Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)

государственного образовательного учреждения

высшего профессионального образования

« Оренбургский государственный университет»

Кафедра «Электроснабжение и энергообеспечение»

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ

ПРЕДПРИЯТИЙ

**Методические указания**

к расчётно-графической работе

по дисциплине “Источники и системы

теплоснабжения предприятий”

для студентов специальности – 101600

“Энергообеспечение предприятий”

Орск 2007

Энергообеспечение предприятий.

Саблин В.В., Бушуев А.Н. Методические указания для студентов специальности 101600 «Энергообеспечение предприятий». Орск: ОГТИ, 2007. – стр.18

Рецензент к.т.н. доцент Ануфриенко О.С.

Учебно-методический материал обсуждён и утверждён на заседании кафедры «Электроснабжение и Энергообеспечение»

протокол №\_\_\_\_\_\_\_от “\_\_\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2007 г.

Зав. Кафедрой Синицына Е.Н.

Учебно-методический материал утверждён

Протокол №\_\_\_\_\_\_\_от “\_\_\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2007 г.

Тираж

**ВВЕДЕНИЕ**

Курсовая работа теплоснабжение промышленного района выполняется студентами всех форм обучения специальности 101600 – Энергообеспечение предприятий и является завершающим этапом изучения курса “Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий”. В нём в сокращённом объёме решаются основные вопросы централизованного теплоснабжения промышленного района, такие как расчет тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых районов и промышленного предприятия, производится построение температурных графиков регулирования тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию, производится полный гидравлический расчет всех трубопроводов, подсоединенных к котельной. В процессе работы над проектом студент получает навыки практического применения теоретических знаний и решения комплексных инженерных задач централизованного теплоснабжения.

В данных методических указаниях излагается порядок определения исходных данных, необходимых для выполнения курсового проекта, разъясняются требования по содержанию, составу, объёму и оформления проекта, приводится пример выполнения курсового проекта и необходимая литература.

**1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Целью методических указаний является изложение требований к работе и рекомендации по её выполнению с использованием технической литературы. Выполнение курсовой работы позволит закрепить теоретический материал, получаемый на лекциях и в результате самостоятельной проработки части курса, применить его к решению практической задачи.

**2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

**2.1. Исходные данные**

Курсовая работа по теплоснабжению промышленного района выполняется в соответствии с заданием, составленным и подписанным руководителем. К заданию прилагается схема системы теплоснабжения района.

В работе предусматривается двухтрубная водяная система теплоснабжения, источником теплоты является котельная.

В задании на курсовую работу приведены следующие исходные данные: объем либо площадь отапливаемой территории, район расположения, температурный режим отпуска теплоты, система теплоснабжения (открытая, закрытая), способы регулирования (качественный, количественный), тип прокладки тепловых сетей (канальная, бесканальная) паропроводов, конденсатопроводов.

Остальные исходные данные, необходимые для решения отдельных частных вопросов курсовой работы, студент принимает сам по нормативной или справочной литературе, руководствуясь основными исходными данными.

**2.2. Содержание курсовой работы**

В курсовой работе разрабатывается в сокращённом объёме водяная система централизованного теплоснабжения промышленного предприятия. В курсовой работе решаются следующие основные вопросы:

- построение графиков изменения подачи теплоты каждому объекту в диапазоне изменения температур наружного воздуха;

- проведение расчета и представление температурного графика регулирования тепловой нагрузки;

- построение графиков расходов сетевой воды по объектам и в сумме;

- проведение гидравлического расчета тепловых сетей, выбор гидравлического режима эксплуатации, построение пьезометрического графика тепловой сети;

- выполнение теплового расчета тепловых сетей, исходя из удельных допустимых норм потерь теплоты при транспортировке теплоносителей, расчет толщины изоляционного покрытия;

- определение расхода пара на технологические нужды предприятия, расчет изменения температуры и давления пара по длине паропровода, расчет конденсатопровода;

- расчет тепловой схемы источника теплоснабжения, выбор основного сетевого оборудования

* определение расчётных часовых и годовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и суммарного;
* расчёт и построение графиков расходов теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха и по продолжительности;
* разработка принципиальной схемы подключения потребителей теплоты к тепловым сетям;
* расчёт и построение графиков регулирования отпуска теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и суммарного;
* выбор элементов конструкции прокладки тепловых сетей, не заданных в основных исходных данных;
* выполнение расчётной схемы для гидравлического расчёта тепловых сетей;
* гидравлический расчёт тепловых сетей по экономически наивыгоднейшим удельным линейным потерям давления;
* построение пьезометрического графика тепловых сетей с проработкой экстремальных режимов;
* подбор основного сетевого оборудования источника теплоты;
* выполнение монтажной схемы участка тепловой сети;
* расчёт заданного участка трубопровода тепловой сети на компенсацию температурных удлинений;
* определение нагрузок на одну разгруженную и одну неразгруженную неподвижные опоры тепловой сети;
* определение экономически наивыгоднейшей толщины тепловой изоляции трубопроводов в тепловой сети;
* построение продольного профиля участка тепловой сети;
* графическая разработка узлов камеры тепловой сети;
* вычерчивание деталей и элементов конструкции тепловой сети.

**2.3. Состав и объём курсовой работы**

Курсовая работа состоит из расчётно-пояснительной записки объёмом 20 – 30 страниц и 1 – 2 листов чертежей.

Расчётно-пояснительная записка должна содержать следующие разделы: исходные данные; описание системы теплоснабжения; определение тепловых нагрузок; регулирование отпуска теплоты; определение расчётных расходов теплоносителя в тепловых сетях; разработка монтажной схемы и выбор строительных конструкций тепловых сетей; гидравлический расчёт водяных тепловых сетей; разработка графиков давления и выбор схем присоединение абонентов к тепловым сетям; построение продольного профиля тепловых сетей; подбор основного оборудования теплоподготовительной установки источника теплоты; механический расчёт теплопроводов; тепловой расчёт изоляционной конструкции; определение падения температуры теплоносителя по длине теплопровода; подбор оборудования теплового пункта, схемы автоматики; экономия тепловой энергии и охрана окружающей среды.

Все расчёты в записки должны сопровождаться соответствующими пояснениями, ссылками на источники и производится в единицах СИ, согласно СН 528-80. В конце расчётно-пояснительной записки приводится список использованной литературы и оглавление.

В расчётно-пояснительной записке приводятся следующие графики и схемы:

* + график расхода теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха и по продолжительности;
  + принципиальная схема подключение потребителей теплоты к тепловой сети;
  + графики регулирования тепловых нагрузок отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и суммарной;
  + расчётная схема к гидравлическому расчёту тепловой сети;
  + пьезометрический график тепловой сети;
  + расчётная схема к тепловому расчёту тепловой сети;
  + расчётная схема к расчёту трубопровода тепловой сети на самокомпенсацию температурных удлинений;
  + расчётная схема к расчёту нагрузок на неподвижные опоры трубопроводов тепловой сети;

На чертежах курсового проекта должны быть представлены;

* + генеральные план промплощадки с нанесёнными горизонталями, трассой тепловой сети и источником теплоты;
  + монтажная схема тепловой сети;
  + продольный профиль тепловой сети;
  + план и разрезы узловой камеры тепловой сети;
  + поперечное сечение конструкции прокладки тепловой сети;
  + детали и элементы конструкции тепловой сети;

**2.4. Требования к оформлению курсовой работы**

Текст расчётно-пояснительной записки курсового проекта должен быть аккуратно оформлен на писчей бумаге формата **** с оставлением полей верхнее и нижнее – , левое – , правое .

В расчётно-пояснительной записке приводятся все расчёты и формулы с объяснением входящих в них величин. У всех размерных величин указываются единицы измерения. Все таблицы в расчётно-пояснительной записки должны иметь порядковые номера и названия. Все схемы и графики должны иметь порядковые номера и названия. Нумерация их ведётся отдельно от таблиц.

Чертежи проекта выполняются в соответствии с требованиями стандартов единой конструкторской документации на чертёжной бумаге. Для выполнения чертежей рекомендуется следующие масштабы:

- генеральный план объектов – М 1:1000;

- монтажная схема тепловых сетей – без масштаба;

- продольный профиль тепловой сети: горизонтальный – М 1:1000; вертикальный – М 1:100;

- узловая камера тепловой сети – М 1:20, 1:25, 1:50 (в зависимости от размеров камеры);

- поперечное сечение конструкции прокладки тепловой сети – М 1:20, 1:25 (в зависимости от диаметров трубопроводов);

- детали и элементы конструкции тепловой сети – М 1:5, 1:10, 1:20 (в зависимости от размеров детали и элементов).

Расчётно-пояснительная записка и чертежи подписываются студентом-исполнителем с указанием даты завершения проекта. Проекты, оформления которых не отвечает изложенным в настоящем разделе требованиям, рассмотрению не принимаются.

**Литература**

* + 1. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика/Госстрой СССР М.: Стройиздат, -1997. -140с.
    2. СНиП 2.04.07-86\*. Тепловые сети -М.: Госстрой, -2001. -48 с.
    3. Теплоснабжение/Козин В. Е. и др. -М.: Высшая школа, -1980. -408 с.
    4. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. -М.: Издательство МЭИ, -1999. -472 с.
    5. Теплотехнический справочник/Под ред. Юренева В. Н. и Лебедева П. Д. в 2-х т. -М.: Энергия. -1975. Т. 1. -744 с.
    6. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей/Под ред. Николаева А. А. -М.: Стройиздат. -1965. -360 с.
    7. Справочник по теплоснабжению и вентиляции /Щёкин Р. В. и др. В 2-х кн. Киев: Будивельник, -1976, Кн. 1. -416 с.
    8. Сафонов А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. -М.: Энергия, -1968. -240 с.
    9. Громов Н. К. Абонентские устройства водяных тепловых сетей. -М.: Энергия, -1979. -248 с
    10. Ширакс З. Э. Теплоснабжение. -М.: Энергия, -1979. -256 с.
    11. Инженерные коммуникации в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири/Н.Н. Карнаухов, Б.В. Моисеев, О.А. Степанов и др. Стройиздат, Красноярск. -1993. -160с.
    12. Степанов О.А., Моисеев Б.В., Хоперский Г.Г. Теплоснабжение на насосных станциях нефтепроводов. -М.: Недра. -1998. -302с.
    13. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию/

И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др. -М.: Энергоатомиздат. -1988. -376с.

**СОДЕРЖАНИЕ:**

[1. Определение тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.](#_Toc167294247)

[2. Регулирование отпуска теплоты на отопление.](#_Toc167294248)

[3. Регулирование отпуска теплоты на вентиляцию.](#_Toc167294249)

[4. Определение расходов сетевой воды.](#_Toc167294250)

[5. Гидравлический и тепловой расчет тепловых сетей.](#_Toc167294251)

[6. Гидравлические режимы водяных тепловых сетей](#_Toc167294252)

[7. Подбор сетевых и подпиточных насосов](#_Toc167294253)

[8. Расчет толщины тепловой изоляции](#_Toc167294254)

[9. Расчет и подбор компенсаторов](#_Toc167294255)

[10. Расчет усилий на опоры](#_Toc167294256)

[11. Подбор основного и вспомогательного оборудования](#_Toc167294257)

[Пример выполнения курсовой работы](#_Toc167294258)

[Приложения.](#_Toc167294259)

# 1. Определение тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Максимальные тепловые потоки на отопление *Q*omax, вентиляцию *Q*vmax и горячее водоснабжение *Q*hmax жилых, общественных и производственных зданий следует принимать при проектировании тепловых сетей по соответствующим проектам. Тепловые потоки при отсутствии проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения определяются:

**Максимальный тепловой поток на отопление**

для жилых и общественных зданий:

 (1)

для любых зданий при известных наружных объемах:

 (2)

**Максимальный тепловой поток на вентиляцию**

для жилых и общественных зданий:

 (3)

для любых зданий при известных наружных объемах:

 (4)

**Средний тепловой поток на горячее водоснабжение**

для жилых и общественных зданий:

 (5)

для любых зданий при известных тепловых потоках на горячее водоснабжение на 1 человека:

 (6)

**Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение**

 (7)

где ,  - удельный показатель теплового потока на отопление (определяется по приложению №4, №6 и №8 в зависимости от типа отапливаемого здания);

 - удельный показатель теплового потока на горячее водоснабжение (определяется по приложению №5);

 - поправочный коэффициент к величине  (определяется по приложению №9)

*а*- норма расхода воды на горячее водоснабжение при температуре  , на одного человека в сутки, л (при  );

*в*- норма расхода воды на горячее водоснабжение, потребляемой в общественных зданиях (при температуре   на 1 человека);

 - температура горячей воды в системе горячего водоснабжения;

*t*c- температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5 оС);

 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий; при отсутствии данных  следует принимать равным 0.25;

 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий; при отсутствии данных  следует принимать равным: для общественных зданий, построенных до 1985 г.- 0.4, после 1985 г. - 0.6;

-общая площадь отапливаемых помещений в жилом квартале, , рассчитываемая по формуле:

, (8)

здесь - количество жителей в квартале, рассчитываемое, как , здесь - площадь рассчитываемого квартала, , - плотность населения в рассчитываемом квартале, ;

- общая площадь жилого здания, отводимая на одного человека, .

**Суммарный тепловой поток по кварталам *Q*Σ,** определяем суммированием расчётных тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

 (9)

**Среднечасовой тепловой поток за отопительный период**

на отопление:

 (10)

на вентиляцию:

 (11)

на горячее водоснабжение жилого района в неотопительный период:

 (12)

где  - средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий (определяется по приложению №6);

 - средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха 8 оС и менее (отопительный период), ;

- расчетная температура наружного воздуха для отопления, ;

 - расчетная температура наружного воздуха для вентиляции, ;

*t*c- температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5 оС);

*t*sc - температура холодной (водопроводной) воды в неотопительный период (при отсутствии данных принимается равной 15 оС);

- коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотопительный период (см. приложение №7).

Величины  ,  являются климатическими данными для города, в котором располагается рассчитываемая котельная (определяются по приложению №1).

Для построения часовых графиков расходов теплоты на отопление и вентиляцию достаточно использовать два значения тепловых потоков: максимальные *Q*omax и *Q*vmax , определенные при температуре наружного воздуха *t*н= +8 оС. Среднечасовой расход на горячее водоснабжение рассчитывается для двух случаев – для отопительного и неотопительного периодов. График среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение не зависит от температуры наружного воздуха, и будет представлять собой прямую, параллельную оси абсцисс с ординатой  для отопительного периода и с ординатой  для неотопительного периода.

Суммируя ординаты часовых графиков по отдельным видам теплопотребления, строят суммарный часовой график расходов теплоты *Q*∑, который используют также для построения годового графика по продолжительности тепловой нагрузки. Для построения этого графика необходимо иметь данные по продолжительности стояния температур наружного воздуха, принимаемые для конкретного города по приложению №2 и просуммированные с нарастающим итогом.

Для построения годового графика по месяцам, (см. пример решения), используя среднемесячные температуры наружного воздуха из приложения №3, определяют по формулам (10) и (11) тепловые потоки на отопление и вентиляцию для каждого месяца отопительного периода. Суммарный тепловой поток для каждого месяца отопительного периода определяется как сумма тепловых потоков на отопление, вентиляцию и среднечасового теплового потока для данного периода на горячее водоснабжение.

Для неотопительного периода (при ), суммарный тепловой поток будет равен среднечасовому тепловому потоку на горячее водоснабжение в данный период, *Q* shm.

# 2. Регулирование отпуска теплоты на отопление.

**Центральное качественное регулирование по нагрузке отопления** целесообразно в случае, еслитепловая нагрузка на жилищно-коммунальные нужды составляет менее 65 % от суммарной нагрузки района и при отношении .

При таком способе регулирования, для зависимых схем присоединения элеваторных систем отопления температуру воды в подающей  и обратной  магистралях, а так же после элеватора  в течение отопительного периода определяют по следующим выражениям:

 (13)

 (14)

 (15)

где Δ*t* - расчетный температурный напор нагревательного прибора, 0С, определяемый по формуле:

, (16)

здесь *τ*3 и *τ*2 - расчетные температуры воды соответственно после элеватора и в обратной магистрали тепловой сети определенные при  (для жилых районов, как правило, *τ*3= 95 0С; *τ*2= 70 0С);

*τ* - расчетный перепад температур сетевой воды в тепловой сети

*τ* = *τ*1 - *τ*2 (17)

- расчетный перепад температур сетевой воды в местной системе отопления,

 (18)

Задаваясь различными значениями температур наружного воздуха *t*н (обычно *t*н= +8; 0; -10; *t*нрv; *t*нро) определяют *τ*01; *τ*02; *τ*03 и строят отопительный график температур воды. Для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения температура воды в подающей магистрали *τ*01 не может быть ниже 70 0С в закрытых системах теплоснабжения. Для этого отопительный график спрямляется на уровне указанных температур и становится отопительно-бытовым (см. пример решения).

Температура наружного воздуха, соответствующая точке излома графиков температур воды *t*н ', делит отопительный период на диапазоны с различными режимами регулирования:

* в диапазоне I с интервалом температур наружного воздуха от +8 0С до *t*н' осуществляется групповое или местное регулирование, задачей которого является недопущение "перегрева" систем отопления и бесполезных потерь теплоты;
* в диапазонах II и III с интервалом температур наружного воздуха от *t*н' до *t*нро осуществляется центральное качественное регулирование.

**Регулирование по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения** целесообразно в системах теплоснабжения с преобладающей (более 65 %) жилищно-коммунальной нагрузкой. В таких системах регулирование производится по повышенному (скорректированному) графику температур воды. В закрытых системах теплоснабжения эффективность повышенного графика реализуется при применении двухступенчатой смешанной с ограничением расхода и последовательной схемах включения водоподогревателей.

**Расчет повышенного графика для закрытых систем**

балансовая нагрузка горячего водоснабжения :

 (19)

где  - балансовый коэффициент.

Суммарный перепад температур сетевой воды в верхней и нижней ступенях водоподогревателей *δ* в течение всего отопительного периода постоянен и определяется по формуле:

 (20)

Перепад температуры сетевой воды в нижней ступени водоподогревателя *δ*2 соответствующий температуре наружного воздуха для точки излома температурного графика *t*н', а так же для всего диапазона температур наружного воздуха от +8оС до *t*н' определяют по формуле:

 (21)

для диапазона от *t*н' до *t*нро величину *δ2* определяют по формуле

 (22)

где *t*h - температура горячей воды поступающей из водоподогревателя в систему горячего водоснабжения, 0С;

*t*c - температура холодной водопроводной воды перед водоподогревателем нижней ступени, 0С;

*t*h' - температура водопроводной воды после водоподогревателя нижней ступени, 0С, определяемая по формуле

 (23)

- температура сетевой воды в обратной магистрали соответствующая точке излома температурного графика, 0С

- температура сетевой воды в обратной магистрали принимаемая по отопительному графику в соответствии с заданной температурой наружного воздуха *t*н, 0С;

Температуру сетевой воды по повышенному графику в обратной магистрали *τ*2п определяют по формуле, 0С

 (24)

Перепад температур сетевой воды в верхней ступени водоподогревателя *δ*1 определяют по формуле, 0С

 (25)

Температуру сетевой воды в подающей магистрали *τ*1п определяют по формуле:

 (26)

**Расчет повышенного графика для открытой системы**

Необходимо вначале построить графики температур,  для зависимых схем присоединения элеваторных систем отопления (см. формулы (13), (14), (15)). Температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралях для повышенного графика, соответственно *τ*1п и *τ*2п в течение отопительного периода определяют по следующим выражениям:

 (27)

 (28)

где  - относительный расход теплоты на отопление, определяемый по формуле:

 (29)

- относительный расход сетевой воды на отопление, определяемый из выражения:

 (30)

где  (31)

Регулирование по повышенному графику в открытых системах осуществляется в диапазоне температур наружного воздуха +8 оС ÷ *t*н\*. Температура наружного воздуха *t*н\* соответствует началу периода, когда температура сетевой воды в обратном трубопроводе достигает значений *t*h и весь водоразбор на горячее водоснабжение в диапазоне наружных температур *t*н\*÷ *t*нро осуществляется только из обратного трубопровода.

Для корректного построения температурных графиков регулирования для закрытой системы теплоснабжения в осях  и  целесообразно все расчеты этого раздела свести в таблицу типа (см. пример решения):

***Таблица №1.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*Н | *τ*10 | *τ*20 | *τ*30 | *δ*1 | *δ*2 | *τ*1П | *τ*2П | *τ*2V |
| +8 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -10 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# 3. Регулирование отпуска теплоты на вентиляцию.

По характеру изменения температуры и расхода теплоты на вентиляцию отопительный период делится на три диапазона.

**В диапазоне I** (от +8 оС до ) при переменной тепловой вентиляционной нагрузке температура воды в подающем трубопроводе постоянна. В этом диапазоне осуществляется местное количественное регулирование изменением расхода сетевой воды.

**В диапазоне II** (от  до *t*нрv) по мере увеличения вентиляционной нагрузки возрастает и температура сетевой воды.

**В диапазоне III** (от *t*нрv до *t*нро) возрастает температура сетевой воды и также тепловая нагрузка для большинства вентиляционных систем. Для систем вентиляции с рециркуляцией тепловая нагрузка в данном диапазоне поддерживается постоянной.

Для систем вентиляции без рециркуляции воздуха в диапазонах II и III осуществляется центральное качественное регулирование.

Для систем с рециркуляцией в диапазоне III осуществляется местное количественное регулирование изменением расхода сетевой воды и количества наружного и рециркуляционного воздуха.

При построении графиков температур сетевой воды для систем вентиляции основной задачей является определение температуры сетевой воды в обратном трубопроводе после калориферов *τ*2v для различных диапазонов отопительного периода. Для решения этой задачи используют следующие уравнения:

**для диапазона I** (от +8 оС до )

 (32)

**для диапазона II** (от  до *t*v)

 (33)

**для диапазона III** (от *t*v до *t*o)

 (34)

где Δ*t*к - температурный напор в калорифере, определяемый при температуре *t*н (Δ*t*к' - то же при температуре  )

 (35)

 (36)

Δ*t*pк - расчетный температурный напор в калорифере, определенный при температуре наружного воздуха, расчетной для систем вентиляции, :

 (37)

*τ*1v, *τ*2v - значения температур сетевой воды соответственно в подающем трубопроводе перед калориферами и в обратном трубопроводе после калориферов при заданной температуре наружного воздуха *t*н ;

;  - то же, но для точки излома температурного графика *t*.

;  - то же, но при расчетной температуре наружного воздуха для вентиляции, *t*нрv.

Уравнения (32) и (34) решаются методом подбора. Расчет температур сетевой воды для отопительных и повышенных графиков регулирования может быть выполнен с использованием таблиц и номограмм, приведенных в приложении.

# 4. Определение расходов сетевой воды.

Расчетный расход сетевой воды, кг/ч, для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты следует определять отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения по формулам:

**на отопление**

 (38)

**на вентиляцию**

 (39)

**на горячее водоснабжение**

в открытых системах теплоснабжения

*среднечасовой*

 (40)

*максимальный*

 (41)

в закрытых системах теплоснабжения

*среднечасовой, при параллельной схеме присоединения водоподогревателей*

 (42)

*максимальный, при параллельной схеме присоединения водоподогревателей*

 (43)

*среднечасовой, при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей*

 (44)

*максимальный, при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей*

 (45)

В формулах (38 – 45) расчетные тепловые потоки приводятся в Вт, теплоёмкость *с* принимается равной . Расчет по этим формулам производится поэтапно, для температур .

Суммарные расчетные расходы сетевой воды, кг/ч, в двухтрубных тепловых сетях в открытых и закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты следует определять по формуле:

 (46)

Коэффициент *k*3, учитывающий долю среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по нагрузке отопления, следует принимать по таблице №2 :

***Таблица №2. Значения коэффициента k3***

|  |  |
| --- | --- |
| *Система теплоснабжения* | *Значение коэффициента k3* |
| *открытая с тепловым потоком, МВт:* |  |
| *100 и более* | *0.6* |
| *менее 100* | *0.8* |
| *закрытая с тепловым потоком, МВт:* |  |
| *100 и более* | *1.0* |
| *менее 100* | *1.2* |

ПРИМЕЧАНИЕ. *При регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения коэффициент k3 принимается равным нулю.*

*Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по нагрузке отопления и тепловом потоке менее 100 МВт при наличии баков аккумуляторов у потребителей коэффициент k3 следует принимать равным единице.*

Суммарный расчетный расход воды для потребителей при  при отсутствии баков аккумуляторов, а также с тепловым потоком 10 МВт и менее, следует определять по формуле:

 (47)

Расчетный расход воды, кг/ч, в двухтрубных водяных тепловых сетях в неотопительный период, , следует определять по формуле:

 (48)

где  - коэффициент, учитывающий изменение расхода воды на горячее водоснабжение в неотопительный период (определяется по приложению №7).

Расход воды в обратном трубопроводе двухтрубных водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения принимается равным в размере 10 % от расчетного расхода воды, определенного по формуле (41). Расчетный расход воды для определения диаметров подающих и циркуляционных трубопроводов систем горячего водоснабжения следует определять в соответствии со СНиП 2.04.01-85.

# 5. Гидравлический и тепловой расчет тепловых сетей.

Основной задачей гидравлического расчета является определение диаметров трубопроводов, а также потерь давления на участках тепловых сетей. По результатам гидравлических расчетов разрабатывают гидравлические режимы систем теплоснабжения, подбирают сетевые и подпиточные насосы, авторегуляторы, дроссельные устройства, оборудование тепловых пунктов. Гидравлический расчет выполняется, как правило, в 2 этапа:

**Этап 1. Разработка расчетной схемы тепловых сетей.**

На расчетной схеме проставляют номера участков (сначала по главной магистрали, затем по ответвлениям), расходы теплоносителя в кг/с или в т/ч, длины участков в метрах. Главной магистралью является наиболее протяженная и нагруженная ветвь сети от источника теплоты (точки подключения) до наиболее удаленного потребителя. При неизвестном располагаемом перепаде давления в начале теплотрассы, удельные потери давления *R* следует принимать:

а) на участках главной магистрали 20 - 40, но не более 80 Па/м;

б) на ответвлениях - по располагаемому перепаду давления, но не более 300 Па/м.

**Этап 2. Определение полных потерь давления на каждом участке трубопровода.**

Полные потери давления Δ*Р* складываются из потерь давления на трение  и потерь давления в местных сопротивлениях Δ*Р*м :

 (49)

Потери давления на трение  определяют по формуле:

 (50)

где *R* - удельные потери давления, Па/м, определяемые по формуле

, (51)

здесь *λ* - коэффициент гидравлического трения;

*d* - внутренний диаметр трубопровода, м;

*ρ* - плотность теплоносителя, кг/м3;

*ω* - скорость движения теплоносителя, м/c;

*L* - длина трубопровода, м.

Потери давления в местных сопротивлениях *ΔРм* определяют по формуле:

 (52)

где ∑ξ - сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Потери давления в местных сопротивлениях могут быть также определены по следующей формуле:

*ΔР*м *= R L*э, (53)

здесь *L*э - эквивалентная длина местных сопротивлений, которую определяют по формуле:

 (54)

Гидравлический расчет выполняют по таблицам и номограммам, представленным в приложении. Сначала выполняют расчет главной магистрали. По известным расходам, ориентируясь на рекомендованные величины удельных потерь давления *R*, определяют:

* диаметры трубопроводов *d*н×*S* (см. приложение №12)
* фактические удельные потери давления *R*, Па/м;
* скорость движения теплоносителя *ω*, м/с.

*Условный проход труб, независимо от расчетного расхода теплоносителя не должен превышать в тепловых сетях 32 мм. Скорость движения теплоносителя (воды) не должна превышать 3,5 м/с.*

Определив диаметры трубопроводов, находят:

* количество компенсаторов на участках
* местные сопротивления

Потери давления в местных сопротивлениях определяют по формуле (52), либо, по формуле (53). Затем, определив полные потери давления на участках главной магистрали и суммарные по всей ее длине, выполняют гидравлический расчет ответвлений, увязывая потери давления в них с соответствующими частями главной магистрали (от точки деления потоков до концевых потребителей).

Увязку потерь давления выполняют подбором диаметров трубопроводов ответвлений. Невязка не должна превышать 10 %. При невозможности полностью увязать диаметрами, излишний напор на ответвлениях должен быть погашен соплами элеваторов, дроссельными диафрагмами и авторегуляторами потребителей.

При известном располагаемом давлении Δ*Р*р для всей сети, а также для ответвлений, предварительно определяют ориентировочные средние удельные потери давления *R*m, Па/м:

 (55)

где ∑*L* - суммарная протяженность расчетной ветви (ответвления) на потери давления в которой используется величина Δ*Р*р;

*α* - коэффициент, учитывающий долю потерь давления в местных сопротивлениях (принимается по приложению №11).

Таблицы и номограммы гидравлического расчета, приведенные в литературе [5,6,7], составлены для эквивалентной шероховатости труб *К*э = 0.5 мм. При расчете трубопроводов с другой шероховатостью к значениям удельных потерь давления *R* следует принимать поправочный коэффициент *β* [6 табл. 4.14]. Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, как правило, принимаются одинаковыми.

Гидравлический расчет конденсатопровода выполняется по тем же пунктам, что и расчет трубопроводов водяных тепловых сетей. Тепловой расчет паропровода, проводимого к промышленному предприятию, как правило, ничем не отличается от обычного гидравлического расчета. Тепловой расчет паропровода можно выполнить по следующим пунктам:

1. По известному расходу пара  определяется диаметр паропровода по формуле:

 (56)

В большинстве расчетов удельное падение давления  лежит в пределах 180 – 220 Па/м.

ρп = 6,25 кг/м3 – плотность пара при t = 230 °С.

Полученное значение диаметра d уточняется по ГОСТ 8731-74.

2. Уточняется значение удельного падения давления

 (57)

3. Потери температуры по длине паропровода

 (58)

где *ql = 353 Вт/м* – нормы тепловых потерь для паропровода при tп = 230 °С;

*l* – длина паропровода;

*β = 0,2* – коэффициент местных потерь;

*ср = 2449 кДж/(кг⋅°С)* – теплоемкость пара.

4. Давление в конце паропровода

 (59)

где α =  - доля местных сопротивлений;

Р1 – давление пара у источника;

Тср =  – средняя температура пара по длине паропровода;

5. Падение давления пара

ΔР = Р1 – Р2 (60)

6. Потери напора  (61)

# 

# 6. Гидравлические режимы водяных тепловых сетей

Гидравлические режимы водяных тепловых сетей (пьезометрические графики) следует разрабатывать для отопительного и неотопительного периодов. Пьезометрический график позволяет: определить напоры в подающем и обратном трубопроводах, а также располагаемый напор в любой точке тепловой сети. Пьезометрические графики строятся для магистральных и квартальных тепловых сетей. Для магистральных тепловых сетей могут быть приняты масштабы: горизонтальный Мг 1:10000; вертикальный Мв 1:1000; для квартальных тепловых сетей: Мг 1:1000, Мв 1:500.

Пьезометрические графики строятся для статического и динамического режимов системы теплоснабжения. Пьезометрический график для отапливаемого периода строится поочередно, в 9 этапов:

1). За начало координат в магистральных сетях принять местоположение ТЭЦ.

2). В принятых масштабах построить профиль трассы и высоты присоединенных потребителей (приняв 9-ти этажную застройку). За нулевую отметку оси ординат (оси напоров) принимают отметку низшей точки теплотрассы или отметку сетевых насосов.

3). Построить линию статического напора, величина которого должна быть выше местных систем теплопотребления не менее чем на 5 метров, обеспечивая их защиту от «оголения», и в то же время не должна превышать максимальный рабочий напор для местных систем. Величина максимального рабочего напора составляет: для систем отопления со стальными нагревательными приборами и для калориферов - 80 метров; для систем отопления с чугунными радиаторами - 60 метров; для независимых схем присоединения с поверхностными теплообменниками - 100 метров.

4). На оси ординат откладывается требуемый напор у всасывающих патрубков сетевых насосов (30 - 35 метров) в зависимости от марки насоса.

5). Используя результаты гидравлического расчета, строят линию потерь напора обратной магистрали. Величина напоров в обратной магистрали должна соответствовать требованиям указанным выше при построении линии статического напора.

6). Строится линия располагаемого напора для системы теплоснабжения расчетного квартала. Величина располагаемого напора в точке подключения квартальных сетей принимается не менее 40 м.

7). Строится линия потерь напора подающего трубопровода, а так же линия потерь напора в коммуникациях источника теплоты (ТЭЦ). При отсутствии данных потери напора в коммуникациях ТЭЦ могут быть приняты равными 25 - 30 м. Напор во всех точках подающего трубопровода исходя из условия его механической прочности не должен превышать 160 м. Пьезометрический график может быть перемещен параллельно себе вверх или вниз если возникает опасность «оголения» или «раздавливания» местных систем теплоснабжения. При этом необходимо учитывать, чтобы напор на всасывающем патрубке не превысил предельного значения для принятой марки насоса.

8). Под пьезометрическим графиком располагается спрямленная однолинейная схема теплотрассы с ответвлениями, указываются номера и длины участков, диаметры трубопроводов, расходы теплоносителя, располагаемые напоры в узловых точках.

9). На пьезометрическом графике главной магистрали строится график расчетного ответвления.

Для построения пьезометрических графиков для неотопительного периода необходимо:

1). Определить потери давления в главной магистрали при пропуске максимального расхода сетевой воды на горячее водоснабжение *G*hmax. В открытых системах потери давления в обратной магистрали определяют при пропуске расхода равного *0,1Ghmax*.

2). Принять потери напора в коммуникациях источника, а также располагаемый напор перед расчетным кварталом такими же, как и для отопительного периода.

3). Следует учитывать, что квартальные сети являются продолжением магистральных сетей. Располагаемый напор в начале квартальных сетей (40 м.) должен быть использован на потери напора в местных системах теплопотребления зданий кварталов и на потери напора в подающей и обратной магистралях квартальных сетей.

4). Следует учитывать, что линии напоров пьезометрического графика квартальных сетей и при статическом, и при динамическом режимах будут продолжением соответствующих линий пьезометрического графика магистральных тепловых сетей.

# 7. Подбор сетевых и подпиточных насосов

**Напор сетевых насосов **следует отдельно определять для отопительного и неотопительного периодов по формуле:

 (62)

где  - потери напора в установках на источнике теплоты (при отсутствии более точных данных, могут быть приняты равными 30 м);

 - потери напора в подающем трубопроводе;

 - потери напора в обратном трубопроводе;

 - потери напора в местной системе теплопотребления (не менее 40м).

Потери напора в подающем и обратном трубопроводах для отопительного периода принимают по результатам гидравлического расчета при пропуске суммарных расчетных расходов воды.

**Потери напора для неотопительного периода**

а). в подающих трубопроводах:

 (63)

б). в обратном трубопроводе открытых систем теплоснабжения:

 (64)

где  - суммарный расход сетевой воды на головном участке системы теплоснабжения в отопительный период;

 - максимальный расход сетевой воды на горячее водоснабжение в неотопительный период, определяемый по формуле (48).

**Подача (производительность) рабочих насосов**

а) сетевых насосов для закрытых систем теплоснабжения в отопительный период - по суммарному расчетному расходу воды, определяемому по формуле (46) учебного пособия;

б) сетевых насосов для открытых систем теплоснабжения в отопительный период - по суммарному расчетному расходу воды, определяемому при *k*4 =1,4 по формуле

 (65)

в) сетевых насосов для закрытых и открытых систем теплоснабжения в неотопительный период - по максимальному расходу воды на горячее водоснабжение в неотопительный период (формула (48)).

Число сетевых насосов следует принимать не менее двух, один из которых - резервный; при пяти рабочих сетевых насосах, соединённых параллельно в одной группе, допускается резервный насос не устанавливать.

Напор подпиточных насосов *H*пн должен определяться из условий поддержания в водяных тепловых сетях статического напора *Н*ст и преодоления потерь напора в подпиточной линии Δ*H*пл, величина которых, при отсутствии более точных данных, принимается равной 10-20 м.

 (66)

здесь z – разность отметок уровня воды в подпиточном баке и оси подпиточных насосов.

**Подача подпиточных насосов **

а). в закрытых системах теплоснабжения принимается равной расчетному расходу воды на компенсацию утечки из тепловой сети :

 (67)

б). в открытых системах - равной сумме максимального расхода воды на горячее водоснабжение  и расчетного расхода воды на компенсацию утечки :

 (68)

Расчетный расход воды на компенсацию утечки , принимается в размере 0,75% от объема воды в системе теплоснабжения, аварийный расход на компенсацию утечки принимается в размере 2% от объема воды в системе теплоснабжения. Объем воды в системе теплоснабжения допускается принимать равным 65 м3 на 1 МВт расчетного теплового потока при закрытой системе теплоснабжения и 70 м3 на 1 МВт - при открытой системе теплоснабжения.

**Число параллельно включенных подпиточных насосов**

а). в закрытых системах теплоснабжения не менее двух, один из которых является резервным;

б). в открытых системах не менее трех, один из которых также является резервным.

Технические данные насосов для систем теплоснабжения приведены в приложениях №21 и №22. При подборе насосов следует учитывать требования по максимальной температуре воды, по величине допускаемых напоров на всасывающем патрубке насоса. Из условий экономии потребления электроэнергии величина КПД насоса , не должна быть менее 90% от величины максимального КПД .

Указание моделей и количества сетевых и подпиточных насосов произвести в разделе №12.

# 8. Расчет толщины тепловой изоляции

Расчет толщины тепловой изоляции трубопроводов *δ*к по нормированной плотности теплового потока выполняют по формуле:

 (69)

где *d* - наружный диаметр трубопровода, м;

*е* - основание натурального логарифма;

*λ*к - теплопроводность теплоизоляционного слоя, Вт/(м ·°С), (определяемая по приложению №15 и №24);

*R*к - термическое сопротивление слоя изоляции, м ·°С/Вт, величину которого определяют в зависимости от способа прокладки трубопровода по следующим выражениям:

**При надземной прокладке (**также прокладке в тоннелях и техподпольях):

 (70)

**При подземной прокладке**

канальная прокладка

 (71)

бесканальная прокладка

 (72)

где  - нормированная линейная плотность теплового потока, Вт/м (принимается по приложению 16);

 - средняя за период эксплуатации температура теплоносителя (при параметрах теплоносителя 150/90 принимается для подающего трубопровода 90С, для обратного 50С);

 - среднегодовая температура окружающей среды (определяется по приложению №18 в зависимости от вида прокладки трубопровода);

 - коэффициент, принимаемый по приложению №19.

 - термическое сопротивление поверхности изоляционного слоя, м·°С /Вт, определяемое по формуле:

 (73)

здесь - коэффициент теплоотдачи с поверхности тепловой изоляции в окружающий воздух (при прокладке в каналах  = 8; при прокладке в техподпольях и тоннелях = 11 , при надземной прокладке = 29) ;

*d* – наружный диаметр трубопровода, м;

- термическое сопротивление поверхности канала, определяемое по формуле:

 (74)

здесь  - коэффициент теплоотдачи от воздуха к внутренней поверхности канала (= 8 Вт/(мІ ·°С));

*F* - внутреннее сечение канала, м2;

*P* - периметр сторон по внутренним размерам, м;

 - термическое сопротивление стенки канала, определяемое по формуле:

, (75)

здесь  - теплопроводность стенки канала (для железобетона = 2,04 Вт/(м·°С));

 - наружный эквивалентный диаметр канала, определяемый по наружным размерам канала, м;

 - термическое сопротивление грунта, определяемое по формуле:

, (76)

здесь  - теплопроводность грунта, зависящая от его структуры и влажности (при отсутствии данных его значение можно принимать для влажных грунтов = 2-2,5 Вт/(м·°С), для сухих грунтов

= 1,0-1,5 Вт/(м·°С));

*h* - глубина заложения оси теплопровода от поверхности земли, м;

 - добавочное термическое сопротивление, учитывающее взаимное влияние труб при бесканальной прокладке, величину которого определяют по формулам:

* для подающего трубопровода

 (77)

* для обратного трубопровода

 (78)

где *h* - глубина заложения осей трубопроводов, м;

*b* - расстояние между осями трубопроводов, м, принимаемое в зависимости от их диаметров условного прохода по данной таблице:

***Таблица №3. Расстояние между осями трубопроводов***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *dу, мм* | *50-80* | *100* | *125-150* | *200* | *250* | *300* | *350* | *400* | *450* | *500* | *600* | *700* |
| *b, мм* | *350* | *400* | *500* | *550* | *600* | *650* | *700* | *600* | *900* | *1000* | *1300* | *1400* |

,  - коэффициенты, учитывающие взаимное влияние температурных полей соседних теплопроводов, определяемые по формулам:

 (79)

 (80)

здесь ,  - нормированные линейные плотности тепловых потоков соответственно для подающего и обратного трубопроводов, Вт/м.

# 9. Расчет и подбор компенсаторов

В тепловых сетях широко применяются сальниковые, П - образные и сильфонные (волнистые) компенсаторы. Компенсаторы должны иметь достаточную компенсирующую способность  для восприятия температурного удлинения участка трубопровода между неподвижными опорами, при этом максимальные напряжения в радиальных компенсаторах не должны превышать допускаемых (обычно 110 МПа).

**Тепловое удлинение расчетного участка трубопровода** , *мм*, определяют по формуле:

 (81)

где  - средний коэффициент линейного расширения стали,

(для типовых расчетов можно принять ),

 - расчетный перепад температур, определяемый по формуле

 (82)

где  - расчетная температура теплоносителя, оС;

 - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, оС;

*L* - расстояние между неподвижными опорами, м (см. приложение №17).

Компенсирующую способность сальниковых компенсаторов уменьшают на величину запаса - 50 мм.

**Реакция сальникового компенсатора** - сила трения в сальниковой набивке  определяется по формуле:

 (83)

где  - рабочее давление теплоносителя, МПа;

 - длина слоя набивки по оси сальникового компенсатора, мм;

 - наружный диаметр патрубка сальникового компенсатора, м;

 - коэффициент трения набивки о металл, принимается равным 0,15.

При подборе компенсаторов их компенсирующая способность и технические параметры могут быть определены по приложению.

**Осевая реакция сильфонных компенсаторов**  складывается из двух слагаемых:

 (84)

где  - осевая реакция, вызываемая деформацией волн, определяемая по формуле:

 (85)

здесь Δ*l* - температурное удлинение участка трубопровода, м;

*ε* - жесткость волны, Н/м, принимаемая по паспорту компенсатора;

*n* - количество волн (линз).

 - осевая реакция от внутреннего давления, определяемая по формуле:

 (86)

здесь  - коэффициент, зависящий от геометрических размеров и толщины стенки волны, равный в среднем 0.5 - 0.6;

*D* и *d* – соответственно наружный и внутренний диаметры волн, м;

 - избыточное давление теплоносителя, Па.

**При расчете самокомпенсации** основной задачей является определение максимального напряжения σ у основания короткого плеча угла поворота трассы, которое определяют для углов поворотов 90о поформуле:

 (87)

для углов более 90о, т.е. 90+*β*, по формуле

 (88)

где Δ*l* - удлинение короткого плеча, м;

*l* - длина короткого плеча, м;

*Е* - модуль продольной упругости, равный в среднем для стали 2· 105 МПа;

*d* - наружный диаметр трубы, м;

 - отношение длины длинного плеча к длине короткого.

При расчетах углов на самокомпенсацию величина максимального напряжения σ не должна превышать [σ] = 80 МПа.

При расстановке неподвижных опор на углах поворотов, используемых для самокомпенсации, необходимо учитывать, что сумма длин плеч угла между опорами не должна быть более 60% от предельного расстояния для прямолинейных участков. Следует учитывать также, что максимальный угол поворота, используемый для самокомпенсации, не должен превышать 130о.

# 10. Расчет усилий на опоры

Вертикальную нормативную нагрузку на подвижную опору *F*v, Н, определяют по формуле:

 (89)

где  - масса одного метра трубопровода в рабочем состоянии включающий вес трубы, теплоизоляционной конструкции и воды, Н/м;

*L* - пролет между подвижными опорами, м.

Величина  для труб с наружным диаметром  может быть принята по табл. 4 методического пособия:

***Таблица №4 – Масса 1 м трубопровода в рабочем состоянии***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *, мм* | *38* | *45* | *57* | *76* | *89* | *108* | *133* | *159* | *194* | *219* | *273* | *325* |
| *, Н/м* | *69* | *81* | *128* | *170* | *215* | *283* | *399* | *513* | *676* | *860* | *1241* | *1670* |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *, мм* | *377* | *426* | *480* | *530* | *630* | *720* | *820* | *920* | *1020* | *1220* | *1420* |
| *, Н/м* | *2226* | *2482* | *3009* | *3611* | *4786* | *6230* | *7735* | *9704* | *11767* | *16177* | *22134* |

Пролеты между подвижными опорами в зависимости от условий прокладки и типов компенсаторов приведены в таблицах 5, 6 методического пособия.

***Таблица №5 - Пролеты между подвижными опорами на бетонных подушках при канальной прокладке.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Dу, мм* | *L, м* | *Dу, мм* | *L, м* | *Dу, мм* | *L, мм* | *Dу, мм* | *L, м* |
| *25* | *1,7* | *80* | *3,5* | *200* | *6* | *450* | *9* |
| *32* | *2* | *100* | *4* | *250* | *7* | *500* | *10* |
| *40* | *2,5* | *125* | *4,5* | *300* | *8* | *600* | *10* |
| *50* | *3* | *150* | *5* | *350* | *8* | *700* | *10* |
| *70* | *3* | *175* | *6* | *400* | *8,5* | *800* | *10* |

***Таблица №6 - Пролеты между подвижными опорами при надземной прокладке, а также в тоннелях и техподпольях.***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Dу, мм* | *L, м* | *Dу, мм* | *L, м* | *Dу, мм* | *L, м* |
| *25* | *2* | *125* | *6/6* | *400* | *14/13* |
| *32* | *2* | *150* | *7/7* | *450* | *14/13* |
| *40* | *2,5* | *175* | *8/8* | *500* | *14/13* |
| *50* | *3* | *200* | *9/9* | *600* | *15/13* |
| *70* | *3,5* | *250* | *11/11* | *700* | *15/13* |
| *80* | *4* | *300* | *12/12* | *800* | *16/13* |
| *100* | *5/5* | *350* | *14/14* | *900* | *18/15* |
|  |  |  |  | *1000* | *20/16* |

Примечание: в числителе *L* для П-образных компенсаторов и самокомпенсации, в знаменателе - для сальниковых компенсаторов.

Горизонтальные нормативные осевые нагрузки на подвижные опоры *F*hx, Н, от трения определяются по формуле:

 (90)

где  - коэффициент трения в опорах, который для скользящих опор при трении сталь о сталь принимают равным 0,3 (при использовании фторопластовых прокладок = 0,1), для катковых и шариковых опор = 0,1.

При определении нормативной горизонтальной нагрузки на неподвижную опору следует учитывать: неуравновешенные силы внутреннего давления при применении сальниковых компенсаторов, на участках имеющих запорную арматуру, переходы, углы поворота, заглушки; следует также учитывать силы трения в подвижных опорах и силы трения о грунт для бесканальных прокладок, а также реакции компенсаторов и самокомпенсации. Горизонтальную осевую нагрузку на неподвижную опору следует определять:

* на концевую опору - как сумму сил действующих на опору;
* на промежуточную опору - как разность сумм сил действующих с каждой стороны опоры.

Неподвижные опоры должны рассчитываться на наибольшую горизонтальную нагрузку при различных режимах работы трубопроводов (охлаждение, нагрев) в том числе при открытых и закрытых задвижках. Для расчета усилий действующих на неподвижные опоры могут быть использованы типовые расчетные схемы, приведенные в литературе [5. стр.172-173], [7.стр.230-242].

# 11. Подбор основного и вспомогательного оборудования

***12.1. Подбор паровых котлов.***

Подбор паровых котлов производится на основании их однотипности, по техническим параметрам пара (по приложению№25).

***12.2. Подбор элеватора.***

Требуемый располагаемый напор для работы элеватора , м определяется по формуле:

 (91)

где *h* - потери напора в системе отопления, принимаемые 1,5-2м;

*U*p - расчетный коэффициент смешения, определяемый по формуле:

 (92)

Расчетный коэффициент смешения для температурного графика 150-70 равен = 2,2; для графика 140-70 = 1,8; для графика 130-70 = 1,4.

Диаметр горловины камеры смешения элеватора *dг*, мм, при известном расходе сетевой воды на отопление *G*, т/ч, определяется по формуле:

 (93)

Диаметр сопла элеватора *d*c, мм, при известном расходе сетевой воды на отопление *G*, т/ч, и располагаемом напоре для элеватора *Н*, м, определяется по формуле:

 (94)

Величина напора *Н*, м, гасимого соплом элеватора, не может, во избежание возникновения кавитационных режимов, превышать 40 м. Для определения диаметра сопла элеватора, его номера, требуемого напора, могут быть использованы номограммы, приведенные в справочной литературе [5. стр. 312], [6. стр. 73-75]

***12.3. Подбор насосов.***

Модели и количество сетевых и подпиточных насосов подбираются согласно методическим рекомендациям раздела №7, выбор осуществляется по приложениям № 21 и №22.

***12.4. Подбор запорной арматуры.***

Диаметр штуцера и запорной арматуры *d*, м, для спуска воды из секционируемого участка трубопровода определяют по формуле:

 (95)

где - общая длина трубопровода

 - длины отдельных участков трубопровода, м, с условными диаметрами , м, при уклонах ;

*m* - коэффициент расхода арматуры, принимаемый для вентилей *m* = 0,0144, для задвижек *m* = 0,011;

*n* - коэффициент, зависящий от времени спуска воды *t* (см. таблицу №7).

***Таблица №7. Значения коэффициента n .***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *t =* 1 ч | *t* = 2 ч | *t* = 3 ч | *t* = 4 ч | *t* = 5 ч |
| *n* = 1 | *n* = 0,72 | *n* = 0,58 | *n* = 0,5 | *n* = 0,45 |

Максимальное время спуска воды предусматривается для трубопроводов:

300 мм - не более 2 ч

350 500 - не более 4 ч

600 - не более 5 ч

Диаметр спускного устройства для двустороннего дренажа, установленного в нижней точке трубопровода, определяют по формуле:

 (96)

где ,  - диаметры спускных устройств, определяемые по формуле (95) соответственно для каждой стороны.

Расчетный диаметр штуцера округляют с увеличением до стандартного и сравнивают с приведенными в таблице №8 данными.

***Таблица №8. Условный проход штуцера и***

***запорной арматуры для спуска воды.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *, мм* | *65 вкл.* | *80-125* | *до 150* | *200-250* | *300-400* | *500* | *600-700* |
| *Условный проход штуцера, мм* | *25* | *40* | *50* | *80* | *100* | *150* | *200* |

К установке принимают наибольший из двух сравниваемых диаметров штуцеров и запорной арматуры.

Условный проход штуцера и запорной арматуры для выпуска воздуха из секционируемых участков водяных тепловых сетей приведен в таблице №9.

***Таблица №9. Условный проход штуцера и***

***запорной арматуры для выпуска воздуха***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *, мм* | *25-80* | *100-150* | *200-300* | *350-400* | *500-700* | *800-1200* |
| *Условный проход штуцера,мм* | *15* | *20* | *25* | *32* | *40* | *50* |

# Пример выполнения курсовой работы

**Определение тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение (Часть 1).**

*Определить для условий г. Хабаровска расчетные тепловые потоки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение пяти кварталов района города (см. рис. 1).*

**№5**

**F=15 га**

**№1**

**F=10 га**

**№3**

**F=20 га**

**№4**

**F=10 га**

**№2**

**F=15 га**

Рис.1 - Район города.

*Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления t0 = –31 0С. Плотность населения Р = 400 челга. Общая площадь жилого здания на одного жителя общ = 18 м2чел. Средняя за отопительный период норма расхода горячей воды на одного жителя в сутки а =115 лсутки.*

**Решение.** Расчет тепловых потоков сводим в табл..1. В графы 1, 2, 3 таблицы заносим соответственно номера кварталов, их площадь *F*кв в гектарах, плотность населения *Р*. Количество жителей в кварталах *m*, определяем по формуле



Для квартала №1 количество жителей составит:

 чел

Общую площадь жилых зданий кварталов *А* определяем по формуле



Для квартала №1

 м2

Приняв (см. приложение №4) для зданий постройки после 1985г величину удельного показателя теплового потока на отопление жилых зданий *qо* = 87 Вт/м2 при *t* 0= -31 0С, находим расчетные тепловые потоки на отопление жилых и общественных зданий кварталов по формуле (1) учебного пособия



Для квартала №1 при *K*1= 0,25 получим



Максимальные тепловые потоки на вентиляцию общественных зданий кварталов определяем по формуле (2) учебного пособия



Для квартала №1 при *К*2= 0,6 получим



По приложению №5 учебного пособия укрупненный показатель теплового потока на горячее водоснабжение *qh* c учетом общественных зданий при норме на одного жителя *a* = 115 лсутки составит 407 Вт.

Среднечасовые тепловые потоки на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий кварталов определяем по формуле (4) учебного пособия



Для квартала №1 эта величина составит



Суммарный тепловой поток по кварталам *Q*Σ, определяем суммированием расчётных тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение



Для квартала №1 суммарный тепловой поток составит



Аналогично выполняем расчёты тепловых потоков и для других кварталов.

***Таблица 1 - Расчёт тепловых потоков***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ квартала* | *Площадь квартала Fкв, га* | *Плотность населения P чел/га* | *Количество жителей m* | *Общая площадь, А, м2* | *Тепловой поток, МВт* | | | |
| *Q 0 max* | *Q v max* | *Q hm* | *Q Σ* |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
| *1*  *2*  *3*  *4*  *5* | *10*  *15*  *20*  *10*  *15* | *400*  *400*  *400*  *400*  *400* | *4000*  *6000*  *8000*  *4000*  *6000* | *72000*  *108000*  *144000*  *72000*  *108000* | *7,83*  *11,745*  *15,66*  *7,83*  *11,745* | *0,94*  *1,41*  *1,88*  *0,94*  *1,41* | *1,628*  *2,442*  *3,256*  *1,628*  *2,442* | *10,398*  *15,597*  *20,796*  *10,398*  *15,597* |
|  | | | | | *54,8* | *6,58* | *11,396* | *72,786* |

*Для климатических условий г. Хабаровска выполнить расчет и построение графиков часовых расходов теплоты на отопление вентиляцию и горячее водоснабжение, а также годовых графиков теплопотребления по продолжительности тепловой нагрузки и по месяцам. Расчётные тепловые потоки района города на отопление Q 0 max = 300 МВт, на вентиляцию Q v max = 35 МВт, на горячее водоснабжение Qhm = 60 МВт. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления t0 = -31 0C.*

**Решение.** Определим, используя формулы пересчета (10) и (11) часовые расходы на отопление и вентиляцию при температуре наружного воздуха *t*н= +80С.





Отложив на графике (см. рис. 2.а) значения  и  при *t*н= +8 0С, а также значения  и  при *t*н= *t*0 = -31 0C и соединив их прямой, получим графики = *f* (*t*н) и = *f* (*t*н). Для построения часового графика расхода теплоты на горячее водоснабжение, определим, используя формулу пересчёта (12), среднечасовой расход теплоты на горячее водоснабжение для неотопительного периода .



График среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение не зависит от температуры наружного воздуха, и будет представлять собой прямую, параллельную оси абсцисс с ординатой 60 МВт для отопительного периода и с ординатой 38,4 МВт для неотопительного периода. Просуммировав ординаты часовых графиков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение для диапазона температур *t*н = +8 ÷ -31 0C и соединив их прямой получим суммарный часовой график . Для построения годового графика теплоты по продолжительности тепловой нагрузки находим продолжительности стояния температур наружного воздуха в часах с интервалом 50C и продолжительность отопительного периода для г. Хабаровска *n*0 = 4920 ч. Данные сводим в таблицу №2.

***Таблица 2 - Продолжительность стояния температур наружного воздуха***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Продолжительность стояния, n, час* | *Температура наружного воздуха* | | | | | | | | | |
| *-40*  *-35* | *-35*  *-30* | *-30*  *-25* | *-25*  *-20* | *-20*  *-15* | *-15*  *-10* | *-10*  *-5* | *-5*  *0* | *0*  *+5* | *+5*  *+8* |
| *n* | *2* | *47* | *275* | *630* | *800* | *666* | *596* | *561* | *583* | *760* |
| *Темпера*  *туры* | *-35 и ниже* | *-30 и ниже* | *-25 и ниже* | *-20 и ниже* | *-15 и ниже* | *-10 и ниже* | *-5 и ниже* | *0 и ниже* | *+5 и ниже* | *+8 и ниже* |
| *∑n* | *2* | *49* | *324* | *954* | *1754* | *2420* | *3016* | *3577* | *4160* | *4920* |

График по продолжительности тепловой нагрузки (см. рис. 2 б) строится на основании суммарного часового графика . Для этого из точек на оси температур (+8, 0, -10, -20, -30) восстанавливаем перпендикуляры до пересечения с линией суммарного часового графика и из точек пересечения проводим горизонтальные прямые до пересечения с перпендикулярами, восстановленными из точек на оси продолжительности, соответствующих данным температурам. Соединив найденные точки плавной кривой, получим график по продолжительности тепловой нагрузки за отопительный период в течение 4920 часов. Затем построим график по продолжительности тепловой нагрузки за неотопительный период, для чего проведем прямую параллельную оси абсцисс с ординатой равной = 38,4 МВт до расчетной продолжительности работы системы теплоснабжения в году равной 8400 часов.



Рис.2 а - часовые графики теплового потребления

б - годовой график по продолжительности тепловой нагрузки

Для построения годового графика теплового потребления по месяцам находим среднемесячные температуры наружного воздуха. Затем, используя формулы пересчета (10) и (11) определим часовые расходы теплоты на отопление и вентиляцию для каждого месяца со среднемесячной температурой ниже +8 0C. Определим суммарные расходы теплоты для месяцев отопительного периода как сумму часовых расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Для месяцев неотопительного периода (с >+8) суммарный расход теплоты будет равен среднечасовому расходу теплоты на горячее водоснабжение = 38,4 МВт. Выполним расчеты для января





 МВт

Аналогично выполняем расчёты и для других месяцев отопительного периода. Расчёты сведём в табл. 3. Используя полученные данные, построим годовой график теплового потребления по месяцам (см. рис 3)

***Таблица 3 - Среднечасовые расходы теплоты по месяцам года***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Среднечасовые расходы теплоты по месяцам* | *Среднемесячные температуры наружного воздуха* | | | | | | | | | | | |
| *Ян* | *Фев* | *Март* | *Апр* | *Май* | *Июнь* | *Июль* | *Авг* | *Сен* | *Окт* | *Нояб* | *Дек* |
| *-22,3* | *-17,2* | *-8,5* | *3,1* | *11,1* | *17,4* | *21,1* | *20* | *13,9* | *4,7* | *-8,1* | *-18,5* |
|  | *237,1* | *207,1* | *155,9* | *87,6* |  |  |  |  |  | *78,2* | *153,5* | *214,7* |
|  | *27,7* | *24,2* | *18,2* | *10,2* |  |  |  |  |  | *9,1* | *17,9* | *25* |
|  | *60* | *60* | *60* | *60* | *38,4* | *38,4* | *38,4* | *38,4* | *38,4* | *60* | *60* | *60* |
|  | *324,8* | *291,3* | *234,1* | *157,8* | *38,4* | *38,4* | *38,4* | *38,4* | *38,4* | *147,3* | *231,4* | *299,7* |



Рис. 3. Годовой график теплового потребления по месяцам

**Расчет и построение температурного графика регулирования тепловой нагрузки на отопление.**

*Построить для закрытой системы теплоснабжения график центрального качественного регулирования отпуска теплоты по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (повышенный или скорректированный температурный график).*

*Принять расчетные температуры сетевой воды в подающей магистрали τ1= 130 0С в обратной магистрали τ2= 70 0С, после элеватора τ3= 95 0С. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления tнро= -31 0С. Расчетная температура воздуха внутри помещения tв= 18 0С. Расчетные тепловые потоки принять те же. Температура горячей воды в системах горячего водоснабжения tгв = 60 0С, температура холодной воды tс= 50С. Балансовый коэффициент для нагрузки горячего водоснабжения αб= 1,2. Схема включения водоподогревателей систем горячего водоснабжения двухступенчатая последовательная.*

**Решение.** Предварительно выполним расчет и построение отопительно-бытового графика температур с температурой сетевой воды в подающем трубопроводе для точки излома =70 0С. Значения температур сетевой воды для систем отопления *τ*01; *τ*02; *τ*03 определим используя расчетные зависимости (13), (14), (15) для температур наружного воздуха *t*н= +8; 0; -10; -23; -31 0С

Определим, используя формулы (16),(17),(18), значения величин 





Для *t*н = +8 0С значения *τ*01, *τ*02 ,*τ*03 соответственно составят:







Аналогично выполняются расчеты температур сетевой воды и для других значений *t*н. Используя расчетные данные и приняв минимальную температуру сетевой воды в подающем трубопроводе = 70 0С, построим отопительно-бытовой график температур (см. рис. 4). Точке излома температурного графика будут соответствовать температуры сетевой воды = 70 0С, = 44,9 0С, = 55,3 0С, температура наружного воздуха = -2,5 0С. Полученные значения температур сетевой воды для отопительно-бытового графика сведем в таблицу 4. Далее приступаем к расчету повышенного температурного графика. Задавшись величиной недогрева Δ*t*н= 7 0С определим температуру нагреваемой водопроводной воды  после водоподогревателя первой ступени



Определим по формуле (19) балансовую нагрузку горячего водоснабжения 

 МВт

По формуле (20) определим суммарный перепад температур сетевой воды *δ* в обеих ступенях водоподогревателей



Определим по формуле (21) перепад температур сетевой воды в водоподогревателе первой ступени  для диапазона температур наружного воздуха от *t*н= +8 0С до *t*н = -2,5 0С



Определим для указанного диапазона температур наружного воздуха перепад температур сетевой воды во второй ступени водоподогревателя 



Определим используя формулы (22) и (25) значения величин *δ*2 и *δ*1 для диапазона температур наружного воздуха *t*н от *t*н = -2,5 0С до *t*0= -310С. Так, для *t*н= -10 0С эти значения составят:



Аналогично выполним расчеты величин *δ*2 и *δ*1 для значений *t*н= -23 0С и *t*н= –31 0С. Температуры сетевой воды  и  в подающем и обратном трубопроводах для повышенного температурного графика определим по формулам (24) и (26).

Так, для *t*н= +8 0С и *t*н= -2,5 0С эти значения составят





для *t*н = -10 0С





Аналогично выполним расчеты для значений *t*н = -23 0С и -31 0С. Полученные значения величин *δ*2, *δ*1, ,сведем в таблицу 4.

Для построения графика температуры сетевой воды в обратном трубопроводе после калориферов систем вентиляции  в диапазоне температур наружного воздуха *t*н = +8 ÷ -2,5 0С используем формулу (32)



Определим значение *τ*2v для *t*н= +8 0С. Предварительно зададимся значением 0С. Определим температурные напоры в калорифере  и  соответственно для *t*н= +8 0С и *t*н= -2,5 0С





Вычислим левые и правые части уравнения

Левая часть 

Правая часть 

Поскольку численные значения правой и левой частей уравнения близки по значению (в пределах 3%), примем значение  как окончательное.

Для систем вентиляции с рециркуляцией воздуха определим, используя формулу (34), температуру сетевой воды после калориферов *τ*2v для *t*н= *t*нро = -310C.



Здесь значения Δ*t*; *τ*; *τ* соответствуют *t*н = *t*v= -23 0С. Поскольку данное выражение решается методом подбора, предварительно зададимся значением *τ*2v = 510С. Определим значения Δ*t*к и Δ*t*





Далее вычислим левую часть выражения

Поскольку левая часть выражения близка по значению правой (0,99≈1), принятое предварительно значение *τ*2v = 51 0С будем считать окончательным. Используя данные таблицы 4 построим отопительно-бытовой и повышенный температурные графики регулирования (см. рис. 4).

***Таблица 4 - Расчет температурных графиков регулирования для закрытой системы теплоснабжения.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *tН* | *τ10* | *τ20* | *τ30* | *δ1* | *δ2* | *τ1П* | *τ2П* | *τ2V* |
| *+8* | *70* | *44,9* | *55,3* | *5,9* | *8,5* | *75,9* | *36,4* | *17* |
| *-2,5* | *70* | *44,9* | *55,3* | *5,9* | *8,5* | *75,9* | *36,4* | *44,9* |
| *-10* | *90,2* | *5205* | *64,3* | *4,2* | *10,2* | *94,4* | *42,3* | *52,5* |
| *-23* | *113,7* | *63,5* | *84,4* | *1,8* | *12,5* | *115,6* | *51* | *63,5* |
| *-31* | *130* | *70* | *95* | *0,4* | *14* | *130,4* | *56* | *51* |



Рис.4. Температурные графики регулирования для закрытой системы теплоснабжения (⎯ отопительно-бытовой; --- повышенный)

*Построить для открытой системы теплоснабжения скорректированного (повышенного) графика центрального качественного регулирования*. *Принять балансовый коэффициент αб = 1,1. Принять минимальную температуру сетевой воды в подающем трубопроводе для точки излома температурного графика  0С. Остальные исходные данные взять из предыдущей части.*

**Решение**. Вначале строим графики температур ,, , используя расчеты по формулам (13); (14); (15). Далее построим отопительно-бытовой график, точке излома которого соответствуют значения температур сетевой воды  0С;  0C;  0C, и температура наружного воздуха  0C. Далее приступаем к расчету скорректированного графика. Определим балансовую нагрузку горячего водоснабжения 

 MВт

Определим коэффициент отношения балансовой нагрузки на горячее водоснабжение к расчетной нагрузке на отопление 



Для ряда температур наружного воздуха *t*н= +8 0С; -10 0С; -25 0С; -31 0С, определим относительный расход теплоты на отопление  по формуле (29)‾; Например для *t*н= -10  составит:



Затем, приняв известные из предыдущей части значения *t*c; *t*h; *θ*; *Δt* определим, используя формулу (30), для каждого значения *t*н относительные расходы сетевой воды на отопление .

Например, для *t*н= -10 0С составит:



Аналогично выполним расчеты  и для других значений *t*н.

Температуры сетевой воды в подающем *τ*1п и обратном *τ*2п трубопроводах для скорректированного графика определим по формулам (27) и (28).

Так, для *t*н = -10 0С получим





Выполним расчеты *τ*1п и *τ*2п и для других значений *t*н. Определим используя расчетные зависимости (32) и (34) температуры сетевой воды *τ*2v после калориферов систем вентиляции для *t*н= +8 0С и *t*н= -31 0С (при наличии рециркуляции). При значении *t*н= +8 0С зададимся предварительно величиной *τ*2v= 230C.

Определим значения *Δt*к и *Δt*к





Далее вычислим левую и правую части выражения



; 

Поскольку численные значения левой и правой частей уравнения близки, принятое предварительно значение *τ*2v= 230C ,будем считать окончательным. Определим также значения *τ*2v при *t*н = *t*0= -31 0C. Зададимся предварительно значением *τ*2v= 470C



Вычислим значения Δ*t*к и 







Полученные значения расчетных величин сведем в таблицу 3.5

***Таблица 5 - Расчет повышенного (скорректированного) графика для открытой системы теплоснабжения.***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *tн* | *τ10* | *τ20* | *τ30* | *‾Q0* | *‾G0* | *τ1п* | *τ2п* | *τ2v* |
| *+8* | *60* | *40,4* | *48,6* | *0,2* | *0,65* | *64* | *39,3* | *23* |
| *1,9* | *60* | *40,4* | *48,6* | *0,33* | *0,8* | *64* | *39,3* | *40,4* |
| *-10* | *90.2* | *52.5* | *64.3* | *0,59* | *0,95* | *87.8* | *51.8* | *52.5* |
| *-23* | *113.7* | *63.5* | *84.4* | *0,84* | *1,02* | *113* | *63,6* | *63.5* |
| *-31* | *130* | *70* | *95* | *1* | *1,04* | *130* | *70* | *51* |

Используя данные таблицы 5, построим отопительно-бытовой, а также повышенный графики температур сетевой воды.

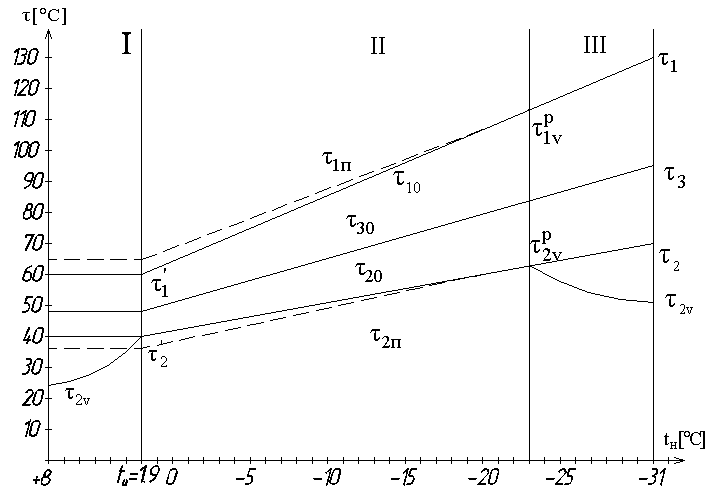


Рис.5 Отопительно - бытовой () и повышенный (----) графики температур сетевой воды для открытой системы теплоснабжения

**Гидравлический расчет магистральных теплопроводов двухтрубной водяной тепловой** **сети закрытой системы теплоснабжения**.

*Расчетная схема теплосети от источника теплоты (ИТ) до кварталов города (КВ) приведена на рис.6. Для компенсации температурных деформаций предусмотреть сальниковые компенсаторы. Удельные потери давления по главной магистрали принять в размере 30-80 Па/м.*

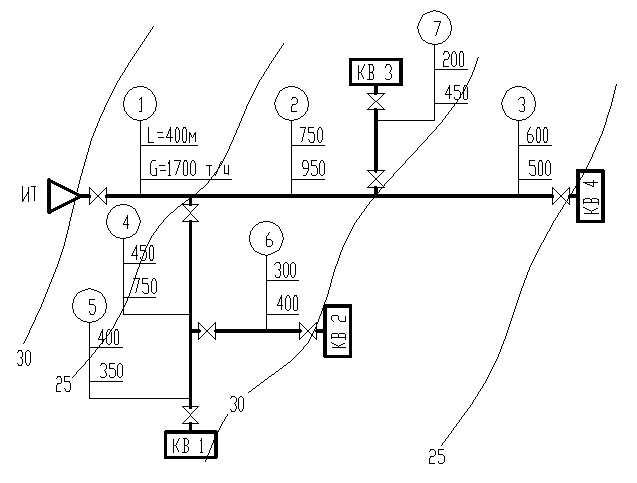


Рис.6. Расчетная схема магистральной тепловой сети.

**Решение.** Расчет выполним для подающего трубопровода. Примем за главную магистраль наиболее протяженную и загруженную ветвь теплосети от ИТ до КВ 4 (участки 1,2,3) и приступим к ее расчету. По таблицам гидравлического расчета, приведенным в литературе [6,7], а также в приложении №12 учебного пособия, на основании известных расходов теплоносителя, ориентируясь на удельные потери давления *R* в пределах от 30 до 80 Па/м, определим для участков 1, 2, 3 диаметры трубопроводов *dнxS*, мм, фактические удельные потери давления *R*, Па/м, скорости воды *V*, м/с.

По известным диаметрам на участках главной магистрали определим сумму коэффициентов местных сопротивлений Σ*ξ* и их эквивалентные длины *L*э. Так, на участке 1 имеется головная задвижка (*ξ* = 0,5), тройник на проход при разделении потока (*ξ* = 1,0), Количество сальниковых компенсаторов (*ξ* = 0,3) на участке определим в зависимости от длины участка L и максимального допустимого расстояния между неподвижными опорами *l*. Согласно приложению №17 учебного пособия для *D*у= 600 мм это расстояние составляет 160 метров. Следовательно, на участке 1 длиной 400 м следует предусмотреть три сальниковых компенсатора. Сумма коэффициентов местных сопротивлений Σ*ξ* на данном участке составит

Σ*ξ* = 0,5+1,0 + 3 ⋅ 0,3 = 2,4

По приложению №14 учебного пособия (при *К*э= 0,0005м) эквивалентная длина *l*э для *ξ* = 1,0 равна 32,9 м. Эквивалентная длина участка *L*э составит

*L*э= *l*э⋅ Σ*ξ* = 32,9 ⋅2,4 = 79 м

Далее определим приведенную длину участка *L*п

*L*п=*L* + *L*э= 400 + 79 = 479 м

Затем определим потери давления ΔP на участке 1

Δ*P* = *R ⋅ L*п = 42 ⋅ 479 = 20118 Па

Аналогично выполним гидравлический расчет участков 2 и 3 главной магистрали (см. табл. 6 и табл.7).

Далее приступаем к расчету ответвлений. По принципу увязки потери давления Δ*P* от точки деления потоков до концевых точек (КВ) для различных ветвей системы должны быть равны между собой. Поэтому при гидравлическом расчете ответвлений необходимо стремиться к выполнению следующих условий:

Δ*P*4+5 = Δ*P*2+3 ; Δ*P*6 = Δ*P*5 ; Δ*P*7 = Δ*P*3

Исходя из этих условий, найдем ориентировочные удельные потери давления для ответвлений. Так, для ответвления с участками 4 и 5 получим



Коэффициент *α*, учитывающий долю потерь давления на местные сопротивления, определим по формуле



тогда  Па/м

Ориентируясь на *R* = 69 Па/м определим по таблицам гидравлического расчета диаметры трубопроводов, удельные потери давления *R*, скорости *V*, потери давления Δ*Р* на участках 4 и 5. Аналогично выполним расчет ответвлений 6 и 7, определив предварительно для них ориентировочные значения *R*.

 Па/м

 Па/м

***Таблица 6 - Расчет эквивалентных длин местных сопротивлений***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ участка* | *dн х S, мм* | *L, м* | *Вид местного сопротивления* | *ξ* | *Кол-во* | *∑ξ* | *lэ ,м* | *Lэ,м* |
| *1* | *630x10* | *400* | *1. задвижка*  *2. сальниковый компенсатор*  *3. тройник на проход при разделении потока* | *0.5*  *0.3*  *1.0* | *1*  *3*  *1* | *2,4* | *32,9* | *79* |
| *2* | *480x10* | *750* | *1. внезапное сужение*  *2. сальниковый компенсатор*  *3. тройник на проход при разделении потока* | *0.5*  *0.3*  *1.0* | *1*  *6*  *1* | *3,3* | *23,4* | *77* |
| *3* | *426x10* | *600* | *1. внезапное сужение*  *2. сальниковый компенсатор*  *3. задвижка* | *0.5*  *0.3*  *0.5* | *1*  *4*  *1* | *2,2* | *20,2* | *44,4* |
| *4* | *426x10* | *500* | *1.тройник на ответвление*  *2. задвижка*  *3. сальниковый компенсатор*  *4. тройник на проход* | *1.5*  *0.5*  *0.3*  *1.0* | *1*  *1*  *4*  *1* | *4.2* | *20.2* | *85* |
| *5* | *325x8* | *400* | *1. сальниковый компенсатор*  *2. задвижка* | *0.3*  *0.5* | *4*  *1* | *1.7* | *14* | *24* |
| *6* | *325x8* | *300* | *1. тройник на ответвление*  *2. сальниковый компенсатор*  *3. задвижка* | *1.5*  *0.5*  *0.5* | *1*  *2*  *2* | *3.5* | *14* | *49* |
| *7* | *325x8* | *200* | *1.тройник на ответвление при разделении потока*  *2.задвижка*  *3.сальниковый компенсатор* | *1.5*  *0.5*  *0.3* | *1*  *2*  *2* | *3.1* | *14* | *44* |

***Таблица 7 - Гидравлический расчет магистральных трубопроводов***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ участка* | *G, т/ч* | *Длина, м* | | | *dнхs, мм* | *V, м/с* | *R, Па/м* | *ΔP, Па* | *∑ΔP, Па* |
| *L* | *Lэ* | *Lп* |
| *1*  *2*  *3* | *1700*  *950*  *500* | *400*  *750*  *600* | *79*  *77*  *44* | *479*  *827*  *644* | *630x10*  *480x10*  *426x10* | *1.65*  *1.6*  *1.35* | *42*  *55*  *45* | *20118*  *45485*  *28980* | *94583*  *74465*  *28980* |
| *4*  *5* | *750*  *350* | *500*  *400* | *85*  *24* | *585*  *424* | *426x10*  *325x8* | *1.68*  *1.35* | *70*  *64* | *40950*  *27136* | *68086*  *27136* |
| *6* | *400* | *300* | *49* | *349* | *325x8* | *1.55* | *83* | *28967* | *28967* |
| *7* | *450* | *200* | *44* | *244* | *325x8* | *1.75* | *105* | *25620* | *25620* |

Определим невязку потерь давления на ответвлениях. Невязка на ответвлении с участками 4 и 5 составит:

Невязка на ответвлении 6 составит:



Невязка на ответвлении 7 составит:



**Построение пьезометрических графиков для отопительного и неотопительного периодов.**

*Максимальный расход сетевой воды на горячее водоснабжение в неотопительный период  принять равным 800 т/ч. Расчетные температуры сетевой воды 150-70. Этажность зданий принять 9 этажей. Все необходимые данные принимаются из предыдущей части.*

**Решение.** Для построения пьезометрического графика примем масштабы: вертикальный Мв 1:1000 и горизонтальный Мг 1: 10000. Построим , используя горизонтали и длины участков, продольные профили главной магистрали ( участки 1,2,3 ) и ответвлений (участки 4,5 и участок 7 ). На профилях в соответствующем масштабе построим высоты присоединяемых зданий. Под профилем располагается спрямленная однолинейная схема теплосети, номера и длины участков, расходы теплоносителя и диаметры, располагаемые напоры.

Приняв предварительно напор на всасывающей стороне сетевых насосов Нвс = 30 метров, строим линию потерь напора обратной магистрали теплосети АВ. Превышение точки В по отношению к точке А будет равно потерям напора в обратной магистрали которые в закрытых системах принимаются равными потерям напора в подающей магистрали и составляют в данном примере 9,5 метров. Далее строим линию ВС - линию располагаемого напора для системы теплоснабжения квартала № 4. Располагаемый напор в данном примере принят равным 40 метров. Затем строим линию потерь напора подающей магистрали теплосети СД. Превышение точки Д по отношению к точке С равно потерям напора в подающей магистрали и составляет 9,5 метра.

Далее строим линию ДЕ – линию потерь напора в теплофикационном оборудовании источника теплоты, которые в данном примере приняты равными 25 метров. Положение линии статического напора S-S выбрано из условия недопущения «оголения», « раздавливания» и вскипания теплоносителя. Далее приступаем к построению пьезометрического графика для неотопительного периода. Определим для данного периода потери напора в главной магистрали используя формулу пересчета (63)

= 9,5 = 2,8 м

Аналогичные потери напора (2,8 м) примем и для обратной магистрали. Потери напора в оборудовании источника тепла, а также располагаемый напор для квартальной теплосети примем аналогичными что и для отопительного периода. Используя примененную ранее методику, построим пьезометрический график для неотопительного периода (А ВСДЕ). После построения пьезометрических графиков следует убедиться, что расположение их линий соответствует требованиям для разработки гидравлических режимов (см. раздел 6 учебного пособия ). При необходимости напор на всасывающей стороне сетевых насосов Нвс и, соответственно, положение пьезометрических графиков могут быть изменены (за счет изменения напора подпиточного насоса).



**Подбор сетевых и подпиточных насосов.**

*Для закрытой системы теплоснабжения работающей при повышенном графике регулирования с суммарным тепловым потоком Q = 325 МВт и с расчетным расходом теплоносителя G = 3500 т/ч подобрать сетевые и подпиточные насосы. Потери напора в теплофикационном оборудовании источника теплоты ΔHист= 35 м. Суммарные потери напора в подающей и обратной магистралях тепловой сети ΔHпод+ΔHобр= 50 м. Потери напора в системах теплопотребителей ΔHаб = 40 м. Статический напор на источнике теплоты Hст= 40 м. Потери напора в подпиточной линии Hпл= 15 м. Превышение отметки баков с подпиточной водой по отношению к оси подпиточных насосов z = 5 м.*

**Решение.** Требуемый напор сетевого насоса определим по формуле (62) учебного пособия

 м

Подача сетевого насоса *G*сн должна обеспечить расчетный расход теплоносителя *G*d

*G*сн= *G*d = 3500 т/ч

По приложению №20 методического пособия принимаем к установке по параллельной схеме три рабочих и один резервный насосы СЭ 1250-140 обеспечивающие требуемые параметры при некотором избытке напора, который может быть сдросселирован на источнике теплоты. КПД насоса составляет 82%.

Требуемый напор подпиточного насоса *H*пн определяем по формуле (66) учебного пособия

 м

Подача подпиточного насоса *G*пн в закрытой системе теплоснабжения должна компенсировать утечку теплоносителя *G*ут. Согласно методическим указаниям величина утечки принимается в размере 0,75% от объема системы теплоснабжения *V*сист. При удельном объеме системы 65 м3/МВт и суммарном тепловом потоке *Q* = 325 МВт объем системы *V*сист составит

*V*сист = 65 ⋅ *Q* = 65 ⋅ 325 = 21125 м3

Величина утечки *G*ут составит

*G*ут = 0,0075 ⋅*V*сист= 0,0075 ⋅ 21125 = 158,5 м3/ч

По приложению №21 методического пособия принимаем к установке по параллельной схеме два рабочих и один резервный насосы К 90/55 обеспечивающие требуемые параметры с небольшим избытком напора (8 м) с КПД 70%.

*Для открытой системы теплоснабжения подобрать сетевые и подпиточные насосы. Среднечасовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение в системе Ghm= 700 т/ч. Максимальный расход сетевой воды на горячее водоснабжение Ghmax= 1700 т/ч. Остальные исходные принять из примера 3.6. Требуемый напор сетевого насоса Hсн= 120 м.*

**Решение:** Требуемую подачу сетевого насоса *G*сн для открытой системы определим по формуле (65) учебного пособия, т/ч.



По приложению №20 принимаем к установке четыре рабочих насоса СЭ 1250-140 и один резервный, обеспечивающие суммарную подачу 4480 т/ч с некоторым избытком напора при КПД 81%. Для подбора подпиточного насоса при его требуемом напоре *H*пн= 50 м, определим его подачу по формуле (68) учебного пособия

*G*пн = *G*ут+*G*hmax

Величина утечки при удельном объеме 70 м3 на 1 МВт тепловой мощности системы составит:

*G*ут= 0,0075 ⋅*V*сист= 0,0075 ⋅70 ⋅ Q = 0,0075 ⋅70 ⋅325 = 170,6 м3/ч

Требуемая подача подпиточного насоса *G*пн составит

*G*пн= *G*ут + *G*hmax= 120,6 + 1700 = 1871 т/ч

По приложению №21 принимаем к установке по параллельной схеме два рабочих и один резервный насосы Д 1000-40 обеспечивающие требуемые параметры с КПД 80%.

**Расчет самокомпенсации.**

*Определить изгибающее напряжение от термических деформаций в трубопроводе диаметром dн = 159 мм у неподвижной опоры А (рис.7) при расчетной температуре теплоносителя τ = 150 0С и температуре окружающей среды tо= -310С. Модуль продольной упругости стали Е = 2x105 МПа, коэффициент линейного расширения α = 1,25x10-5 1/0C. Сравнить с допускаемым напряжением δдоп= 80 МПа*



Рис.7

**Решение.** Определим линейное удлинение Δ*L*1 длинного плеча *L*1

Δ*L*1= *α* ⋅*L*1⋅ (*τ* - *t*o) = 1,25x10-5⋅ 45 ⋅ (150 + 31) = 0,102 м

При *β* = 300 и *n* = *L*1/*L*2 = 3 по формуле (88) находим изгибающее напряжение у опоры А



 МПа

Полученное изгибающее напряжение превышает допускаемое *σ*доп= 80 МПа. Следовательно данный угол поворота не может быть использован для самокомпенсации.

**Расчет тепловой изоляции.**

*Определить по нормируемой плотности теплового потока толщину тепловой изоляции для двухтрубной тепловой сети с dн = 159 мм, проложенной в канале типа КЛП 90x45. Глубина заложения канала hк = 1,0 м. Среднегодовая температура грунта на глубине заложения оси трубопроводов t 0 = 4 0С. Теплопроводность грунта λгр= 2,0 Вт/м град. Тепловая изоляция - маты из стеклянного штапельного волокна с защитным покрытием из стеклопластика рулонного РСТ. Среднегодовая температура теплоносителя в подающем трубопроводе τ1 = 86 0С, в обратном τ2 = 48 С.*

**Решение.** Определим внутренний *d*вэ и наружный *d*нэ эквивалентные диаметры канала по внутренним (0,9×0,45м) и наружным (1,08×0,61м) размерам его поперечного сечения





Определим по формуле (74) термическое сопротивление внутренней поверхности канала *R*пк



Определим по формуле (75) термическое сопротивление стенки канала *R*к, приняв коэффициент теплопроводности железобетона .



Определим по формуле (76) при глубине заложения оси труб *h* = 1,3 м и теплопроводности грунта  термическое сопротивление грунта *R*гр

=



Приняв температуру поверхности теплоизоляции 40 0С, определим средние температуры теплоизоляционных слоев подающего *t*тп и обратного *t*то трубопроводов согласно:





Определим также коэффициенты теплопроводности тепловой изоляции (матов из стеклянного штапельного волокна) для подающего , и обратного , трубопроводов:

= 0,042 + 0,00028 ⋅ *t*тп= 0,042 + 0,00028 ⋅ 63 = 0,06 Вт/( м ⋅ 0С)

= 0,042 + 0,00028 ⋅ *t*то= 0,042 + 0,00028 ⋅ 44= 0,054 Вт/( м ⋅0С)

Определим по формуле (73) термическое сопротивление поверхности теплоизоляционного слоя,  приняв предварительно толщину слоя изоляции *δ*и= 50 мм = 0,05 м



Примем по приложению №16 методического пособия, нормируемые линейные плотности тепловых потоков для подающего *q*11 = 41,6 Вт/м и обратного *q*12 = 17,8 Вт/м трубопроводов. Определим суммарные термические сопротивления для подающего *R*tot,1 и обратного *R*tot,2 трубопроводов при *К*1= 0,8 (см. приложение №20)

 м ⋅ 0С/Вт

 м ⋅ 0С/Вт

Определим коэффициенты взаимного влияния температурных полей подающего  и обратного  трубопроводов





Определим требуемые термические сопротивления слоёв для подающего *R*кп и обратного *R*ко трубопроводов, м ⋅ град/Вт



 м ⋅0С/Вт



 м ⋅0С/Вт

Определим требуемые толщины слоев тепловой изоляции для подающего *δ*к1 и обратного *δ*к2





**Расчет компенсаторов.**

*Определить размеры П-образного компенсатора и его реакцию для участка трубопровода с длиной пролета между неподвижными опорами L = 100 м. Расчетная температура теплоносителя τ1= 150 0С. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления t0 = -310С. Учесть при расчетах предварительную растяжку компенсатора.*

**Решение.** Приняв коэффициент температурного удлинения *α* = 1,20⋅10-2 мм/м⋅0С, определим расчетное удлинение участка трубопровода по формуле (81):

Δ*l= α ⋅ L⋅ (τ*1 *- t*0) = 1,20 ⋅10-2 ⋅100 ⋅ (150 + 31) = 218 мм

Расчетное удлинение Δ*l*р с учетом предварительной растяжки компенсатора составит

Δ*l*р= 0,5 ⋅ Δ*l* = 0,5 ⋅ 218 = 109 мм

По приложению №23, ориентируясь на Δ*l*p, принимаем П-образный компенсатор имеющий компенсирующую способность Δ*l*к= 120 мм, вылет *H* = 1,8 м, спинку *с* = 1,56 м. По приложению №24 определим реакцию компенсатора *Р* при значении *Р*к= 0,72 кН/см и Δ*l*р= 10,9 см

*Р* = *Р*к ⋅Δ*l*р= 0,72 ⋅ 10,9 = 7,85 кН

**Расчет усилий в неподвижных опорах теплопровода.**

Определить горизонтальное осевое усилие *H*го на неподвижную опору Б. Определить вертикальную нормативную нагрузку *F*v на подвижную опору.

Рис 8.

Схема расчетного участка приведена на рис.8 Трубопровод с *dнxS* = 159x6 мм проложен в техподполье. Вес одного погонного метра трубопровода с водой и изоляцией *G*h = 513 Н. Расстояние между подвижными опорами *L* = 7 м. Коэффициент трения в подвижных опорах *μ* = 0,4. Реакция компенсатора *P*к = 7,85 кН. Сила упругой деформации угла поворота *P*х= 0,12 кН.

**Решение.** Расчет горизонтальных усилий *H*го на опору Б для различных тепловых режимов работы трубопровода выполним по формулам приведенным в [7. стр.236]:

*H*го= *P*к+*μ* ⋅*G*h ⋅ *L*1– 0,7 ⋅ *μ* ⋅*G*h ⋅ *L*2 = 7850 + 0,4 ⋅ 513 ⋅ 50 – 0,7 ⋅ 0,4 ⋅ 513 ⋅ 30 =13801 Н

*H*го= *P*к +*μ ⋅ G*h ⋅*L*2 – 0,7 ⋅*μ ⋅ G*h ⋅ *L*1 = 7850 + 0,4 ⋅513 ⋅ 50 – 0,7 ⋅ 0,4 ⋅ 513 ⋅ 50 = 6824 Н

*H*го=*P*х+*μ* ⋅ *G*h ⋅ *L*2 – 0,7 ⋅ (*P*к + *μ ⋅ G*h ⋅ *L*1) = 120 + 0,4 ⋅ 513 ⋅ 30 –

–0,7 ⋅ (7850 + 0,4 ⋅ 513 ⋅ 50) = –11714 Н

*H*го= *P*х + *μ ⋅ G*h ⋅ *L*1– 0,7 ⋅ (*P*к + *μ ⋅ G*h ⋅ *L*2) = 120 + 0,4 ⋅ 513 ⋅ 50–

–0,7 ⋅ (7850 + 0,4 ⋅ 513 ⋅ 30) = –3626 Н

В качестве расчетного усилия принимаем наибольшее значение *H*го= 13801 Н =13,801 кН. Вертикальную нормативную нагрузку на подвижную опору *F*v определим по формуле (89) методического пособия

*F*v = *G*h ⋅ *L* = 513 ⋅7 = 3591 Н = 3,591 кН.

**Расчет спускных устройств.**

 Определить диаметры спускных устройств (воздушников и спускников) для участка трубопровода, схема которого приведена на рис.9.

Рис 9.

**Решение.** Условные проходы штуцеров и арматуры для выпуска воздуха принимаем согласно рекомендациям в методических указаниях. При диаметрах условного прохода труб тепловых сетей 100-150 мм диаметр штуцеров и арматуры для выпуска воздуха принимается равным 20 мм. Для определения условных проходов штуцера и арматуры для выпуска воды, определим диаметры этих устройств для каждой из примыкающей к нижней точке сторон трубопровода.

Выполним расчеты для левой стороны. Определим приведенный диаметр *d*red по формуле (95) учебного пособия.



Приняв коэффициент расхода для вентиля *m* = 0,0144, коэффициент

*n* = 0,72 при времени опорожнения не более 2 часов, определим диаметр спускного устройства для левой стороны *d*1



Выполним аналогичные расчеты и для правой стороны. Диаметр спускного устройства для правой стороны *d*2



Определим диаметр штуцера и запорной арматуры *d* для обеих сторон



Поскольку расчетный диаметр спускного устройства *d* =18 мм меньше рекомендованного *d*у=50 мм (см. рекомендации в методическом пособии), к установке принимаем штуцер с наибольшим диаметром из сравниваемых *d*у=50 мм.

**Подбор элеватора.**

*Для системы отопления с расчетным расходом сетевой воды на отопление G = 3,75 т/ч и расчетным коэффициентом смешения uр = 2,2, определить диаметр горловины элеватора и диаметр сопла исходя из условия гашения всего располагаемого напора. Потери напора в системе отопления при расчетном расходе смешанной воды h = 1,5 м. Располагаемый напор в тепловом пункте перед системой отопления Hтп= 25м.*

**Решение.** Расчетный диаметр горловины *d*г определяется по формуле (93) учебного пособия



Расчетную величину диаметра горловины округляем до стандартного диаметра в сторону уменьшения *d*г = 25 мм, что соответствует № 3 элеватора. Располагаемый напор перед элеватором *H* для расчета сопла определяется как разность располагаемого напора перед системой отопления *H*тп и потерь напора в системе отопления *h*

*H* = *H*тп – *h* = 25–1,5 = 23,5 м

Расчетный диаметр сопла определяем по формуле (94) учебного пособия

 мм

# Приложения.

**Приложение №1. Климатические данные по некоторым городам бывшего СССР**

**(на основании СНиП.А.6-72. Строительная климатология и геофизика)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Город | Отопительный период | | | | | Лето | |
| *Продолжи-тельность*  *n, сут* | Температура воздуха, | | | | Темп-ра воздуха, | |
| Расчетная для проектирования | | средняя  отопитель-  ного  периода | средняя  самого хо-  лодного  месяца | средняя  самого  жаркого  месяца | средняя в 13ч самого жаркого месяца |
| отопления | вентиляции |
| *Европейская часть* | | | | | | | |
| *Архангельск* | *251* | *-32* | *-19* | *-4,7* | *-12,5* | *+15,6* | *-* |
| *Астрахань* | *172* | *-22* | *-8* | *1,6* | *-6,8* | *+25,3* | *+29,3* |
| *Баку* | *119* | *-4* | *+1* | *+5,1* | *+3,8* | *+25,7* | *-* |
| *Брянск* | *206* | *-24* | *-13* | *-2,6* | *-8,5* | *+18,4* | *+22,6* |
| *Вильнюс* | *194* | *-23* | *-9* | *-0,9* | *-5,5* | *+18,0* | *-* |
| *Воронеж* | *199* | *-25* | *-14* | *-3,4* | *-9,3* | *+19,9* | *+24,1* |
| *Волгоград* | *182* | *-22* | *-13* | *-3,4* | *-9,2* | *+24,2* | *+28,6* |
| *Екатеринбург* | *228* | *-31* | *-20* | *-6,4* | *-15,3* | *+17,4* | *+21,1* |
| *Златоуст* | *232* | *-30* | *-20* | *-6,6* | *-15,4* | *+16,4* | *+20,6* |
| *Иваново* | *217* | *-28* | *-16* | *-4,4* | *-11,8* | *+17,4* | *+22,5* |
| *Казань* | *218* | *-30* | *-18* | *-5,7* | *-13,5* | *+19,0* | *+24,0* |
| *Киев* | *187* | *-21* | *-10* | *-1,1* | *-5,9* | *+19,8* | *-* |
| *Киров* | *231* | *-31* | *-19* | *-5,8* | *-14,2* | *+17,8* | *+21,9* |
| *Кишинев* | *166* | *-15* | *-7* | *+0,6* | *-3,5* | *+21,5* | *-* |
| *Курск* | *198* | *-24* | *-14* | *-3,0* | *-8,6* | *+19,3* | *+23,6* |
| *Луганск* | *180* | *-25* | *-10* | *-1,6* | *-6,6* | *+22,3* | *+27,4* |
| *Львов* | *183* | *-19* | *-7* | *+0,3* | *-3,9* | *+18,8* | *-* |
| *Магнитогорск* | *218* | *-34* | *-22* | *-7,9* | *-16,9* | *+18,3* | *+23,6* |
| *Махачкала* | *151* | *-14* | *-2* | *+2,6* | *-0,4* | *+24,7* | *-* |
| *Минск* | *203* | *-25* | *-10* | *-1,2* | *-6,9* | *+17,8* | *-* |
| *Москва* | *205* | *-25* | *-14* | *-3,2* | *-9,4* | *+19,8* | *+21,6* |
| *Мичуринск* | *202* | *-26* | *-15* | *-4,3* | *-10,8* | *+20,0* | *+24,5* |
| *Мурманск* | *281* | *-28* | *-18* | *-3,3* | *-10,1* | *+12,4* | *-* |
| *Н. Новгород* | *218* | *-30* | *-16* | *-4,7* | *-12,0* | *+18,1* | *+21,6* |
| *Н. Тагил* | *238* | *-34* | *-21* | *-6,6* | *-16,1* | *+16,0* | *+21,5* |
| *Новороссийск* | *134* | *-13* | *-2* | *+4,4* | *+2,6* | *+23,7* | *-* |
| *Одесса* | *165* | *-17* | *-6* | *+1,0* | *-2,5* | *+22,2* | *-* |
| *Оренбург* | *201* | *-29* | *-20* | *-8,1* | *-14,8* | *+21,9* | *+26,9* |
| *Орск* | *204* | *-29* | *-21* | *-7,9* | *-16,4* | *+21,3* | *+26,3* |
| *Пенза* | *206* | *-27* | *-17* | *-5,1* | *-12,1* | *+19,8* | *+24,1* |
| *Пермь* | *226* | *-34* | *-20* | *-6,4* | *-15,1* | *+18,1* | *+21,8* |
| *Петрозаводск* | *237* | *-29* | *-14* | *-2,9* | *-* | *-* | *-* |
| *Рига* | *205* | *-20* | *-9* | *-0,6* | *-5,0* | *+17,1* | *-* |
| *Ростов-на-Дону* | *175* | *-22* | *-8* | *-1,1* | *-5,7* | *+22,9* | *+27,4* |
| *Рязань* | *212* | *-27* | *-16* | *-4,2* | *-11,1* | *+18,8* | *+23,0* |
| *Самара* | *206* | *-27* | *-18* | *-6,1* | *-13,8* | *+20,7* | *+24,2* |
| *С-Петербург* | *219* | *-25* | *-11* | *-2,2* | *-7,9* | *+17,8* | *-* |
| *Саратов* | *198* | *-25* | *-16* | *-5,0* | *-11,9* | *+22,1* | *+25,7* |
| *Смоленск* | *210* | *-26* | *-13* | *-2,7* | *-8,6* | *+17,6* | *+21,1* |
| *Стерлитамак* | *210* | *-36* | *-20* | *-7,1* | *-15,2* | *+19,6* | *+24,6* |
| *Таллинн* | *221* | *-21* | *-9* | *-0,8* | *-5,5* | *+16,6* | *-* |
| *Тбилиси* | *152* | *-7* | *0* | *+4,2* | *+0,9* | *+24,4* | *-* |
| *Тула* | *207* | *-28* | *-14* | *-3,8* | *-10,1* | *+18,4* | *+22,6* |
| *Ульяновск* | *213* | *-31* | *-18* | *-5,7* | *-13,8* | *+19,6* | *+23,8* |
| *Уральск* | *199* | *-30* | *-18* | *-6,5* | *-14,2* | *+22,6* | *+28,4* |
| *Уфа* | *211* | *-29* | *-19* | *-6,4* | *-14,1* | *+19,3* | *+23,4* |
| *Харьков* | *189* | *-23* | *-11* | *-2,1* | *-7,3* | *+20,8* | *+25,0* |
| *Челябинск* | *216* | *-29* | *-20* | *-7,1* | *-15,5* | *+18,8* | *+22,8* |
| *Азиатская часть* | | | | | | | |
| *Актюбинск* | *203* | *-31* | *-21* | *-7,3* | *-15,6* | *+22,3* | *-* |
| *Алма-Ата* | *166* | *-25* | *-10* | *-2,1* | *-7,4* | *+23,3* | *-* |
| *Балхаш* | *190* | *-32* | *-20* | *-6,9* | *-15,2* | *+24,2* | *+27,3* |
| *Барнаул* | *219* | *-39* | *-23* | *-8,3* | *-17,7* | *+19,7* | *+24,0* |
| *Владивосток* | *201* | *-25* | *-16* | *-4,8* | *-14,4* | *+20,0* | *-* |
| *Енисейск* | *245* | *-47* | *-28* | *-9,8* | *-22* | *+18,4* | *+22,3* |
| *Иркутск* | *241* | *-38* | *-25* | *-8,9* | *-20,9* | *+17,6* | *+22,6* |
| *Караганда* | *212* | *-32* | *-20* | *-7,5* | *-15,1* | *+20,3* | *+25,1* |
| *Красноярск* | *235* | *-40* | *-22* | *-7,2* | *-17,1* | *+18,7* | *+24,2* |
| *Кустанай* | *213* | *-35* | *-22* | *-8,7* | *-17,7* | *+20,2* | *+25,0* |
| *Минусинск* | *226* | *-42* | *-27* | *-9,5* | *-21,2* | *+19,6* | *+25,1* |
| *Новосибирск* | *227* | *-39* | *-24* | *-9,1* | *-19,0* | *+18,7* | *+23,0* |
| *Омск* | *220* | *-37* | *-23* | *-7,7* | *-19,2* | *+18,3* | *+23,0* |
| *Самарканд* | *132* | *-13* | *+3* | *+2,8* | *-0,3* | *+25,5* | *+33,1* |
| *Семипалатинск* | *202* | *-38* | *-21* | *-8,0* | *-16,2* | *+22,2* | *-* |
| *Ташкент* | *130* | *-15* | *-6* | *+2,4* | *-0,9* | *+26,9* | *+33,3* |
| *Тобольск* | *229* | *-36* | *-22* | *-7,0* | *-18,5* | *+18,0* | *+21,6* |
| *Томск* | *234* | *-40* | *-25* | *-8,8* | *-19,2* | *+18,1* | *+22,5* |
| *Тюмень* | *220* | *-35* | *-21* | *-5,7* | *-16,6* | *+18,6* | *+22,4* |
| *Улан-Удэ* | *235* | *-38* | *-28* | *-10,6* | *-25,4* | *+19,4* | *+23,1* |
| *Хабаровск* | *205* | *-32* | *-23* | *-10,1* | *-22,3* | *+21,1* | *-* |
| *Целиноград* | *215* | *-35* | *-22* | *-8,7* | *-17,4* | *+20,2* | *+25,2* |
| *Чита* | *240* | *-38* | *-30* | *-11,6* | *-26,6* | *+18,8* | *-* |

**Приложение №2. Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной и ниже данной (для ориентировочных расчетов).**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Город* | *Температура наружного воздуха,* | | | | | | | | | | |
| *-45* | *-40* | *-35* | *-30* | *-25* | *-20* | *-15* | *-10* | *-5* | *0* | *+8* |
| *Европейская часть* | | | | | | | | | | |
| *Архангельск* | *-* | *1* | *10* | *48* | *150* | *380* | *820* | *1580* | *2670* | *4300* | *6024* |
| *Астрахань* | *-* | *-* | *-* | *3* | *32* | *114* | *291* | *601* | *1238* | *2460* | *4128* |
| *Баку* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *2860* |
| *Брянск* | *-* | *-* | *-* | *2* | *17* | *89* | *356* | *870* | *1730* | *3210* | *4950* |
| *Вильнюс* | *-* | *-* | *-* | *-* | *3* | *23* | *130* | *415* | *1040* | *2930* | *4650* |
| *Воронеж* | *-* | *-* | *-* | *7* | *34* | *144* | *470* | *1020* | *1850* | *3380* | *4780* |
| *Волгоград* | *-* | *-* | *-* | *1* | *13* | *126* | *420* | *930* | *1650* | *3100* | *4368* |
| *Екатеринбург* | *-* | *1* | *11* | *54* | *198* | *494* | *1070* | *1980* | *3020* | *4000* | *5470* |
| *Златоуст* | *-* | *-* | *5* | *48* | *190* | *490* | *1100* | *2050* | *3060* | *4200* | *5560* |
| *Иваново* | *-* | *-* | *5* | *42* | *102* | *275* | *635* | *1300* | *2070* | *3800* | *5210* |
| *Казань* | *-* | *-* | *1* | *20* | *117* | *328* | *790* | *1520* | *2480* | *3800* | *5230* |
| *Киев* | *-* | *-* | *-* | *1* | *5* | *36* | *165* | *502* | *1128* | *2352* | *4484* |
| *Киров* | *-* | *-* | *6* | *61* | *173* | *428* | *960* | *1750* | *2790* | *4080* | *5550* |
| *Кишинев* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *2* | *46* | *226* | *615* | *2140* | *3980* |
| *Курск* | *-* | *-* | *-* | *3* | *15* | *97* | *343* | *872* | *1740* | *3260* | *4750* |
| *Луганск* | *-* | *-* | *-* | *1* | *8* | *61* | *222* | *605* | *1260* | *2760* | *4320* |
| *Львов* | *-* | *-* | *-* | *-* | *1* | *7* | *40* | *210* | *705* | *2260* | *4400* |
| *Магнитогорск* | *-* | *7* | *26* | *65* | *190* | *566* | *1250* | *2560* | *3360* | *4100* | *5250* |
| *Махачкала* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *3* | *18* | *72* | *260* | *1030* | *3620* |
| *Минск* | *-* | *-* | *-* | *4* | *19* | *71* | *232* | *635* | *1344* | *2745* | *4860* |
| *Москва* | *-* | *-* | *3* | *15* | *47* | *172* | *418* | *905* | *1734* | *3033* | *4910* |
| *Мурманск* | *-* | *-* | *-* | *6* | *38* | *135* | *452* | *1117* | *2276* | *4002* | *6740* |
| *Н. Новгород* | *-* | *-* | *2* | *25* | *99* | *281* | *685* | *1350* | *2320* | *3820* | *5230* |
| *Н. Тагил* | *-* | *5* | *19* | *50* | *154* | *465* | *1030* | *2340* | *3300* | *4080* | *5700* |
| *Новороссийск* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *3220* |
| *Одесса* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *5* | *26* | *156* | *544* | *1950* | *3960* |
| *Оренбург* | *-* | *-* | *5* | *35* | *166* | *500* | *1060* | *1810* | *2640* | *3770* | *4820* |
| *Орск* | *-* | *-* | *3* | *30* | *202* | *620* | *1250* | *2010* | *2760* | *3900* | *4890* |
| *Пенза* | *-* | *-* | *2* | *11* | *55* | *232* | *670* | *1420* | *2390* | *3670* | *4950* |
| *Пермь* | *-* | *3* | *15* | *75* | *220* | *504* | *1050* | *1840* | *2850* | *4080* | *5420* |
| *Петрозаводск* | *-* | *-* | *-* | *4* | *40* | *172* | *480* | *1070* | *2050* | *3890* | *5690* |
| *Рига* | *-* | *-* | *-* | *-* | *2* | *17* | *94* | *362* | *935* | *2880* | *4920* |
| *Ростов-на-Дону* | *-* | *-* | *-* | *-* | *5* | *41* | *178* | *494* | *1130* | *2720* | *4200* |
| *Рязань* | *-* | *-* | *1* | *13* | *58* | *187* | *540* | *1170* | *2080* | *3620* | *5100* |
| *Самара* | *-* | *-* | *1* | *10* | *114* | *400* | *890* | *1490* | *2360* | *3780* | *4950* |
| *С-Петербург* | *-* | *-* | *-* | *-* | *21* | *83* | *273* | *708* | *1533* | *2878* | *5240* |
| *Саратов* | *-* | *-* | *-* | *2* | *38* | *232* | *665* | *1320* | *2200* | *2570* | *4780* |
| *Смоленск* | *-* | *-* | *-* | *2* | *23* | *112* | *381* | *964* | *1852* | *3241* | *5050* |
| *Таллинн* | *-* | *-* | *-* | *-* | *1* | *19* | *136* | *453* | *1132* | *2439* | *5300* |
| *Тбилиси* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *3650* |
| *Тверь* | *-* | *-* | *-* | *14* | *48* | *160* | *516* | *1080* | *2020* | *3620* | *5250* |
| *Тула* | *-* | *-* | *2* | *10* | *24* | *70* | *206* | *456* | *2440* | *3500* | *4960* |
| *Ульяновск* | *-* | *-* | *-* | *12* | *94* | *330* | *800* | *1560* | *2420* | *3660* | *5110* |
| *Уральск* | *-* | *-* | *2* | *17* | *98* | *362* | *855* | *1570* | *2380* | *3620* | *4770* |
| *Уфа* | *-* | *-* | *5* | *40* | *160* | *436* | *980* | *1780* | *2770* | *3900* | *5060* |
| *Харьков* | *-* | *-* | *-* | *1* | *10* | *55* | *254* | *656* | *1420* | *3060* | *4550* |
| *Челябинск* | *-* | *-* | *7* | *39* | *166* | *520* | *1110* | *1950* | *2980* | *3920* | *5180* |
| *Азиатская часть* | | | | | | | | | | | |
| *Актюбинск* | *-* | *-* | *1* | *22* | *154* | *480* | *1060* | *1760* | *2610* | *3800* | *4900* |
| *Алма-Ата* | *-* | *-* | *12* | *31* | *122* | *300* | *622* | *1102* | *1810* | *2820* | *4000* |
| *Барнаул* | *1* | *12* | *52* | *170* | *415* | *792* | *1430* | *2260* | *3120* | *4130* | *5250* |
| *Владивосток* | *-* | *-* | *-* | *-* | *2* | *91* | *518* | *1350* | *2210* | *3320* | *4820* |
| *Иркутск* | *-* | *7* | *58* | *172* | *458* | *864* | *1730* | *2600* | *3300* | *4320* | *5780* |
| *Караганда* | *-* | *3* | *35* | *109* | *276* | *584* | *1070* | *1870* | *2820* | *4020* | *5080* |
| *Красноярск* | *1* | *18* | *82* | *210* | *468* | *828* | *1360* | *2110* | *3000* | *4050* | *5650* |
| *Кустанай* | *-* | *3* | *8* | *75* | *320* | *776* | *1430* | *2220* | *3080* | *4050* | *5110* |
| *Минусинск* | *-* | *25* | *105* | *282* | *600* | *1065* | *1660* | *2390* | *3140* | *4130* | *5430* |
| *Новосибирск* | *-* | *15* | *89* | *205* | *488* | *910* | *1550* | *2430* | *3290* | *4270* | *5450* |
| *Омск* | *1* | *6* | *64* | *195* | *485* | *950* | *1660* | *2480* | *3310* | *4250* | *5280* |
| *Самарканд* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *10* | *74* | *298* | *744* | *3170* |
| *Семипалатинск* | *-* | *6* | *49* | *130* | *320* | *692* | *1280* | *2000* | *2860* | *3860* | *4850* |
| *Ташкент* | *-* | *-* | *-* | *-* | *-* | *7* | *54* | *178* | *459* | *1206* | *3120* |
| *Тобольск* | *-* | *6* | *43* | *158* | *386* | *820* | *1500* | *2360* | *3290* | *4070* | *5500* |
| *Томск* | *3* | *17* | *82* | *228* | *500* | *932* | *1600* | *2500* | *3360* | *4400* | *5600* |
| *Тюмень* | *-* | *5* | *25* | *118* | *294* | *670* | *1270* | *2120* | *3050* | *4050* | *5280* |
| *Хабаровск* | *-* | *-* | *2* | *53* | *348* | *1050* | *1880* | *2600* | *3240* | *3900* | *4920* |
| *Чита* | *-* | *22* | *146* | *478* | *1050* | *1800* | *2540* | *3160* | *3340* | *4400* | *5760* |

**Приложение №3. Среднемесячные температуры наружного воздуха для ряда городов бывшего СССР (по данным СНиП II – А – 6 – 72. Строительная климатология и геофизика).**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Город* | *Среднемесячные температуры воздуха, С* | | | | | | | | | |
| *Сент.* | *Окт.* | *Ноябрь* | *Дек.* | *Янв.* | *Фев.* | *Март* | *Апр.* | *Май* | *Июнь* |
| *Архангельск* | *+8,1* | *+1,4* | *-4,5* | *-9,81* | *-12,5* | *-12,0* | *-8,0* | *-0,6* | *+5,6* | *+12,3* |
| *Астрахань* | *+17,3* | *+9,8* | *+2,1* | *-3,5* | *-6,8* | *-5,8* | *+0,1* | *+9,6* | *+17,8* | *+22,8* |
| *Барнаул* | *+10,8* | *+2,6* | *-8,2* | *-15,2* | *-17,7* | *-16,3* | *-9,5* | *+1,8* | *+11,3* | *+17,4* |
| *Брянск* | *+11,4* | *+5,1* | *-0,8* | *-6,0* | *-8,5* | *-8,3* | *-3,6* | *+5,2* | *+12,6* | *+16,6* |
| *Великие Луки* | *+10,3* | *+4,9* | *-0,6* | *-5,7* | *-8,2* | *-7,9* | *-3,9* | *+4,4* | *+11,4* | *+15,1* |
| *Волгоград* | *+16,1* | *+7,8* | *0,0* | *-6,1* | *-9,2* | *-8,7* | *-2,3* | *+8,3* | *+16,7* | *+21,6* |
| *Вологда* | *+9,0* | *+2,5* | *-3,6* | *-9,2* | *-11,8* | *-11,4* | *-6,4* | *+2,1* | *+9,5* | *+14,4* |
| *Воронеж* | *+12,8* | *+5,6* | *-1,1* | *-6,7* | *-9,3* | *-9,2* | *-4,1* | *+5,9* | *+14,0* | *+18,0* |
| *Гурьев* | *+16,6* | *+8,1* | *-0,2* | *-6,0* | *-10,1* | *-9,1* | *-2,2* | *+8,9* | *+17,8* | *+23,1* |
| *Екатеринбург* | *+9,2* | *+1,3* | *-7,1* | *-13,3* | *-15,3* | *-13,4* | *-7,3* | *+2,6* | *+10,1* | *+15,6* |
| *Енисейск* | *+8,3* | *-0,4* | *-12,5* | *-20,9* | *-22,0* | *-19,0* | *-10,6* | *-0,9* | *+7,1* | *+15,0* |
| *Златоуст* | *+8,4* | *+0,9* | *-7,5* | *-13,5* | *-15,4* | *-13,8* | *-8,0* | *+1,8* | *+9,8* | *+14,8* |
| *Иваново* | *+9,6* | *+3,1* | *-3,5* | *-9,3* | *-11,8* | *-11,3* | *-6,2* | *+2,8* | *+10,6* | *+15,2* |
| *Иркутск* | *+8,1* | *+0,5* | *-10,8* | *-18,7* | *-20,9* | *-18,3* | *-9,7* | *+1,0* | *+8,4* | *+14,8* |
| *Казань* | *+10,7* | *+3,2* | *-4,7* | *-11,0* | *-13,5* | *-12,9* | *-7,0* | *+3,3* | *+12,1* | *+16,9* |
| *Каранганда* | *+11,7* | *+2,8* | *-7,0* | *-13,3* | *-15,1* | *-14,5* | *-8,7* | *+3,0* | *+12,4* | *+17,9* |
| *Киев* | *+13,9* | *+7,5* | *+1,2* | *-3,5* | *-5,9* | *-5,2* | *-0,4* | *+7,5* | *+14,7* | *+17,8* |
| *Киров* | *+9,0* | *+1,5* | *-6,0* | *-12,0* | *-14,2* | *-13,1* | *-7,1* | *+2,0* | *+9,8* | *+15,5* |
| *Красноярск* | *+9,9* | *+1,4* | *-9,1* | *-15,9* | *-17,1* | *-14,7* | *-7,6* | *+1,3* | *+8,8* | *+15,8* |
| *Махачкала* | *+19,3* | *+13,6* | *+7,0* | *+2,3* | *-0,4* | *+0,1* | *+3,4* | *+9,2* | *+16,3* | *+21,5* |
| *Мичуринск* | *+12,1* | *+5,2* | *-2,0* | *-7,6* | *-10,8* | *-10,2* | *-5,1* | *+4,9* | *+13,6* | *+17,8* |
| *Москва* | *+11,7* | *+5,0* | *-1,6* | *-6,9* | *-9,4* | *-8,5* | *-3,6* | *+4,9* | *+12,9* | *+17,0* |
| *Н.Новгород* | *+10,7* | *+3,2* | *-3,6* | *-9,2* | *-12,0* | *-11,6* | *-5,6* | *+3,4* | *+11,2* | *+16,3* |
| *Н.Тагил* | *+8,2* | *+0,5* | *-7,6* | *-14,0* | *-16,1* | *-14,1* | *-8,3* | *+1,8* | *+8,7* | *+14,2* |
| *Николаев* | *+16,7* | *+10,2* | *+3,8* | *-1,2* | *-3,6* | *-2,9* | *+2,0* | *+9,2* | *+16,2* | *+20,1* |
| *Новокузнецк* | *+10,0* | *+2,1* | *-8,5* | *-15,6* | *-17,8* | *-15,6* | *-8,4* | *+1,4* | *+9,8* | *+16,2* |
| *Новороссийск* | *+19,2* | *+14,2* | *+8,6* | *+5,0* | *+2,6* | *+2,7* | *+5,8* | *+10,6* | *+15,9* | *+20,2* |
| *Новосибирск* | *+9,9* | *+1,5* | *-9,7* | *-16,9* | *-19,0* | *-17,2* | *-10,7* | *-0,1* | *+10,0* | *+16,3* |
| *Одесса* | *+16,9* | *+11,4* | *+5,3* | *+0,2* | *-2,5* | *-2,0* | *+2,0* | *+8,2* | *+15,0* | *+19,4* |
| *Омск* | *+10,4* | *+1,4* | *-8,9* | *-16,5* | *-19,2* | *-17,8* | *-11,8* | *+1,3* | *+10,7* | *+16,6* |
| *Оренбург* | *+13,3* | *+4,6* | *-4,4* | *-11,5* | *-14,8* | *-14,2* | *-7,7* | *+4,7* | *+14,7* | *+19,8* |
| *Пермь* | *+9,4* | *+1,6* | *-6,6* | *-12,9* | *-15,1* | *-13,4* | *-7,2* | *+2,6* | *+10,2* | *+16,0* |
| *Петрозаводск* | *+9,2* | *+3,3* | *-2,1* | *-7,1* | *-9,7* | *-9,8* | *-5,9* | *+1,2* | *+7,6* | *+13,5* |
| *Пятигорск* | *+15,6* | *+9,5* | *+2,8* | *-1,8* | *-4,1* | *-3,2* | *+1,1* | *+8,3* | *+14,7* | *+18,7* |
| *Ростов-на-Дону* | *+16,2* | *+9,2* | *+2,2* | *-3,1* | *-5,7* | *-5,1* | *+0,2* | *+9,0* | *+16,4* | *+20,0* |
| *Рязань* | *+11,2* | *+4,2* | *-2,6* | *-8,2* | *-11,1* | *-10,4* | *-5,4* | *+4,1* | *+12,6* | *+16,7* |
| *Самара* | *+12,4* | *+4,2* | *-4,1* | *-10,7* | *-13,8* | *-13,0* | *-6,8* | *+4,6* | *+14,0* | *+18,7* |
| *С-Петербург* | *+10,8* | *+4,8* | *-0,5* | *-5,1* | *-7,7* | *-7,9* | *-4,2* | *+3,0* | *+9,6* | *+14,8* |
| *Саратов* | *+14,1* | *+5,7* | *-2,4* | *-8,7* | *-11,9* | *-11,3* | *-5,2* | *+5,8* | *+15,1* | *+20,0* |
| *Семипалатинск* | *+13,4* | *+4,6* | *-6,4* | *-13,5* | *-16,2* | *-15,4* | *-8,5* | *+4,5* | *+14,1* | *+20,0* |
| *Сочи* | *+19,1* | *+14,8* | *+10,4* | *+7,2* | *+4,9* | *+5,3* | *+7,6* | *+11,1* | *+15,7* | *+19,7* |
| *Ташкент* | *+19,4* | *+12,6* | *+6,4* | *+1,6* | *-0,9* | *+2,0* | *+7,6* | *+14,4* | *+20,0* | *+24,7* |
| *Тверь* | *+9,9* | *+3,9* | *-2,2* | *-7,3* | *-10,4* | *-10,0* | *-5,2* | *+3,3* | *+11,0* | *+14,8* |
| *Тобольск* | *+9,5* | *+0,8* | *-9,3* | *-16,4* | *-18,5* | *-16,1* | *-9,2* | *+1,3* | *+9,1* | *+15,8* |
| *Томск* | *+9,2* | *+0,9* | *-10,4* | *-17,5* | *-19,2* | *-16,7* | *-10,1* | *-0,1* | *+8,6* | *+15,3* |
| *Тюмень* | *+10,1* | *+1,8* | *-7,4* | *-14,4* | *-16,6* | *-14,8* | *-8,0* | *+2,7* | *+10,7* | *+16,7* |
| *Уральск* | *+13,7* | *+5,1* | *-3,6* | *-10,6* | *-14,2* | *-13,8* | *-7,3* | *+5,5* | *+14,9* | *+20,2* |
| *Уфа* | *+11,4* | *+3,0* | *-5,5* | *-11,9* | *-14,1* | *-13,4* | *-6,7* | *+4,0* | *+12,8* | *+17,7* |
| *Харьков* | *+14,0* | *+7,1* | *+0,3* | *-4,8* | *-7,3* | *-6,9* | *-1,7* | *+7,7* | *+15,1* | *+18,6* |
| *Челябинск* | *+10,8* | *+2,4* | *-6,4* | *-13,0* | *-15,5* | *-14,3* | *-7,9* | *+3,1* | *+11,9* | *+17,3* |
| *Ялта* | *+19,1* | *+14,2* | *+9,3* | *+6,1* | *+4,0* | *+3,8* | *+5,9* | *+10,3* | *+15,6* | *+20,3* |

Приложение №4. Укрупненные показатели максимального теплового потока на отопление жилых зданий

на 1 м2 общей площади q o, Вт

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Этажность жилой застройки | Характеристика зданий | расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления t o, oC | | | | | | | | | | |
| -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | -45 | -50 | -55 |
| Для постройки до 1985 г. | | | | | | | | | | | | |
| 1 - 2 | Без учета внедрения энергосберегающих мероприятий | 148 | 154 | 160 | 205 | 213 | 230 | 234 | 237 | 242 | 255 | 271 |
| 3 - 4 | 95 | 102 | 109 | 117 | 126 | 134 | 144 | 150 | 160 | 169 | 179 |
| 5 и более | 65 | 70 | 77 | 79 | 86 | 88 | 98 | 102 | 109 | 115 | 122 |
| 1 - 2 | С учетом внедрения энергосберегающих мероприятий | 147 | 153 | 160 | 194 | 201 | 218 | 222 | 225 | 230 | 242 | 257 |
| 3 - 4 | 90 | 97 | 103 | 111 | 119 | 128 | 137 | 140 | 152 | 160 | 171 |
| 5 и более | 65 | 69 | 73 | 75 | 82 | 88 | 92 | 96 | 103 | 109 | 116 |
| Для постройки после 1985 г. | | | | | | | | | | | | |
| 1 - 2 | По новым типовым проектам | 145 | 152 | 159 | 166 | 173 | 177 | 180 | 187 | 194 | 200 | 208 |
| 3 - 4 | 74 | 80 | 86 | 91 | 97 | 101 | 103 | 109 | 116 | 123 | 130 |
| 5 и более | 65 | 67 | 70 | 73 | 81 | 87 | 87 | 95 | 100 | 102 | 108 |

Примечание:

1. Энергосберегающие мероприятия обеспечиваются проведением работ по утеплению зданий при капитальных и текущих ремонтах,
2. направленных на снижение тепловых потерь.
3. Укрупненные показатели зданий по новым типовым проектам приведены с учетом внедрения прогрессивных архитектурно-планировочных решений
4. и применение строительных конструкций с улучшенными теплофизическими свойствами, обеспечивающими снижение тепловых потерь.

Приложение №5. Укрупненные показатели среднего теплового потока на горячее водоснабжение q h

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Средняя за отопительный период норма расхода воды при температуре 55 оС на горячее водоснабжение в сутки на 1 чел., проживающего в здании с горячим водоснабжением, л* | *на одного человека, Вт, проживающего в здании* | | |
| *с горячим водоснабжением* | *с горячим водоснабжением с учетом потребления в общественных зданиях* | *без горячего водоснабжения с учетом потребления в общественных зданиях* |
| *85* | *247* | *320* | *73* |
| *90* | *259* | *332* | *73* |
| *105* | *305* | *376* | *73* |
| *115* | *334* | *407* | *73* |

**Приложение №6. Удельные тепловые характеристики жилых и общественных зданий**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Наименование зданий* | *Объем зданий,*  *V, тыс.м* | *Удельные тепловые хар-ки, Вт/м* | | *Расчетная темп-ра tв*  *С* |
|  |  |
| *жилые кирпичные здания* | *до 5*  *до 10*  *до 15*  *до 20*  *до 30* | *0.44*  *0.38*  *0.34*  *0.32*  *0.32* | - | 18 - 20 |
| *жилые 5-ти этажные крупно-блочные здания, жилые 9-ти этажные крупно-панельные здания* | *до 6*  *до 12*  *до 16*  *до 25*  *до 40* | *0.49*  *0.43*  *0.42*  *0.43*  *0.42* | - | 18 - 20 |
| *административные здания* | *до 5*  *до 10*  *до 15*  *Более 15* | *0.50*  *0.44*  *0.41*  *0.37* | *0.10*  *0.09*  *0.08*  *0.21* | *18* |
| *клубы, дома культуры* | *до 5*  *до 10*  *Более 10* | *0.43*  *0.38*  *0.35* | *0.29*  *0.27*  *0.23* | *16* |
| *кинотеатры* | *до 5*  *до 10*  *более 10* | *0.42*  *0.37*  *0.35* | *0.50*  *0.45*  *0.44* | *14* |
| *театры , цирки, концертные и зрелищно-спортивные залы* | *до 10*  *до 15*  *до 20*  *до 30* | *0.34*  *0.31*  *0.25*  *0.23* | *0.47*  *0.46*  *0.44*  *0.42* | *15* |
| *универмаги, магазины промтоварные* | *до 5*  *до 10*  *Более 10* | *0.44*  *0.38*  *0.36* | *0.50*  *0.40*  *0.32* | *15* |
| *магазины продовольственные* | *до 1500*  *до 8000* | *0.60*  *0.45* | *0.70*  *0.50* | *12* |
| *детские сады и ясли* | *до 5*  *Более 5* | *0.44*  *0.39* | *0.13*  *0.12* | *20* |
| *школы и высшие учебные заведения* | *до 5*  *до 10*  *Более 10* | *0.45*  *0.41*  *0.38* | *0.10*  *0.09*  *0.08* | *16* |
| *больницы и диспансеры* | *до 5*  *до10*  *до 15*  *Более 15* | *0.46*  *0.42*  *0.37*  *0.35* | *0.34*  *0.32*  *0.30*  *0.29* | *20* |
| *бани, душевые павильоны* | *До 5*  *До 10*  *Более 10* | *0.32*  *0.36*  *0.27* | *1.16*  *1.10*  *1.04* | *25* |
| *прачечные* | *до 5*  *до 10*  *Более 10* | *0.44*  *0.38*  *0.36* | *0.93*  *0.90*  *0.87* | *15* |
| *предприятия общественного питания, столовые, фабрики-кухни* | *до 5*  *до 10*  *Более 10* | *0.41*  *0.38*  *0.35* | *0.81*  *0.75*  *0.70* | *16* |
| *комбинаты бытового обслуживания, дома быта* | *до 0.5*  *До 7* | *0.70*  *0.50* | *0.80*  *0.55* | *18* |

**Приложение №7. Значения коэффициента .**

|  |  |
| --- | --- |
| *Теплопотребитель* |  |
| *Жилищно-коммунальный сектор в промышленном городе* | *0.8* |
| *Жилищно-коммунальный сектор в южном (курортном) городе* | *1.5* |
| *Промышленное предприятие* | *1.0* |

**Приложение №8. Удельные теплопотери  и удельные расходы теплоты на вентиляцию  промышленных, служебных зданий (для ориентировочных расчетов).**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Промышленные здания*** | | | |
| *Назначение*  *зданий* | *Строительный объем зданий, тыс.м* | *Удельная характеристика,* | |
| *для отопления* | *для вентиляции* |
| *Чугунолитейные цехи* | *10-50*  *50-100*  *100-150* | *0,35-0,29*  *0,29-0,25*  *0,25-0,21* | *1,28-1,17*  *1,17-1,05*  *1,05-0,95* |
| *Сталелитейные цехи* | *10-50*  *50-100*  *100-150* | *0,35-0,29*  *0,29-0,25*  *0,25-0,21* | *1,12-0,97*  *0,97-0,85*  *0,86-0,8* |
| *Меднолитейные цехи* | *5-10*  *10-20*  *20-30* | *0,47-0,42*  *0,42-0,29*  *0,29-0,24* | *2,8-2,36*  *2,36-1,86*  *1,86-1,38* |
| *Термические цехи* | *До 10*  *10-30*  *30-75* | *0,47-0,35*  *0,35-0,29*  *0,29-0,24* | *1,52-1,40*  *1,40-1,17*  *1,17-0,70* |
| *Кузнечные цехи* | *До 10*  *10-50*  *50-100* | *0,47-0,35*  *0,35-0,29*  *0,29-0,18* | *0,80-0,70*  *0,70-0,58*  *0,58-0,35* |
| *Механосборочные и механические цехи, слесарные мастерские* | *5-10*  *10-50*  *50-100*  *100-200* | *0,65-0,53*  *0,53-0,47*  *0,47-0,44*  *0,44-0,42* | *0,47-0,29*  *0,29-0,17*  *0,17-0,14*  *0,14-0,10* |
| *Деревообделочные цехи* | *До 5*  *5-10*  *10-50* | *0,69-0,64*  *0,64-0,53*  *0,53-0,47* | *0,69-0,58*  *0,58-0,53*  *0,53-0,47* |
| *Цехи металлических покрытий* | *50-100*  *100-150* | *0,45-0,42*  *0,42-0,35* | *0,61-0,53*  *0,53-0,42* |
| *Цехи покрытий металлами* | *До 2*  *2-5*  *5-10* | *0,75-0,69*  *0,69-0,64*  *0,64-0,53* | *5,85-4,70*  *4,70-3,45*  *3,45-2,36* |
| *Ремонтные цехи* | *5-10*  *10-20* | *0,69-0,58*  *0,58-0,53* | *0,23-0,18*  *0,18-0,12* |
| *Локомотивное депо* | *До 5*  *5-10* | *0,81-0,75*  *0,75-0,69* | *0,47-0,35*  *0,35-0,29* |
| *Склады химикатов, красок и т.п.* | *До 1*  *1-2*  *2-5* | *1,0-0,86*  *0,86-0,75*  *0,75-0,67* | *-*  *-*  *0,7-0,53* |
| *Склады моделей и главные магазины* | *1-2*  *2-5*  *5-10* | *0,95-0,80*  *0,80-0,70*  *0,70-0,53* | *-*  *-*  *-* |
| *Бытовые и административные вспомогательные помещения* | *0,5-1*  *1-2*  *2-5*  *5-10*  *10-20* | *0,70-0,53*  *0,53-0,47*  *0,47-0,39*  *0,39-0,35*  *0,35-0,29* | *-*  *-*  *0,17-0,14*  *0,14-0,13*  *0,13-0,11* |
| *Проходные* | *До 0,5*  *0,5-2,0*  *2-5* | *1,53-1,40*  *1,40-0,80*  *0,80-0,58* | *-*  *-*  *0,18-0,12* |
| *Казармы и помещения ВОХР* | *5-10*  *10-15* | *0,44-0,39*  *0,39-0,36* | *-*  *-* |

**Приложение №9. Поправочный коэффициент  к величине .**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Расчетная температура наружного воздуха , °С* | *α* | *Расчетная температура наружного воздуха t o ,°С* | *α* |
| *0* | *2.02* | *-30* | *1.00* |
| *-5* | *1.67* | *-35* | *0.95* |
| *-10* | *1.45* | *-40* | *0.90* |
| *-15* | *1.29* | *-45* | *0.85* |
| *-20* | *1.17* | *-50* | *0.82* |
| *-25* | *1.08* | *-55* | *0.80* |

**Приложение №10. Нормы расхода горячей воды (СНиП 02.04.01-85 “Внутренний водопровод и канализация зданий”)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Потребитель* | *Единица измерения* | *Расход* | | |
| *Средне-недельный, л/сут* | *в сутки наибольшего водопотребления, л/сут* | *максимально часовой, л/ч* |
| *Жилые дома квартирного типа, оборудованные:*  *умывальниками, мойками и душами*  *сидячими ваннами и душами*  *ваннами длиной от 1,5м до 1,7м и душами* | *1 житель* | *85*  *90*  *105* | *100*  *110*  *120* | *7,9*  *9,2*  *10* |
| *Жилые дома квартирного типа при высоте зданий более 12 этажей и повышенном благоустройстве* |  | *115* | *130* | *10,9* |
| *Общежития:*  *с общими душевыми*  *с душевыми во всех комнатах*  *с общими кухнями и блоками душевых на этажах* | *1 житель* | *50*  *60*  *80* | *60*  *70*  *90* | *6,3*  *8,2*  *7,5* |
| *Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами* | *1 житель* | *70* | *70* | *8,2* |
| *Гостиницы с ваннами в отдельных номерах:*  *в 25% от общего числа номеров*  *то же в 75%*  *во всех номерах* | *1 житель* | *100*  *150*  *180* | *100*  *150*  *180* | *10,4*  *15*  *16* |
| *Больницы:*  *с общими ваннами и душевыми*  *с санитарными узлами, приближенными к палатам*  *инфекционные* | *1 койка* | *75*  *90*  *110* | *75*  *90*  *110* | *5,4*  *7,7*  *9,5* |
| *Санатории и дома отдыха:*  *с ваннами при всех жилых комнатах*  *с душевыми при всех жилых комнатах* | *1 койка* | *120*  *75* | *120*  *75* | *4,9*  *8,2* |
| *Поликлиники и амбулатории* | *1 больной в смену* | *5,2* | *6* | *1,2* |
| *Прачечные:*  *механизированные*  *немеханизированные* | *1кг сухого белья* | *25*  *15* | *25*  *15* | *25*  *15* |
| *Административные здания* | *1 работник* | *5* | *7* | *2* |
| *Учебные заведения с душевыми при гимнастических залах и буфетами* | *1 учащийся и 1 препода-ватель* | *6* | *8* | *1,2* |
| *Профессионально-технические училища* | *то же* | *8* | *9* | *1,4* |
| *Предприятия общественного питания:*  *для приготовления пищи, реализуемой в обеденном зале*  *то же продаваемой на дом* | *1 блюдо* | *12,7*  *11,2* | *12,7*  *11,2* | *12,7*  *11,2* |
| *Магазины:*  *продовольственные*  *промтовары* | *1 работа-ющий в смену* | *65*  *5* | *65*  *7* | *9,6*  *2* |
| *Стадионы и спортзалы:*  *для зрителей*  *для физкультурников*  *для спортсменов* | *1 место*  *1 физкуль-турник*  *1 спортсмен* | *1*  *30*  *60* | *1*  *30*  *60* | *0,1*  *2,5*  *5* |
| *Бани:*  *для мытья в мыльной с ополаскиванием в душе*  *то же с приемом оздоровительных процедур*  *душевая кабина*  *ванная кабина* |  | *-*  *-*  *-*  *-* | *120*  *190*  *240*  *360* | *120*  *190*  *240*  *360* |
| *Душевые в бытовых помещениях промышленных предприятий* | *1 душевая сетка в смену* | *-* | *270* | *270* |

**Приложение №11. Значение коэффициента .**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Типы компенсаторов* | *Условный проход труб Dу , мм* | *Значения коэффициента * | |
| *Для паропроводов* | *Для водяных тепловых сетей и конденсатопроводов* |
| *Транзитные магистрали* | | | |
| *Сальниковые* | *До 1000* | *0,2* | *0,2* |
| *П-образные с гнутыми отводами* | *До 300* | *0,5* | *0,3* |
| *П-образные со сварными отводами* | *200-350*  *400-500*  *600-1000* | *0,7*  *0,9*  *1,2* | *0,5*  *0,7*  *1* |
| *Разветвленные тепловые сети* | | | |
| *Сальниковые* | *До 400*  *450-1000* | *0,4*  *0,5* | *0,3*  *0,4* |
| *П-образные с гнутыми отводами* | *До 150*  *175-200*  *250-300* | *0,5*  *0,6*  *0,8* | *0,3*  *0,4*  *0,6* |
| *П-образные со сварными отводами* | *175-250*  *300-350*  *400-500*  *600-1000* | *0,8*  *1*  *1*  *1,2* | *0,6*  *0,8*  *0,9*  *1* |

**Приложение №12. Удельные перепады давления ΔРтр, Па/м, в стальных трубах при нормированной шероховатости кэ=0.0005 м и различных массовых расходах воды с температурой 100 °С.**

***Продолжение***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Массовые расходы воды, G кг/с* | *Услов. проход труб D, мм* | | | *Массовые расходы воды, G кг/с* | *Услов. проход труб D, мм* | | | *Массовые расходы воды, G кг/с* | *Условный проход труб D, мм* | | | |
| *350* | *400* | *500* | *600* | *700* | *800* | *900* | *1000* | *1200* | *1400* |
|  | | |  | | |  | | | |
| *3779* | *4269* | *5309* | *63011* | *72012* | *82014* | *92014* | *102014* | *122014* | *142016* |
| *40* | *4,31* | *-* | *-* | *200* | *7* | *-* | *-* | *500* | *5,98* | *-* | *-* | *-* |
| *50* | *6,73* | *-* | *-* | *250* | *10,9* | *5,45* | *-* | *600* | *8,61* | *4,98* | *-* | *-* |
| *60* | *9,69* | *5,14* | *-* | *300* | *15,7* | *7,84* | *-* | *700* | *11,7* | *6,77* | *-* | *-* |
| *70* | *13,2* | *7,00* | *-* | *350* | *21,4* | *10,7* | *5,34* | *800* | *15,3* | *8,85* | *-* | *-* |
| *80* | *17,2* | *9,15* | *-* | *400* | *28* | *13,9* | *6,97* | *900* | *19,4* | *11,2* | *-* | *-* |
| *90* | *21,8* | *11,6* | *-* | *450* | *35,4* | *17,6* | *8,42* | *1000* | *23,9* | *13,8* | *5,4* | *-* |
| *100* | *26,9* | *14,3* | *-* | *500* | *43,7* | *21,8* | *10,9* | *1200* | *34,4* | *19,9* | *7,78* | *-* |
| *110* | *32,6* | *17,3* | *-* | *550* | *52,9* | *26,4* | *13,2* | *1400* | *46,9* | *27,1* | *10,6* | *4,78* |
| *120* | *38,8* | *20,6* | *-* | *600* | *63* | *31,4* | *15,7* | *1600* | *61,2* | *35,4* | *13,8* | *6,24* |
| *130* | *45,5* | *24,2* | *-* | *650* | *73* | *36,8* | *18,4* | *1800* | *77,5* | *44,8* | *17,,5* | *7,9* |
| *140* | *52,7* | *28,0* | *-* | *700* | *85,7* | *42,7* | *21,4* | *2000* | *95,7* | *55,3* | *21,1* | *9,75* |
| *150* | *60,6* | *32,2* | *9,93* | *750* | *98,4* | *49* | *24,5* | *2200* | *116* | *66,9* | *26,1* | *11,8* |
| *160* | *68,9* | *36,6* | *11,3* | *800* | *112* | *55,8* | *27,5* | *2400* | *138* | *79,6* | *31,1* | *14* |
| *170* | *77,8* | *41,3* | *12,6* | *850* | *126* | *63* | *31,5* | *2600* | *162* | *93,4* | *36,5* | *16,5* |
| *180* | *87,2* | *46,3* | *14,3* | *900* | *142* | *70,6* | *35,3* | *2800* | *188* | *108* | *42,3* | *19,1* |
| *190* | *97,2* | *51,6* | *15,9* | *950* | *158* | *79,7* | *39,3* | *3000* | *215* | *124* | *48,6* | *21,9* |
| *200* | *108* | *57,2* | *17,6* | *1000* | *175* | *87,1* | *43,6* | *3200* | *245* | *142* | *55,3* | *25* |
| *220* | *130* | *69,9* | *21,4* | *1100* | *212* | *105* | *52,7* | *3400* | *276* | *160* | *62,4* | *28,2* |
| *240* | *155* | *82,3* | *25,4* | *1200* | *252* | *125* | *62,8* | *3600* | *310* | *179* | *70* | *31,6* |
| *260* | *182* | *96,6* | *29,8* | *1300* | *296* | *147* | *73,6* | *3800* | *345* | *200* | *78* | *35,2* |
| *280* | *211* | *112* | *34,6* | *1400* | *343* | *171* | *85,4* | *4000* | *383* | *221* | *86,4* | *39* |
| *300* | *242* | *129* | *39,7* | *1500* | *394* | *196* | *98* | *4500* | *484* | *280* | *109* | *49,3* |
| *320* | *276* | *146* | *45,2* | *1600* | *449* | *223* | *112* | *5000* | *-* | *346* | *135* | *60,9* |
| *340* | *311* | *165* | *51,0* | *1700* | *506* | *252* | *126* | *5500* | *-* | *418* | *163* | *73,7* |
| *360* | *349* | *185* | *57,2* | *1800* | *-* | *282* | *141* | *6000* | *-* | *498* | *194* | *87,7* |
| *380* | *389* | *206* | *63,7* | *1900* | *-* | *315* | *157* | *6500* | *-* | *-* | *220* | *103* |
| *400* | *431* | *229* | *70,6* | *2000* | *-* | *349* | *174* | *7000* | *-* | *-* | *265* | *119* |
| *450* | *545* | *289* | *89,3* | *2200* | *-* | *427* | *211* | *7500* | *-* | *-* | *304* | *137* |
| *500* | *-* | *357* | *110* | *2400* | *-* | *501* | *251* | *8000* | *-* | *-* | *346* | *156* |
| *550* | *-* | *432* | *133* | *2600* | *-* | *-* | *295* | *8500* | *-* | *-* | *390* | *176* |
| *600* | *-* | *515* | *159* | *2800* | *-* | *-* | *342* | *9000* | *-* | *-* | *437* | *197* |
| *650* | *-* | *-* | *189* | *3000* | *-* | *-* | *392* | *9500* | *-* | *-* | *487* | *220* |
| *700* | *-* | *-* | *216* | *3200* | *-* | *-* | *446* | *10000* | *-* | *-* | *540* | *244* |
| *750* | *-* | *-* | *248* | *3400* | *-* | *-* | *504* | *11000* | *-* | *-* | *-* | *295* |
| *800* | *-* | *-* | *282* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *850* | *-* | *-* | *319* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *900* | *-* | *-* | *357* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *950* | *-* | *-* | *398* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Приложение №13. Значения коэффициентов местных сопротивлений.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Местное сопротивление* | *ξ* | *Местное сопротивление* | *ξ* |
| *Задвижка нормальная* | *0.5* | *Отводы сварные двухшовные под углом 90* | *0.6* |
| *Вентиль с косым шпинделем* | *0.5* |
| *Вентиль с вертикальным шпинделем* | *6* |
| *Обратный клапан нормальный* | *7* | *Отводы сварные трехшовные под углом 90* | *0.5* |
| *Обратный клапан “захлопка”* | *3* | *Отводы гнутые под углом 90 гладкие при R/d:*  *1*  *3*  *4* | *1*  *0.5*  *0.3* |
| *Кран проходной* | *2* |
| *Компенсатор сальниковый* | *0.3* |
| *Компенсатор П-образный:*  *с гладкими отводами*  *с крутоизогнутыми отводами*  *со сварными отводами* | *1.7*  *2.4*  *2.8* |
| *Тройник при слиянии потоков:*  *проход\**  *ответвление* | *1.5*  *2* |
| *Отводы гнутые под углом 90 со складками при R/d:*  *3*  *4* | *0.8*  *0.5* | *Тройник при разделении потока:*  *проход\**  *ответвление* | *1*  *1.5* |
| *Тройник при потоке:*  *расходящемся*  *встречном* | *2*  *3* |
| *Отводы сварные одношовные под углом, град:*  *60*  *45*  *30* | *0.7*  *0.3*  *0.2* |
| *Грязевик* | *10* |

*\*Коэффициент ξ отнесен к участку с суммарным расходом воды.*

**Приложение №14. Значения *l э* для труб при ∑ξ = 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Размеры труб, мм* | | *l э, м, при k э, м* | | | *Размеры труб, мм* | | *l э, м, при k э, м* | | |
| *, мм* | *, мм* | *0,0002* | *0,0005* | *0,001* | *, мм* | *, мм* | *0,0002* | *0,0005* | *0,001* |
| *25* | *33,5×3,2* | *0,84* | *0,67* | *0,56* | *350* | *377×9* | *21,2* | *16,9* | *14,2* |
| *32* | *38×2,5* | *1,08* | *0,85* | *0,72* | *400* | *426×9* | *24,9* | *19,8* | *16,7* |
| *40* | *45×2,5* | *1,37* | *1,09* | *0,91* | *400* | *426×6* | *25,4* | *20,2* | *17* |
| *50* | *57×3* | *1,85* | *1,47* | *1,24* | *450* | *480×7* | *29,4* | *23,4* | *19,7* |
| *70* | *76×3* | *2,75* | *2,19* | *1,84* | *500* | *530×8* | *33,3* | *26,5* | *22,2* |
| *80* | *89×4* | *3,3* | *2,63* | *2,21* | *600* | *630×9* | *41,4* | *32,9* | *27,7* |
| *100* | *108×4* | *4,3* | *3,42* | *2,87* | *700* | *720×10* | *48,9* | *38,9* | *32,7* |
| *125* | *133×4* | *5,68* | *4,52* | *3,8* | *800* | *820×10* | *57,8* | *46* | *38,7* |
| *150* | *159×4,5* | *7,1* | *5,7* | *4,8* | *900* | *920×11* | *66,8* | *53,1* | *44,7* |
| *175* | *194×5* | *9,2* | *7,3* | *6,2* | *1000* | *1020×12* | *76,1* | *60,5* | *50,9* |
| *200* | *219×6* | *10,7* | *8,5* | *7,1* | *1100* | *1120×12* | *85,7* | *68,2* | *57,3* |
| *250* | *273×7* | *14,1* | *11,2* | *9,4* | *1200* | *1220×14* | *95,2* | *95,2* | *63,7* |
| *300* | *325×8* | *17,6* | *14,0* | *11,8* | *1400* | *1420×14* | *115,6* | *91,9* | *77,3* |

**Приложение №15. Теплоизоляционные материалы**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Материал* | *Условный проход трубопровода, мм* | *Средняя плотность,*  *, кг/м3* | *Теплопроводность сухого материала,* | *Максимальная температура вещества, 0С* |
| *Армопенобетон* | *150-800* | *350-450* | *0,105-0,13* | *150* |
| *Битумоперлит* | *50-400* | *450-550* | *0,11-0,13* | *130* |
| *Битумокерамзит* | *до 500* | *600* | *0,13* | *130* |
| *Пенополимербетон* | *100-400* | *400* | *0,13* | *150* |
| *Пенополиуретан* | *100-400* | *60-80* | *0,07* | *120* |
| *Фенольный поропласт ФЛ, монолитный* | *до 1000* | *100* | *0,05* | *150* |

**Приложение №16. Нормы плотности теплового потока qe, Вт/м, через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при числе часов работы в год более 5000**.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Условный проход труб* | *тип прокладки* | | | | | | | |
| *открытый воздух* | | *тоннель, помещение* | | *непроходной канал* | | *бесканальная* | |
| *средняя температура теплоносителя, оС* | | | | | | | |
| *d, мм* | *50* | *100* | *50* | *100* | *50* | *90* | *50* | *90* |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* |
| *25* | *13* | *25* | *10* | *22* | *10* | *23* | *24* | *44* |
| *32* | *14* | *27* | *11* | *24* | *11* | *24* | *26* | *47* |
| *40* | *15* | *29* | *12* | *26* | *12* | *25* | *27* | *50* |
| *50* | *17* | *31* | *13* | *28* | *13* | *28* | *29* | *54* |
| *65* | *19* | *36* | *15* | *32* | *15* | *34* | *33* | *60* |
| *80* | *21* | *39* | *16* | *35* | *16* | *36* | *34* | *61* |
| *100* | *24* | *43* | *18* | *39* | *17* | *41* | *35* | *65* |
| *125* | *27* | *49* | *21* | *44* | *18* | *42* | *39* | *72* |
| *150* | *30* | *54* | *24* | *49* | *19* | *44* | *43* | *80* |
| *200* | *37* | *65* | *29* | *59* | *22* | *54* | *48* | *89* |
| *250* | *43* | *75* | *34* | *68* | *25* | *64* | *51* | *96* |
| *300* | *49* | *84* | *39* | *77* | *28* | *70* | *56* | *105* |
| *350* | *55* | *93* | *44* | *85* | *30* | *75* | *60* | *113* |
| *400* | *61* | *102* | *48* | *93* | *33* | *82* | *63* | *121* |
| *450* | *65* | *109* | *52* | *101* | *36* | *93* | *67* | *129* |
| *500* | *71* | *119* | *57* | *109* | *38* | *98* | *72* | *138* |
| *600* | *82* | *136* | *67* | *125* | *41* | *109* | *80* | *156* |
| *700* | *92* | *151* | *74* | *139* | *43* | *126* | *86* | *170* |
| *800* | *103* | *167* | *84* | *155* | *45* | *140* | *93* | *186* |
| *900* | *113* | *184* | *93* | *170* | *54* | *151* |  |  |
| *1000* | *124* | *201* | *102* | *186* | *57* | *158* |  |  |

**Приложение №17. Расстояние между неподвижными опорами трубопроводов.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Условный проход труб, мм* | *Компенсаторы П-образные* | *Компенсаторы сальниковые* | *Самокомпенсация* |
| *Расстояния между неподвижными опорами в м при параметрах теплоносителя: Рраб =8-16 кгс/см2, t=100-150* | | |
| *25* | *-* | *-* | *-* |
| *32* | *50* | *-* | *30* |
| *40* | *60* | *-* | *36* |
| *50* | *60* | *-* | *36* |
| *70* | *70* | *-* | *42* |
| *80* | *80* | *-* | *48* |
| *100* | *80* | *70* | *48* |
| *125* | *90* | *70* | *54* |
| *150* | *100* | *80* | *60* |
| *175* | *100* | *80* | *60* |
| *200* | *120* | *80* | *72* |
| *250* | *120* | *100* | *72* |
| *300* | *120* | *100* | *72* |
| *350* | *140* | *120* | *84* |
| *400* | *160* | *140* | *96* |
| *450* | *160* | *140* | *96* |
| *500* | *180* | *140* | *108* |
| *600* | *200* | *160* | *120* |
| *700* | *200* | *160* | *120* |
| *800* | *200* | *160* | *120* |
| *900* | *200* | *160* | *120* |
| *1000* | *200* | *160* | *120* |

**Приложение №18. Среднегодовая температура среды, окружающей трубопровод.**

|  |  |
| --- | --- |
| *Тип прокладки трубопровода* |  |
| *прокладка в туннелях* | *40* |
| *прокладка в помещениях* | *20* |
| *прокладка в неотапливаемых техподопольях* | *5* |
| *надземная прокладка на открытом воздухе* |  |
| *подземная прокладка* | *1…5* |

**Приложение №19. Значение коэффициента k1.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Район строительства* | *способ прокладки трубопровода* | | | |
| *открытый воздух* | *тоннель, помещение* | *непроходной канал* | *бесканаль-ная* |
| *Европейские районы*  *(1.1-1.5, 11.1-11.2)* | *1.0* | *1.0* | *1.0* | *1.0* |
| *Западная Сибирь*  *(V111.1-V111.5)* | *1.03* | *1.05* | *1.03* | *1.02* |
| *Восточная Сибирь*  *(lΧ.l-lX.3)* | *1.07* | *1.09* | *1.07* | *1.03* |
| *Дальний Восток (X.l-X.3)* | *0.88* | *0.9* | *0.8* | *0.96* |
| *Районы Крайнего Севера и приравненные к ним*  *(Ic-Xc)* | *0.9* | *0.95* | *0.85* | *-* |

**Приложение №20. Значение коэффициента k2.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Материал теплоизоляционного слоя* | *условный проход трубопроводов, мм* | | | |
| *25-65* | *80-150* | *200-300* | *350-500* |
| *Полимербетон* | *0,7* | *0,8* | *0,9* | *1,0* |
| *Пенополиуретан, фенольный поропласт ФЛ* | *0,5* | *0,6* | *0,7* | *0,8* |

**Приложение №21. Технические характеристики основных сетевых насосов.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Тип насоса* | *Подача,*  *м3/с (м3/ч)* | *Напор, м* | *Допустимый кавитационный запас, м ст.ж., не менее* | *Давление на входе в насос, МПа(кгс/см2) не более* | *Частота вращения (синхронная), 1/с(1/мин)* | *Мощность, кВт* | *К. п. д., %, не менее* | *Температура перекачиваемой воды, К(°С), не более* | *Масса насоса, кг* |
| *СЭ-160-50*  *СЭ-160-70*  *СЭ-160-100*  *СЭ-250-50*  *СЭ-320-110*  *СЭ-500-70-11*  *СЭ-500-70-16*  *СЭ-500-140*  *СЭ-800-55-11*  *СЭ-800-55-16*  *СЭ-800-100-11*  *СЭ-800-100-16*  *СЭ-800-160*  *СЭ-1250-45-11*  *СЭ-1250-45-25*  *СЭ-1250-70-11*  *СЭ-1250-70-16*  *СЭ-1250-100*  *СЭ-1250-140-11*  *СЭ-1250-140-16*  *СЭ-1600-50*  *СЭ-1600-80*  *СЭ-2000-100*  *СЭ-2000-140*  *СЭ-2500-60-11*  *СЭ-2500-60-25*  *СЭ-2500-180-16*  *СЭ-2500-180-10*  *СЭ-3200-70*  *СЭ-3200-100*  *СЭ-3200-160*  *СЭ-5000-70-6*  *СЭ-5000-70-10*  *СЭ-5000-100*  *СЭ-5000-160* | *0,044(160)*  *0,044(160)*  *0,044(160)*  *0,069(250)*  *0,089(320)*  *0,139(500)*  *0,139(500)*  *0,139(500)*  *0,221(800)*  *0,221(800)*  *0,221(800)*  *0,221(800)*  *0,221(800)*  *0,347(1250)*  *0,347(1250)*  *0,347(1250)*  *0,347(1250)*  *0,347(1250)*  *0,347(1250)*  *0,347(1250)*  *0,445(1600)*  *0,445(1600)*  *0,555(2000)*  *0,555(2000)*  *0,695(2500)*  *0,695(2500)*  *0,695(2500)*  *0,695(2500)*  *0,890(3200)*  *0,890(3200)*  *0,890(3200)*  *1,390(5000)*  *1,390(5000)*  *1,390(5000)*  *1,390(5000)* | *50*  *70*  *100*  *50*  *110*  *70*  *70*  *140*  *55*  *55*  *100*  *100*  *160*  *45*  *45*  *70*  *70*  *100*  *140*  *140*  *50*  *80*  *100*  *140*  *60*  *60*  *180*  *180*  *70*  *100*  *160*  *70*  *70*  *100*  *160* | *5,5*  *5,5*  *5,5*  *7,0*  *8,0*  *10,0*  *10,0*  *10,0*  *5,5*  *5,5*  *5,5*  *5,5*  *14,0*  *7,5*  *7,5*  *7,5*  *7,5*  *7,5*  *7,5*  *7,5*  *8,5*  *8,5*  *22,0*  *22,0*  *12,0*  *12,0*  *28,0*  *28,0*  *15,0*  *15,0*  *32,0*  *15,0*  *15,0*  *15,0*  *40,0* | *0,39 4*  *0,39 4*  *0,39 4*  *0,39 4*  *0,39 4*  *1,08 11*  *1,57 16*  *1,57 16*  *1,08 11*  *1,57 16*  *1,08 11*  *1,57 16*  *1,57 16*  *1,08 11*  *2,45 25*  *1,08 11*  *1,57 16*  *1,57 16*  *1,08(11)*  *1,57(16)*  *2,45(25)*  *1,57(16)*  *1,57(16)*  *1,57(16)*  *1,08(11)*  *2,45(25)*  *1,57(16)*  *0,98(10)*  *0,98(10)*  *0,98(10)*  *0,98(10)*  *0,59(6)*  *0,98(10)*  *1,57(16) 0,98(10)* | *50(3000)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *50(3000)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *50(3000)*  *50(3000)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *50(3000) 25(1500)*  *25(1500)*  *25(1500)*  *50(3000)* | *29*  *37*  *59*  *41*  *114*  *103*  *103*  *210*  *132*  *132*  *243*  *243*  *378*  *166*  *166*  *260*  *260*  *370*  *518*  *518*  *234*  *388*  *572*  *810*  *422*  *422*  *1380*  *1380*  *672*  *898*  *1530*  *1035*  *1035*  *1340*  *2340* | *73*  *79*  *71*  *80*  *80*  *82*  *82*  *81*  *81*  *81*  *80*  *80*  *82*  *82*  *82*  *82*  *82*  *82*  *82*  *82*  *83*  *80*  *85*  *84*  *86*  *86*  *84*  *84*  *86*  *86*  *86*  *87*  *87*  *87*  *87* | *393(120)*  *453(180)*  *453(180)*  *393(120)*  *453(180)*  *393(120)* | *-*  *-*  *-*  *-*  *-*  *1034*  *1034*  *-*  *1514*  *1514*  *3035*  *3035*  *-*  *2125*  *2125*  *1621*  *1621*  *-*  *4141*  *4141*  *-*  *-*  *-*  *-*  *3770*  *-*  *-*  *2277*  *-*  *-*  *-*  *5220*  *5220*  *-*  *4870* |

**Приложение №22. Технические характеристики основных центробежных насосов типа К.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Марка насоса* | *Производи-тельность, м3/ч* | *Полный напор, м* | *Частота вращения колеса, об/мин* | *Рекомендуемая мощность электродвигателя, кВт* | *Диаметр рабочего колеса, мм* |
| *1 К-6* | *6-11-14* | *20-17-14* | *2900* | *137* | *128* |
| *1,5 К-6а* | *5-913* | *16-14-11* | *1,7* | *115* |
| *1,5 К-6б* | *4-9-13* | *12-11-9* | *1,0* | *105* |
| *2 К-6* | *10-20-30* | *34-31-24* | *4,5* | *162* |
| *2 К-6а* | *10-20-30* | *28-25-20* | *2,8* | *148* |
| *2 К-6б* | *10-20-25* | *22-18-16* | *2,8* | *132* |
| *2 К-9* | *11-20-22* | *21-18-17* | *2,8* | *129* |
| *2 К-9а* | *10-17-21* | *16-15-13* | *1,7* | *118* |
| *2 К-9б* | *10-15-20* | *13-12-10* | *1,7* | *106* |
| *3 К-6* | *30-45-70* | *62-57-44* | *14-20* | *218* |
| *3 К-6а* | *30-50-65* | *45-37-30* | *10-14* | *192* |
| *3 К-9* | *30-45-54* | *34-31-27* | *7,0* | *168* |
| *3 К-9а* | *25-85-45* | *24-22-19* | *4,5* | *143* |
| *4 К-6* | *65-95-135* | *98-91-72* | *55* | *272* |
| *4 К-6а* | *65-85-125* | *82-76-62* | *40* | *250* |
| *4 К-8* | *70-90-120* | *59-55-43* | *28* | *218* |
| *4 К-8а* | *70-90-109* | *48-43-37* | *20* | *200* |
| *4 К-12* | *65-90-120* | *37-34-28* | *14* | *174* |
| *4 К-12а* | *60-85-110* | *31-28-23* | *14,* | *163* |
| *4 К-18* | *60-80-100* | *25-22-19* | *7,0* | *148* |
| *4 К-18а* | *50-70-90* | *20-18-14* | *7,0* | *136* |
| *6 К-8* | *110-140-190* | *36-36-31* | *1450* | *28* | *328* |
| *6 К-8а* | *110-140-180* | *30-28-25* | *20* | *300* |
| *6 К-8б* | *110-140-180* | *24-22-18* | *20* | *275* |
| *6 К-12* | *110-160-200* | *22-20-17* | *14* | *264* |
| *6 К-12а* | *95-150-180* | *17-15-12* | *10* | *240* |
| *8 К-12* | *220-280-340* | *32-29-25* | *40* | *315* |
| *8 К-12а* | *200-250-290* | *26-24-21* | *28* | *290* |
| *8 К-18* | *220-285-360* | *20-18-15* | *20* | *268* |
| *8 К-18а* | *200-260-320* | *17-15-12* | *20* | *250* |

**Приложение №23. Типоразмеры П-образных компенсаторов.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Диаметр* | | *Н, м* | *b, мм* | *с, мм* | *d, мм* | *e, мм* | *f , мм* | *R, мм* | *l, мм* | *L, м* | *Δlк, мм* |
| *Dy,*  *мм* | *Dн,*  *мм* |
| *50* | *51* | *0,6*  *0,8*  *1,0*  *1,2* | *1200*  *1200*  *1200*  *1200* | *500*  *500*  *500*  *500* | *200*  *400*  *600*  *800* | *100*  *100*  *100*  *100* | *150*  *150*  *150*  *150* | *200*  *200*  *200*  *200* | *314*  *314*  *314*  *314* | *2,05*  *2,45*  *2,85*  *3,25* | *50*  *70*  *100*  *120* |
| *100* | *108* | *1,2*  *1,6*  *2,0*  *2,4* | *2600*  *2600*  *2600*  *2600* | *1100*  *1100*  *1100*  *1100* | *300*  *700*  *1100*  *1500* | *200*  *200*  *200*  *200* | *300*  *300*  *300*  *300* | *450*  *450*  *450*  *450* | *707*  *707*  *707*  *707* | *4,28*  *5,02*  *5,82*  *6,62* | *100*  *150*  *250*  *280* |
| *125* | *133* | *1,5*  *2,0*  *2,5*  *3,0* | *2970*  *2970*  *2970*  *2970* | *1310*  *1310*  *1310*  *1310* | *440*  *940*  *1440*  *1940* | *250*  *250*  *250*  *250* | *300*  *300*  *300*  *300* | *530*  *530*  *530*  *530* | *832*  *832*  *832*  *832* | *5,02*  *6,05*  *7,05*  *8,05* | *100*  *180*  *260*  *310* |
| *150* | *159* | *1,8*  *2,4*  *3,0*  *3,6* | *3520*  *3520*  *3520*  *3520* | *1560*  *1560*  *1560*  *1560* | *540*  *1140*  *1740*  *2340* | *300*  *300*  *300*  *300* | *350*  *350*  *350*  *350* | *630*  *630*  *630*  *630* | *989*  *989*  *989*  *989* | *6,03*  *7,23*  *8,43*  *9,63* | *120*  *220*  *280*  *350* |
| *200* | *219* | *2,4*  *3,2*  *4,0*  *4,8* | *4600*  *4600*  *4600*  *4600* | *2100*  *2100*  *2100*  *2100* | *700*  *1500*  *2300*  *3100* | *400*  *400*  *400*  *400* | *400*  *400*  *400*  *400* | *850*  *850*  *850*  *850* | *1335*  *1335*  *1335*  *1335* | *7,94*  *9,64*  *11,14*  *12,74* | *160*  *240*  *350*  *420* |
| *250* | *273* | *3,0*  *4,0*  *5,0*  *6,0* | *5500*  *5500*  *5500*  *5500* | *2500*  *2500*  *2500*  *2500* | *1000*  *2000*  *3000*  *4000* | *500*  *500*  *500*  *500* | *500*  *500*  *500*  *500* | *1000*  *1000*  *1000*  *1000* | *1571*  *1571*  *1571*  *1571* | *9,78*  *11,78*  *13,78*  *15,78* | *200*  *310*  *400*  *600* |
| *300* | *325* | *3,6*  *4,8*  *6,0*  *7,2* | *6800*  *6800*  *6800*  *6800* | *3100*  *3100*  *3100*  *3100* | *1100*  *2300*  *3500*  *4700* | *600*  *600*  *600*  *600* | *600*  *600*  *600*  *600* | *1250*  *1250*  *1250*  *1250* | *1963*  *1963*  *1963*  *1963* | *11,85*  *14,25*  *16,65*  *19,65* | *260*  *400*  *500*  *680* |
| *350* | *377* | *4,2*  *5,6*  *7,0* | *8100*  *8100*  *8100* | *3700*  *3700*  *3700* | *1200*  *2600*  *4000* | *700*  *700*  *700* | *700*  *700*  *700* | *1500*  *1500*  *1500* | *2355*  *2355*  *2355* | *13,92*  *16,72*  *19,52* | *320*  *470*  *640* |
| *400* | *427* | *4,8*  *6,4*  *8,0* | *9600*  *9600*  *9600* | *4400*  *4400*  *4400* | *1200*  *2800*  *4400* | *800*  *800*  *800* | *800*  *800*  *800* | *1800*  *1800*  *1800* | *2827*  *2827*  *2827* | *16,40*  *19,30*  *22,50* | *300*  *410*  *600* |
| *500* | *529* | *6,0*  *8,0*  *10,0* | *11000*  *11000*  *11000* | *5000*  *5000*  *5000* | *2000*  *4000*  *6000* | *1000*  *1000*  *1000* | *1000*  *1000*  *1000* | *2000*  *2000*  *2000* | *3142*  *3142*  *3142* | *19,56*  *23,56*  *27,56* | *350*  *500*  *650* |

Примечание: *L - выпрямленная длина компенсатора, lк – компенсирующая способность, при условии предварительной растяжки при монтаже на Δlк/2.*

**Приложение №24. Технические характеристики теплоизоляционных изделий, допускаемых к применению в качестве основного слоя изоляции для трубопроводов тепловых сетей при воздушной прокладке.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Наименование* | *Условные проходы труб Dу,мм* | *Плотность конструкции,*  *кг/м* | *Расчетная тепло-проводность* | | *Макс. темп. применения,* | *Основные размеры, мм* | | |
| *при* |  | *Толщина* | *Длина*  *l* | *Ширина*  *d* |
| *Цилиндры и полуцилиндры из мин. ваты* | *25-100* | *100*  *150*  *200* | *0,049*  *0,051*  *0,053* | *2,1*  *2,0*  *1,9* | *400* | *40-80* | *500-1500* | *25-219* |
| *Плиты мягкие из мин.ваты* | *100-450* | *55-75*  *76-115* | *0,040*  *0,043* | *2,9*  *2,2* | *400* | *60-100* | *1000* | *500 и 1000* |
| *Те же плиты полужесткие* | *500-1400* | *90-150* | *0,044* | *2,1* | *400* | *50-80* | *1000* | *500 и 1000* |
| *Маты минераловатные прошивные в обкладке из мет.сетки* | *200-1400* | *90*  *120*  *150* | *0,043*  *0,045*  *0,049* | *2,2*  *2,1*  *2,0* | *400* | *40-120* | *1000-2500* | *500-2500* |
| *Маты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем* | *50-400* | *60*  *80* | *0,040*  *0,042* | *3,0*  *2,8* | *180* | *30-80* | *1000-13000* | *500-1500* |
| *Сегменты из пенопласта ФРП-1* | *300-1000* | *65-85*  *86-110* | *0,041*  *0,043* | *2,3*  *1,9* | *130*  *150* | *30-80* | *1000 1500* | *327-1023* |
| *Полуцилилиндры совелитовые* | *50-150* | *350*  *400* | *0,075*  *0,078* | *1,5*  *1,5* | *440* | *40-80* | *250 и 500* | *57-159* |
| *Полуцилиндры вулканитовые* | *200-400* | *300*  *350* | *0,074*  *0,079* | *1,5*  *1,5* | *440* | *40-80* | *500* | *57-273* |
| *Полуцилиндры известково-кремнеземистые* | *100-250* | *200*  *225* | *0,069*  *0,071* | *1,5*  *1,5* | *440* | *70-120* | *1000* | *112-280* |
| *Сегменты известково-кремнеземистые* | *250-1000* | *200*  *225* | *0,069*  *0,071* | *1,5*  *1,5* | *440* | *50-150* | *1000* | *252-994* |

**Приложение №25. Параметры и номинальная производительность паровых котлов низкого и среднего давления по ГОСТ 3619-89.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Типоразмер* | *Номинальные параметры* | | | | *Номинальная паропроизвод.*  *Dном, кг/с* |
| *Абс. давл. пара, МПа* | *Темп. пара,* | *Энтальпия пара, кДж/кг* | *Темп. пит. воды,* |
| *Пр 0,16-9Пр 1-* | *0,9* | *174,5 (насыщ)* | *2772* | *50* | *0,044; 0,069; 0,111; 0,195; 0,278* |
| *Е 0,25-9 Е10-9* | *0,9* | *174.5 (насыщ)* | *2772* | *50-100* | *0,69; 0,111; 0,195; 0,278; 0,444; 0,694; 1,11; 1,81; 2,78* |
| *Е2,5-14* | *1,4* | *194* | *2788* | *100* | *0,694* |
| *Е4-14 Е35-14* | *1,4* | *194(нас) или 225 (перегр)* | *2788* | *100* | *1,14; 1,81; 2,78; 4,44; 6,94; 9,72* |
| *Е50-14 Е100-14* | *1,4* | *225* | *2869* | *100* | *13,9; 20,8; 27,8* |
| *Е10-24 Е35-24* | *2,4* | *221 (нас)*  *250 (перегр)* | *2800*  *2887* | *100* | *2,78; 6,94; 9,72* |
| *Е50-24 Е160-24* | *2,4* | *250* | *1887* | *100* | *13,9; 27,8; 44,4* |
| *Е10-40 Е75-40* | *3,9* | *440* | *3309* | *145* | *2,78; 4,44; 6,94; 9,72; 13,9; 20,8* |