сопротивления между металлическим трубопроводом и окружающей средой на всем его протяжении (выполнение теплоизоляционной конструкции из материала с высоким электрическим сопротивлением или наложение на наружную поверхность трубопровода покровного слоя, имеющего высокое электросопротивление);
- увеличение переходного электрического сопротивления на границе рельсы-грунт (укладка рельсовых путей на основание из битумизированного гравия, имеющего повышенное электросопротвление);
- повышение электрического сопротивления грунта вокруг теплопровода;
- повышение продольного электрического сопротивления теплопровода путем его электрического секционирования (установка электроизолирующих прокладок между фланцами и электролизующих футляров на болтах в местах соединения отдельных секций трубопроводов);
- увеличение продольной электропроводности рельсового пути посредством установки электропроводящих перемычек между отдельными звеньями рельсов в местах стыковки.

Возможны также чисто электрические методы защиты, например, создание вокруг теплопровода контртока, равного по значению, но направленного против блуждающих токов.

Наиболее распространенными конструкциями теплопроводов являются подземные.

Конструкция подземных теплопроводов. Все конструкции подземных теплопроводов можно разделить на две группы: канальные и бесканальные.

В канальных теплопроводах изоляционная конструкция разгружена от внешних нагрузок грунта стенками канала.

В бесканальных теплопроводах изоляционная конструкция испытывает нагрузку грунта.

В настоящее время большинство каналов для теплопроводов сооружается из сборных железобетонных элементов, заранее изготовленных на заводах или специальных полигонах. Из всех подземных теплопроводов наиболее надежными, зато и наиболее дорогими по начальным затратам являются теплопроводы в проходных каналах.

Основное преимущество проходных каналов – постоянный доступ к трубопроводам. Проходные каналы позволяют заменять и добавлять трубопроводы, проводить ревизию, ремонт и ликвидацию аварий на трубопроводах без разрушения дорожных покрытий и разрытия мостовых. Проходные каналы применяются обычно на выводах от теплоэлектроцентралей и на основных магистралях промплощадок крупных предприятий. В последнем случае в общем канале прокладываются все трубопроводы производственного назначения (паропроводы, водоводы, трубопроводы сжатого воздуха).

В крупных городах целесообразно сооружать проходные каналы (коллекторы) под основными проездами до устройства на этих проездах усовершенствованных дорожных одежд. В таких коллекторах прокладывается большинство подземных городских коммуникаций: теплопроводы, водопроводы, силовые и осветительные кабели, кабели связи и др.

Габаритные размеры проходящих каналов выбирают из условия обеспечения достаточного прохода для обслуживающего персонала и свободного доступа ко всем элементам оборудования, требующим постоянного обслуживания (задвижки, сальниковые компенсаторы, дренажные устройства и т. п.).

Проходные каналы должны быть оборудованы естественной вентиляцией для поддержания температуры воздуха не выше 30°С, электрическим освещением низкого напряжения (до 30 В), устройством для быстрого отвода

воды из канала. Изоляция данных конструкций выполняется посредством защиты с помощью покровного слоя из гидрофобного рулонного материала, например полиэтилена или бризола, а также теплоизоляционной оболочки на трубопроводе от капельной влаги.

В тех случаях, когда количество параллельно прокладываемых трубопроводов невелико (2-4), но постоянный доступ к ним необходим, например пересечение автомагистралей с усовершенствованными покрытиями, теплопроводы сооружаются в полупроходных каналах. Габаритные размеры полупроходных каналов выбирают из условия прохода по ним человека в полусогнутом состоянии. В полупроходных каналах можно проводить осмотр трубопроводов и мелкий ремонт тепловой изоляции при выведенной из работы тепловой сети.

Большинство теплопроводов прокладывается в непроходных каналах или бесканально.

Конструкция теплопроводов в непроходных каналах. Каналы собираются из унифицированных железобетонных элементов разных размеров. Для надежной и долговечной работы теплопровода необходима защита канала от поступления в него грунтовых поверхностных вод. Как правило, нижнее основание канала должно быть выше максимального уровня грунтовых вод.

Для защиты от поверхностных вод наружная поверхность канала (стены и перекрытия) покрывается оклеечной гидроизоляцией из битумных материалов.

При прокладке теплопроводов ниже максимального уровня грунтовых вод сооружаются попутные дренажи, снижающие местный уровень грунтовых вод по трассе теплопровода ниже его основания.

Основное преимущество теплопровода с воздушным зазором по сравнению с бесканальным заключается в создании благоприятных условий для высыхания тепловой изоляции, а сухая тепловая изоляция, уменьшает не только тепловые потери, но и опасность химической и электрохимической наружной коррозии подземного теплопровода.

В каналах с воздушным зазором изоляционный слой может выполняться в виде подвесной изоляционной конструкции. Она состоит из трех основных элементов: антикоррозийного защитного слоя, теплоизоляционного слоя, защитного механического покрытия. Для увеличения долговечности теплопровода несущая конструкция подвесной изоляции (вязальная проволока или металлическая сетка) покрывается сверху оболочкой из некорродирующих материалов или асбоцементной штукатуркой.

Конструкция бесканальных теплопроводов. Бесканальные теплопроводы применяются в том случае, когда они по надежности и долговечности не уступают теплопроводам в непроходных каналах и даже превосходят их, являясь более экономичными по сравнению с последними по начальной стоимости и трудозатратам на сооружение и эксплуатацию.

Все конструкции бесканальных теплопроводов можно разделить на три группы: в монолитных оболочках, засыпные, литые.

Требования к изоляционным конструкциям такие же, как к конструкциям теплопроводов в каналах.

Конструкция бесканальных теплопроводов в монолитных оболочках. В этих теплопроводах на стальной трубопровод наложена в заводских условиях оболочка, совмещающая тепло- и гидроизоляционные конструкции. Принципиально теплопроводы могут применяться не только бесканально но и в каналах.

Современным требованиям соответствуют теплопроводы с монолитной теплоизоляцией из ячеистого полимерного материала типа пенополиуретана с замкнутыми порами и интегральной структурой. Применение полимерного материала позволяет создавать изоляционную конструкцию с заранее заданными свойствами. Особенность интергальной структуры теплогидроизоляционной конструкции заключается в том, что отдельные слои материала распределены по плотности в соответствии с их функциональным назначением. Периферийные слои изоляционного материала, прилегающие к наружной поверхности полиэтиленовой оболочки, имеют более высокую

плотность и прочность, а средний слой, выполняющий основные теплоизоляционные функции, имеет меньшую плотность, но зато и более низкую теплопроводность. Благодаря хорошей адгезии периферийных слоев изоляции к поверхности контакта, существенно повышается прочность изоляционной конструкции. Благодаря высокому тепло- и элеткросопротивлению и низким воздухопроницаемости и влагопоглощению наружной полиэтиленовой оболочки, теплогидроизоляционная конструкция защищает теплопровод не только от тепловых потерь, но и от наружной коррозии. На базе пенополимерных материалов создан ряд модификаций изоляционных конструкций теплопроводов, проходящих в настоящее время стадию технологической доработки и опытной проверки.

Вот главные из них:

- полимербетонная изоляция, выполняемая методом формирования из полимерных материалов с неорганическими наполнителями в которой гидроизоляционной оболочкой служит плотный полимербетон;

- изоляции, накладываемая на стальную трубу методом напыления, предназначенная в основном для трубопроводов диаметром более 500 мм.

Наряду с конструкциями бесканальных теплопроводов с монолитными оболочками, имеющими адгезию к поверхности стальных трубопроводов, сооружаются также теплопроводы с монолитными оболочками без адгезии к поверхности трубопроводов. Одним из типов индустриальных бесканальных теплопроводов в монолитных оболочках без адгезии к наружной поверхности трубы является теплопровод в битумоперлитной изоляции.

Битумоперлит, битумокерамзит и другие аналогичные изоляционные материалы на битумном вяжущем компоненте обладают существенными технологическими преимуществами, позволяющими сравнительно просто индустриализовать изготовление монолитных оболочек на трубопроводах. Но наряду с этими указаниями технология изготовления оболочек нуждается в улучшении для обеспечения равномерной плотности и гомогенности битумоперлитной массы как по периметру трубы так и по ее длине. Кроме того,

битумоперлитная изоляция, при длительном прогреве при 150°С теряет водостойкость, что ведет к снижению антикоррозийной стойкости. Для повышения антикоррозийной стойкости битумопрелита в процессе изготовления горячей формовой массы вводят полимерные добавки в портландцемент, что повышает температуроустойкость, влагостойкость, прочность и долговечность конструкции.

Конструкция бесканальных теплопроводов в засыпных порошках. Эти теплопроводы находят применение главным образом при трубопроводах малого диаметра – до 300 мм. Преимущества данной конструкции по сравнению с теплопроводами с монолитными оболочками заключается в простоте изготовления изоляционного слоя (засыпной порошок транспортируется в упаковках). Одной из конструкций такого типа является бесканальный теплопровод в засыпных самоспекающихся асфальтитах. Основной компонент для изготовления самоспекающегося порошка - природный битум-асфальтит или искусственный битум-продукт заводов нефтепереработки.

Литые конструкции бесканальных теплопроводов. Из литых конструкций бесканальных теплопроводов некоторое применение получили теплопроводы в пенобетонном массиве. В качестве материала для сооружения таких теплопроводов может быть использован перлитобетон. Смонтированные в траншее стальные трубопроводы заливаются жидкой композицией, приготовленной непосредственно на трассе или доставленной в контейнере с производственной базы. После схватывания пенобетонный или перлитбетонный массив засыпается грунтом. Для защиты наружной поверхности стальных трубопроводов от адгезии с изоляционным массивом они покрываются снаружи слоем антикоррозийного мастичного материала. Для повышения антикоррозийной стойкости наружную поверхность стальных трубопроводов эмалируют или накладывают на нее другой защитный слой.

Павильоны и камеры подземных теплопроводов. Задвижки, сальниковые компенсаторы, воздушники, дренажная и другая арматура

подземных теплопроводов, требующая обслуживания, располагается обычно в камерах. На магистральных теплопроводах диаметром 500 мм и выше в камерах размещаются задвижки с электро- или гидроприводом, имеющие большие наружные габариты. Для создания благоприятных условий обслуживания теплопроводов с крупногабаритной арматурой камеры располагаются вне проезжей части и над ними строят надземные сооружения в виде павильонов. При отсутствии на теплопроводах задвижек с электро- или гидроприводом, а также на теплопроводах меньшего диаметра устраиваются подземные камеры без надземного павильона. Устройство и габаритные размеры камер должны обеспечивать удобство и безопасность обслуживания. Каждая камера должна иметь не менее двух выходных люков, которые должны быть открыты при нахождении в камере обслуживающего персонала. В днище камеры должны быть устроены приямки для сбора и спуска или откачки дренажных вод.

Пересечение теплопроводами рек, железнодорожных путей и дорожных магистралей. Наиболее простой метод пересечения речных преград – прокладка теплопроводов по строительной конструкции железнодорожных или автодорожных мостов. Однако мосты через реки в районе прокладки теплопроводов нередко отсутствуют, а сооружение специальных мостов для теплопроводов при большой длине пролета стоит дорого. Возможными вариантами решения этой задачи является сооружение подвесных переходов или сооружение подводного дюкера. Современные усовершенствованные покрытия автодорожных магистралей стоят дорого, поэтому пересечение их вновь сооружаемыми теплопроводами производится обычно закрытым способом, методом щитовой проходки. Такое сооружение производится при помощи щита, представляющего собой цилиндрическую сварную оболочку, выполненную из сварного листа. Пересечение теплопроводами железнодорожных или автодорожных насыпей также производится без остановки движения методом прокола. При помощи мощных гидравлических домкратов в тело насыпи вдавливается стальная труба-гильза, которая насквозь

проходит через насыпь. После очистки от грунта эта труба используется в качестве гильзы-оболочки, внутри которой прокладывается изолированный теплопровод. При пересечении насыпей электрифицированных железных дорог теплопровод необходимо электрически изолировать от стальной гильзы для защиты его электрокоррозии.

Защита подземных теплопроводов от затопления и увлажнения. Одним из основных условий долговечности подземных теплопроводов является защита их от затопления грунтовыми или верховыми водами. Затопление приводит к порче изоляции и наружной коррозии трубопроводов. Единственное решение при прокладке теплопроводов ниже уровня грунтовых вод заключается в понижении этого уровня с помощью продольного дренажа. Конструкция самого теплопровода остается в этом случае такой же, как и для сухих грунтов.

Основное требование к дренажу грунтовых вод в зоне прокладки теплопровода состоит в том, чтобы уровень грунтовых вод при работе дренажа, была ниже днища канала или нижней отметки изоляционной конструкции теплопровода при бесканальной прокладке. Для защиты теплопровода от поверхностных вод в первую очередь необходима планировка поверхности земли над теплопроводом. Отметка поверхности земли над теплопроводом должна несколько превышать отметку окружающего грунта. Весьма желательно устройство над теплопроводом уличной одежды в виде асфальтового покрытия.

Опыт показывает, что теплопроводы, работающие круглогодично, находятся в лучшем состоянии, чем работающие сезонно или периодически.

Надземные теплопроводы. Надземные теплопроводы обычно укладываются на отдельно стоящих опорах, на вантовых конструкциях, подвешенных к пилонам мачт, на эстакадах. В СССР были разработаны типовые конструкции надземных теплопроводов на отдельно стоящих высоких и низких железобетонных опорах. При прокладке теплопроводов на низких опорах расстояние между нижней образующей изоляционной оболочки

трубопровода и поверхностью земли принимается не менее 0,35 м при ширине группы труб до 1,5 м и не менее 0,5 м. Высокие отдельно стоящие опоры могут выполняться жесткими, гибкими и качающимися. Материалы для мачт выбираются в зависимости от типа и назначения теплопровода. Наиболее подходящим материалом для мачт стационарных конструкций является железобетон. В местах установки арматуры трубопроводов необходимо предусмотреть приспособление для удобного подъема обслуживающего персонала и безопасного обслуживания арматуры. В этих местах обычно устраиваются площадки с ограждениями и постоянными лестницами.

Теплоизоляционные материалы и конструкции. Важное значение в устройстве теплопровода имеет тепловая изоляция. От качества изоляционной конструкции теплопровода зависят не только тепловые потери, но и его долговечность. При соответствующем качестве материалов и технологии изготовления тепловая изоляция может одновременно выполнять роль антикоррозийной защиты наружной поверхности стального трубопровода. К таким материалам, относятся полиуретан и производные на его основе – полимербетон и бион.

Основные требования к теплоизоляционным конструкциям заключается в следующем:

- низкая теплопроводность как в сухом состоянии так и в состоянии естественной влажности;
- малое водопоглощение и небольшая высота капиллярного подъема жидкой влаги;
- малая коррозионная активность;
- высокое электрическое сопротивление;
- щелочная реакция среды (pH>8,5);
- достаточная механическая прочность.

Основными требованиями для теплоизоляционных материалов паропроводов электростанций и котельных являются низкая теплопроводность

и высокая температуростойкость. Такие материалы обычно характеризуются большим содержанием воздушных пор и малой объемной плотностью.

Последнее качество этих материалов предопределяет их повышенные гигроскопичность и водопоглощение.

Одно из основных требований к теплоизоляционным материалам для подземных теплопроводов заключается в малом водопоглощении. Поэтому высокоэффективные теплоизоляционные материалы с большим содержанием воздушных пор, легко впитывающие влагу из окружающего грунта, как правило, непригодны для подземных теплопроводов.

Выбор теплоизоляционной конструкции и ее размеров зависит от типа теплопровода и располагаемых исходных материалов и выполняется на основе технико-экономических расчетов. При современных масштабах теплофикации и централизованного теплоснабжения проблема тепловой изоляции тепловых сетей имеет большое народнохозяйственное значение.

При сооружении теплопроводов в каналах в качестве тепловой изоляции часто применяются изделия из минеральной ваты, защищенный битуминировкой от увлажнения. На наружную поверхность стальной трубы накладывается антикоррозийное покрытие (эмаль, изол и др.). На антикоррозийное покрытие укладываются скорлупы из минеральной ваты, армированные стальной сеткой. Сверху скорлуп укладываются полуцилиндрические асбоцементные футляры, закрепляемые на теплопроводе стальной сеткой, покрываемой сверху асбоцементной штукатуркой.

Трубы и их соединения. Техника транспорта теплоты предъявляет следующие основные требования к трубам, применяемым для теплопроводов:

- достаточная механическая прочность;
- эластичность и стойкость против термических напряжений при переменном тепловом режиме;
- постоянство механических свойств;
- стойкость против внешней и внутренней коррозии;
- малая шероховатость внутренних поверхностей;

- отсутствие эрозии внутренних поверхностей;
- малый коэффициент температурных деформаций;
- высокие теплоизолирующие свойства стенок трубы;
- простота, надежность и герметичность соединения отдельных элементов;
- простота хранения, транспортировки и монтажа.

Все известные до настоящего времени типы труб одновременно не удовлетворяют всем перечисленным требованиям. В частности, этим требованиям не вполне удовлетворят стальные трубы, применяемые для транспорта пара и горячей воды. Однако высокие механические свойства и эластичность стальных труб, а также простота, надежность и герметичность соединений (сварка) обеспечили практически стопроцентное применение этих труб в системах централизованного теплоснабжения.

В настоящее время для сооружения тепловых сетей применяются, как правило, стальные трубы, изготовленные из, так называемой, спокойной стали. Для подбора сортамента стальных труб и арматуры для тепловых сетей пользуются шкалой давлений по ГОСТ 356-80. В основу построения шкалы давлений положено деление всех трубопроводов на восемь групп в зависимости от температуры транспортируемой среды. Шкала разработана таким образом, что одна и та же труба может применяться для транспорта теплоносителя с любой температурой от $0^{O}C$ до установленной для трубы из данной марки стали предельной температуры $t_{пр} \leq 445\ ^{O}C$, но при различных давлениях.

Основные типы стальных труб, применяемых для тепловых сетей:

- диаметром до 400 мм включительно – бесшовные, горячекатаные;
- диаметром выше 400 мм – электросварные с продольным швом и электросварные со спиральным швом.

Трубы для тепловых сетей изготавливаются главным образом из стали следующих марок: Ст2сп, Ст3сп, стали 10, 20, 10Г2, 15ГС, 16ГС, 17ГС.

Электросварные трубы изготавливаются как прямошовные, так и со спиральным швом с различной толщиной стенки. Сортамент труб выбирается с учетом условного давления, максимальной температуры теплоносителя,

диаметра трубопровода и марки стали, из которой он изготовлен. Стальные водогазопроводные трубы с резьбой, как правило, не рекомендуется применять для тепловых сетей из-за повышенного расхода материала в связи с больной толщиной стенки, вызванной наличием резьбы. Трубопроводы тепловых сетей соединяются между собой при помощи электрической или газовой сварки.

Схема трубопроводов, размещение опор и компенсирующих устройств должны быть выбраны таким образом, чтобы суммарное напряжение от всех одновременно действующих нагрузок ни в одном сечении трубопровода не превосходило допускаемого. Наиболее слабым местом стальных трубопроводов, по которому следует вести проверку напряжений, являются сварные швы. Коэффициент прочности сварных швов φ, представляющий собой отношение допускаемого напряжения для шва к допускаемому напряжению для целой стенки.

Трубопроводы тепловых сетей рассчитаны на прочность по формулам для тонкостенных сосудов, поскольку у них отношение толщины стенки к диаметру $\delta/d<1,5$.

Опоры. Опоры являются ответственными деталями теплопровода. Они воспринимают усилия от трубопроводов и передают их на несущие конструкции или грунт. При сооружении теплопроводов применяют опоры двух типов: свободные и неподвижные. Свободные опоры воспринимают вес трубопровода и обеспечивают его свободное перемещение при температурных деформациях. Неподвижные опоры фиксируют положение трубопровода в определенных точках и воспринимают усилия, возникающие в местах фиксации под действием температурных деформаций и внутреннего давления.

При бесканальной прокладке обычно отказываются от установки свободных опор под трубопроводами во избежание неравномерных посадок и дополнительных изгибающих напряжений. В этих теплопроводах трубы укладываются на нетронутый грунт или тщательно утрамбованный слой песка. При расчете изгибающих напряжений и деформаций трубопровод, лежащий на свободных опорах, рассматривается как многопролетная балка. По принципу

работы свободные опоры делятся на скользящие, роликовые, катковые и подвесные. Для того чтобы ролик вращался, необходимо, чтобы момент сил, создаваемый трубопроводом на поверхности ролика, относительно оси вращения превышал сумму моментов сил трения на поверхности ролика и на поверхностях цапф той же оси. При выборе типа опор следует не только руководствоваться значением расчетных усилий, но и учитывать работу опор в условиях эксплуатации. С увеличением диаметров трубопроводов резко возрастают силы трения на опорах.

В некоторых случаях, когда по условиям размещения трубопроводов относительно несущих конструкций скользящие и катящиеся опоры не могут быть установлены, применяются подвесные опоры. Недостатком простых подвесных опор является деформация труб вследствие различной амплитуды подвесок, находящихся на различном расстоянии от неподвижной опоры, из-за разных углов поворота. По мере удаления от неподвижной опоры возрастают температурная деформация трубопровода и угол поворота подвесок.

Для уменьшения перекосов трубопровода желательно длину подвески выбирать возможно большей. При недопустимости перекосов трубы и невозможности применения скользящих опор следует применять пружинные подвесные опоры или опоры с противовесом. Из всех усилий действующих на неподвижную опору, наиболее значительным является неуравновешенная сила внутреннего давления. Для облегчения конструкции неподвижной опоры необходимо стремиться к уравновешиванию осевой силы внутреннего давления внутри трубопровода.

В целях унификации расчетов и стандартизации конструкций неподвижных опор принято делить их условно на две группы: неразгруженные и разгруженные. К первой группе относятся опоры, воспринимающие осевую реакцию внутреннего давления. Ко второй группе относятся опоры, на которые осевая реакция внутреннего давления не передается.

Подведение итогов. Тепловые сети представляют собой сложную совокупность трубопроводов, по которым транспортируются теплоединицы,

порой на очень дальние расстояния. Множество факторов: безопасности, среды трассы, экономичности в использовании материала и удобства влияют на конструкцию оборудования. Не существует типа труб, который удовлетворяет все условиям: надежности, прочности, эластичности, безопасности и многих других. Поэтому следует выбирать оптимальную конструкцию труб, изоляции, опорных конструкций, а также выполнять рациональную трассировку, учитывая рельеф и условия внешней среды.

Задание. В ходе экскурсии изучить работу основного оборудования, устанавливаемого на тепловых сетей, разобраться с основными требованиями, принципом работы и местом установки. Если учебное занятие проводится в лаборатории кафедры «Теплогазоснабжения и вентиляции» выполнить выше указанные задания на примере представленного оборудования систем теплоснабжения лаборатории.

Подготовить отчет и сдать своевременно преподавателю на проверку с последующей защитой отчета.

Вопросы для самоконтроля:

1. Трасса и профиль трубопроводов.
2. Конструкции теплопроводов и тепловая изоляция.
3. Подземная канальная и бесканальная прокладка. Достоинства, недостатки, область применения.
4. Изоляционные конструкции: тепловая изоляция, защита теплопроводов от поверхностных и грунтовых вод, обеспечение механической прочности.
5. Трубы и их соединения, арматура в тепловых сетях.
6. Опоры тепловых сетей.
7. Компенсаторы в тепловых сетях.
8. Решите тестовое задание:

8.1. Назовите основные принципы, которыми следует руководствоваться при выборе схемы тепловой сети.

1). Размещение источников теплоты.

2). Характер тепловой нагрузки потребителей теплоты.

3).Вид теплоносителя.

4). Надежность системы.

5). Экономичность.

8.2. На каком расстоянии друг от друга устанавливаются секционирующие камеры на магистральных тепловых сетях?

1). 0,5 – 1 км.

2). 2 – 3 км.

3). 3,5 – 4 км.

4). 4,5 – 5 км.

8.3. Назовите допускаемую температуру наружной поверхности изоляции при прокладке теплопровода в помещении.

1). 20°С.

2). 30°С.

3). 45°С.

4). 60°С.

8.4. Какими показателями пользуются при определении коэффициента эффективности изоляции?

1). Теплопотери голой трубы.

2). Теплопотери изолированной трубы.

3). Видом прокладки теплопровода.

4). Толщина и качество изоляционного слоя.

8.5. Какие типы опор обеспечивают свободное перемещение трубопровода?

1). Скользящие.

2). Роликовые или катковые.

3). Подвесные.

4). Неподвижные.

Литература

а) Основная литература:

1. Копко В.М. Теплоснабжение. – М: Изд-во АСВ, 2012.-336с.

2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 472 с.

3. Ионин А.А. и др. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.

4. Козин В.Е. и др. Теплоснабжение. Уч. пос. – М., Высшая школа , 1980. – 408 с.

5. СНиП 41-02-2003 Тепловые сети. – М. : Госстрой России, 2003 г.

6. СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М. : Госстрой России, 2004 г.

7. СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий. – М. : Госстрой России, 2003 г.

8. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. – М. : Госстрой России, 2004 г.

9. СНиП 3.05.03-85 Тепловые сети. – М. : Госстрой России, 2000 г.

10. МДК 4-02.2001 Типовая инструкция по технической эксплуатации тепловых сетей коммунального теплоснабжения. - М. : Госстрой России, 2002 г.

11. ПБ 10-573-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. - М. : Госстрой России, 2003 г.

12. РД 153-34.0-20.518-2003 Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии. - М. : Госстрой России, 2003 г.

13. ГОСТ 21.605-82 (СТ СЭВ 5676-86). Сети тепловые (тепломеханическая часть). Рабочие чертежи. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.

14. Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем

централизованного теплоснабжения. – Утверждена Департаментом государственного энергетического надзора МЭ РФ 24.02.2004 г.

15. СП 41-104-2000 Проектирование автономных источников теплоснабжения. – М.: Госстрой России, 2001.

16. Указания по обслуживанию тепловых сетей.

17. СП 41-105-2002 Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с индустриальной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. – М.: Госстрой России, 2003.

18. РД 10-400-01 Нормы расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей.

19. Указания по наладке водяных тепловых сетей.

20. Указания по испытанию трубопроводов и оборудования водяных тепловых сетей. Гидравлические испытания.

21. Указания по защите тепловых сетей от коррозии.

22. Указания по устройству наружных тепловых сетей.

23. Монтаж наружных тепловых и газовых сетей.

24. Опыт применения осевых сильфонных компенсаторов в тепловых сетях.

25. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя.

26. СП 41-104-2000 Проектирование автономных источников теплоснабжения.- М.: ФГУП ЦПП, 2004.

27. Полонский В. М. Автономное теплоснабжение : учеб. пособие для вузов по спец. 653500 "Стр-во" / В. М. Полонский, Г. И. Титов, А. В. Полонский. - М. : Ассоц. строит. вузов, 2007. - 152 с. : ил.

28. Кравченко Г. М. Повышение эффективности работы открытых систем теплоснабжения : учеб. пособие для вузов по направлению "Стр-во" / Г. М. Кравченко, В. И. Бабенков, А. Б. Быков ; Ростов. гос. строит. ун-т. - Ростов н/Д., 2002. - 48 с. : ил. - Библиогр.: с. 40.

29. Краснов, В. И. Справочник монтажника водяных тепловых сетей : учеб. пособие для сред. спец. строит. учеб. заведений по спец. "Теплогазоснабжение и вентиляция" / В. И. Краснов. - М. : ИНФРА-М, 2010. - 334 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 327. - ISBN 978-5-16-003718-9 : 180.00.

30. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / И. П. Александров [и др.] ; под ред. А. А. Николаева. - Курган : ИНТЕГРАЛ, 2007. - 360 с. : ил.

31. Сотникова О. А. Теплоснабжение : учеб. пособие для вузов по спец. 290700 "Теплогазоснабжение и вентиляция" направления 653500 "Стр-во" / О. А. Сотникова, В. Н. Мелькумов. - М. : Ассоц. строит. вузов, 2005. - 288 с. : ил. - ISBN 5-93093-374-X : 274.00.

б) Дополнительная литература:

1. Нормативная литература: СНиПы и ГОСТы.
2. Периодические издания.
3. Журнал «Жилищное и коммунальное хозяйство».
4. Журнал «АВОК» (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика).
5. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника».
6. Журнал «Новости теплоснабжения».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Схемы установки регуляторов отпуска теплоты «Рацион-Комфорт»

Схема установки регулятора расхода тепла «Рацион-Комфорт» 1.ГВ

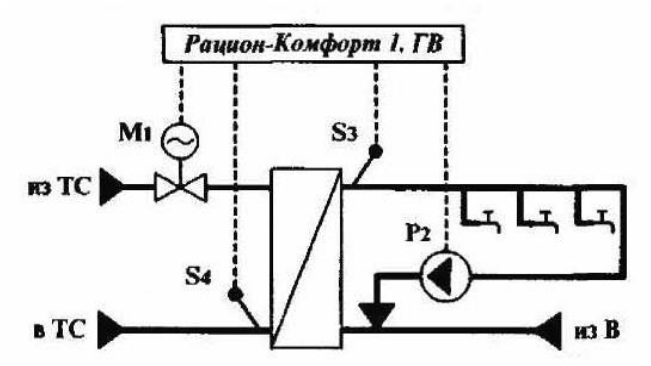


Схема установки регулятора расхода тепла «Рацион-Комфорт» 1. О

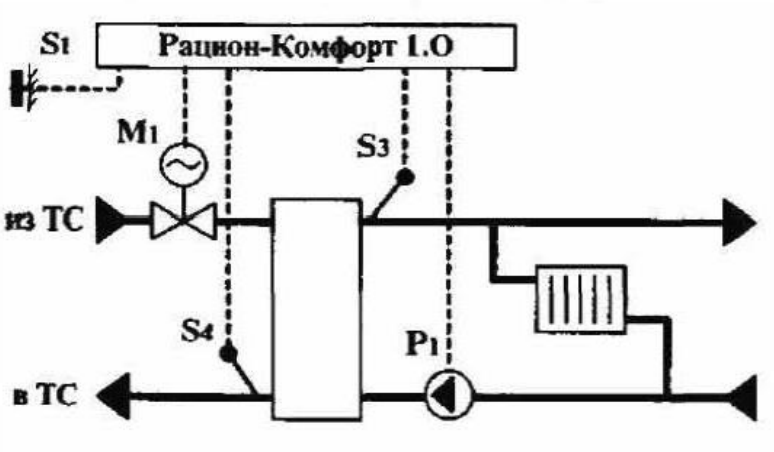


Схема установки регулятора расхода тепла «Рацион-Комфорт» 2. О + ГВ

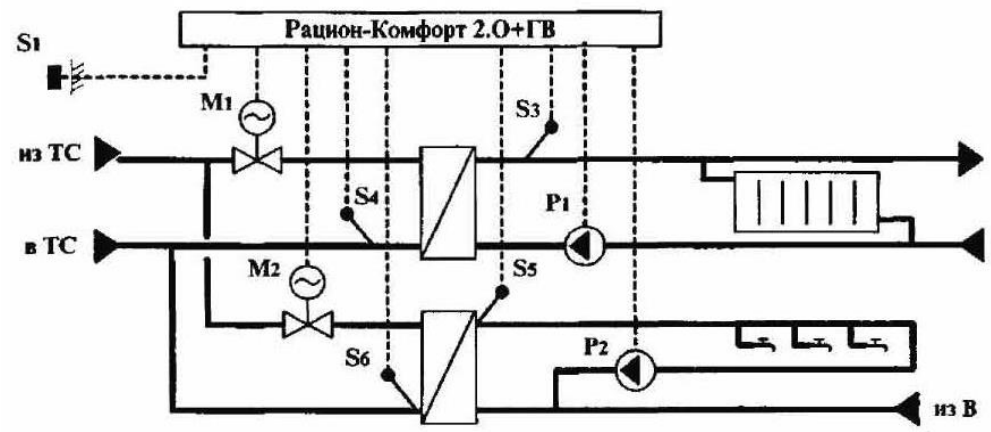
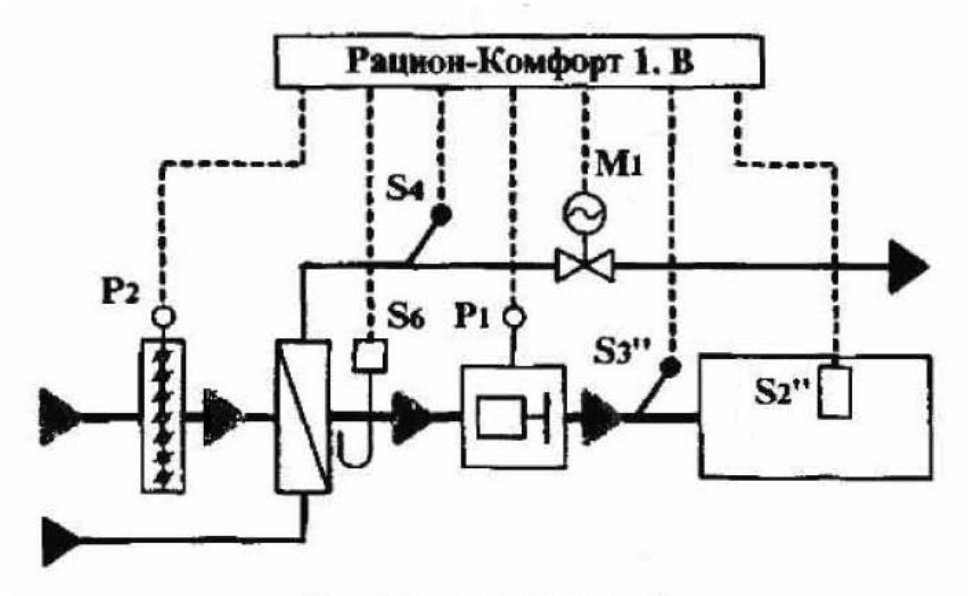


Схема установки регулятора расхода тепла «Рацион-Комфорт» 1. В



M_1 – клапан регулирующий

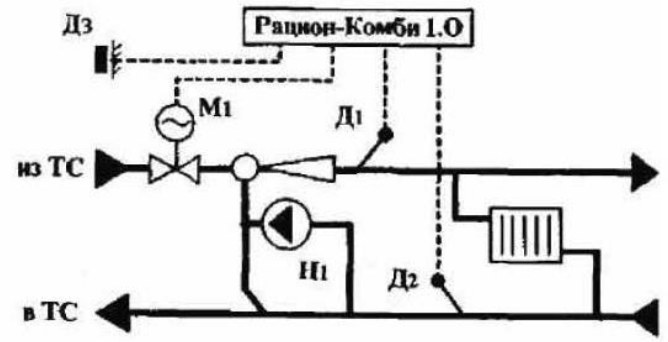
Примечание:

1. при регулировании температуры воздуха в воздуховоде в комплект поставки входит датчик S_3;
2. при регулировании по температуре воздуха в помещении в комплект поставки входит датчик S_2

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

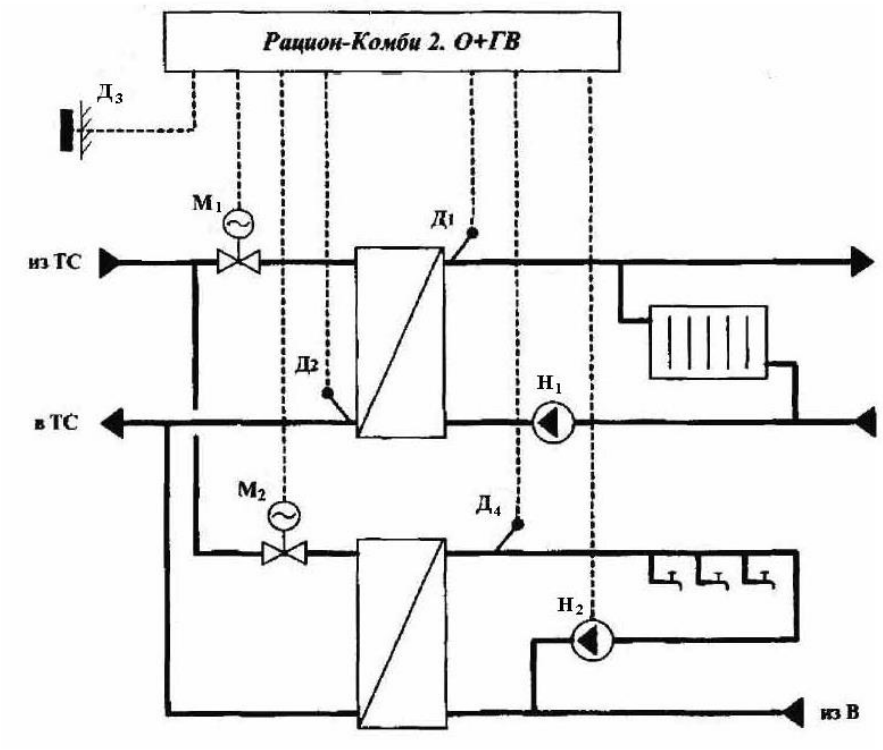
Схемы установки регулятора отпуска теплоты «Рацион-Комби»

Схема установки регулятора отпуска тепла «Рацион-Комби» 1. О



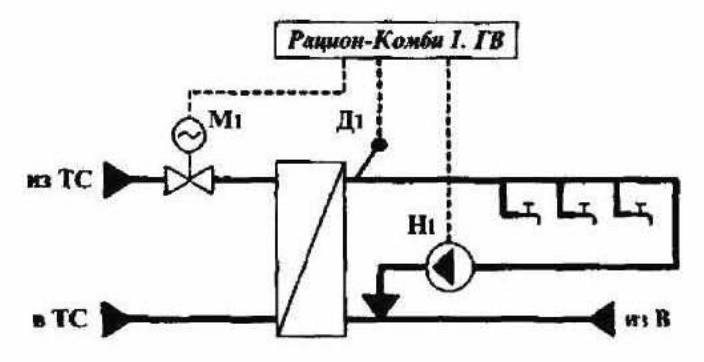
$Д_1$ – датчик температуры погружной
$Д_2$ – датчик температуры погружной
$Д_3$ – датчик температуры наружного воздуха
M_1 – клапан регулирующий седельный
H_1 – насос циркуляционный

Схема установки регулятора отпуска тепла «Рацион-Комби» 2. О + ГВ



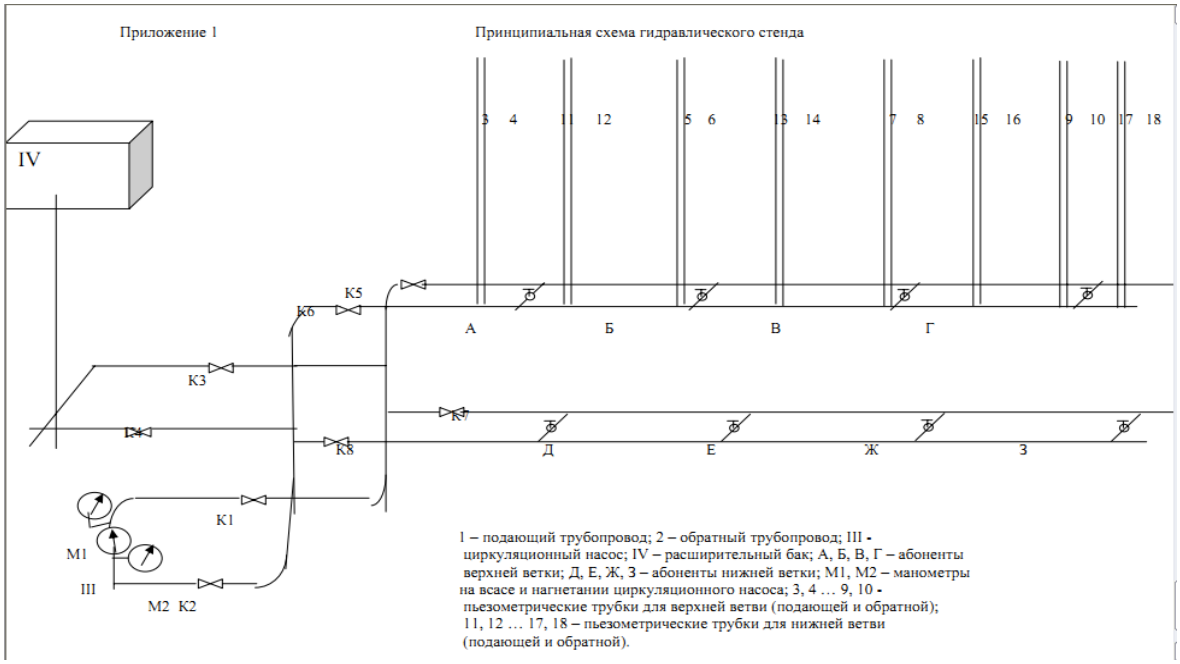
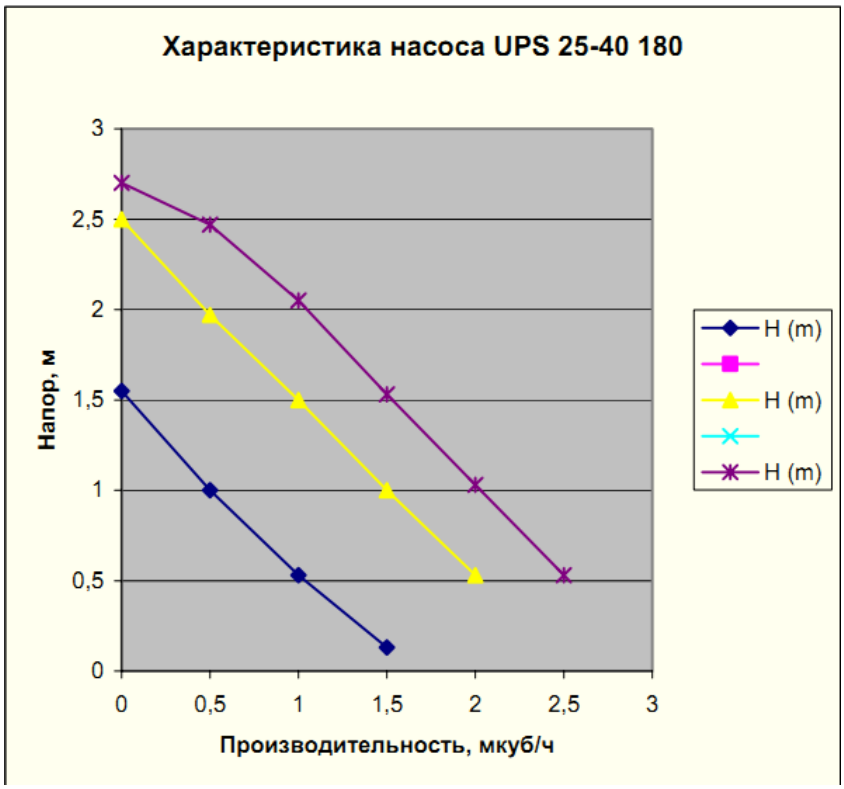
$Д_1$ – датчик температуры погружной
$Д_3$ – датчик температуры наружного воздуха
$М_1$ – клапан регулирующий седельный
$Н_1$ – насос циркуляционный
$Д_2$ – датчик температуры погружной
$Д_4$ – датчик температуры погружной
$М_2$ – клапан регулирующий седельный
$Н_2$ – насос циркуляционный

Схема установки регулятора отпуска тепла «Рацион-Комби» 1. ГВ



$Д_1$ – датчик температуры погружной
$М_1$ – клапан регулирующий седельный
$Н_1$ – насос циркуляционный

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Гидравлический стенд (рис. 1)



ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Характеристика насосов (рис.2)