

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Экология и рациональное использование водных ресурсов»**

**А. Б. НЕВЗОРОВА**

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И ОБОРУДОВАНИЕ**  
**(отопление и вентиляция жилого здания)**

**Учебно-методическое пособие**  
**по курсовому проектированию**

Гомель 2010

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Экология и рациональное использование  
водных ресурсов»

А. Б. НЕВЗОРОВА

## ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И ОБОРУДОВАНИЕ (отопление и вентиляция жилого здания)

Учебно-методическое пособие  
по курсовому проектированию

*Одобрено методическими комиссиями факультетов  
строительного, промышленного и гражданского строительства  
и безотрывного обучения*

2-е издание, с доп. и изм.

Гомель 2010

УДК 697 (075.8)  
ББК 38.761.1  
Н40

Рецензент – Новосельцев В.Г., канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»

**Невзорова, А. Б.**

Н40 Инженерные сети и оборудование (отопление и вентиляция жилого здания): учеб.- метод. пособие по курсовому проектированию. 2-е изд. / А.Б. Невзорова; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2010. – 75 с.  
ISBN 985-468-224-2

Указания содержат основы проектирования внутренней системы отопления и естественной вентиляции жилого многоэтажного здания. Приведены общие требования к выполнению курсовой и расчетно-графической работ, необходимые нормативные и справочные данные для теплотехнического расчета ограждающих конструкций, основных и дополнительных теплопотерь через ограждающие конструкции зданий, по выбору и расчету системы отопления, отопительных приборов, а также системы вентиляции гражданских зданий. В приложениях приводятся примеры правильного оформления основных надписей, справочные данные, рабочая программа по дисциплине.

Пособие предназначено для студентов специальностей «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», «Промышленное и гражданское строительство», «Экспертиза и управление недвижимостью» всех форм обучения.

**УДК 628.11.2(075.8)**  
**ББК 38.761.1**

ISBN 985-468-224-2

© Невзорова А.Б., 2010.  
© Оформление. УО"БелГУТ", 2010.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <b>Общие требования</b> .....   | 4  |
| <b>1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций</b> .....  | 8  |
| <b>2 Система отопления</b> .....  | 16 |
| 2.1 Расчет теплопотерь помещений.....   | 16 |
| 2.2 Определение площади ограждений .....  | 18 |
| 2.3 Определение удельных расходов тепловой энергии<br>на отопление и вентиляцию зданий.....                                     | 20 |
| 2.4 Расчет отопительных приборов .....  | 20 |
| 2.5 Выбор и расчет системы отопления .....  | 25 |
| 2.6 Гидравлический расчет теплопроводов.....  | 28 |
| 2.7 Присоединение системы отопления .....   | 35 |
| <b>3 Вентиляция здания</b> .....  | 38 |
| 3.1 Определение воздухообмена в помещениях.....   | 38 |
| 3.2 Выбор систем вентиляции и их конструирования .....  | 39 |
| 3.3 Аэродинамический расчет систем вентиляции .....   | 39 |
| <b>Заключение</b> .....   | 43 |
| <b>Список рекомендуемой литературы</b> .....  | 44 |
| <b>Приложение А</b> Примеры оформления основных надписей.....   | 45 |
| <b>Приложение Б</b> Примеры оформления графического материала.....  |    |
| <b>Приложение В</b> Расчетная температура и кратность воздухообмена в<br>помещениях жилых зданий .....                          | 55 |
| <b>Приложение Г</b> Нормативные удельные расходы тепловой энергии<br>на отопление и вентиляцию жилых зданий.....                | 56 |
| <b>Приложение Д</b> Основные схемы систем отопления.....  | 57 |
| <b>Приложение Е</b> Данные для гидравлического расчета трубопроводов<br>систем водяного отопления.....                          | 58 |
| <b>Приложение Ж</b> Номограмма для определения потерь давления на<br>трение в круглых воздуховодах естественной вентиляции..... | 61 |
| <b>Приложение И</b> Рабочая программа по дисциплине.....  | 62 |
| <b>Приложение К</b> Основные термины и определения.....   | 67 |

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Курсовая работа на тему «Отопление и вентиляция жилого здания» предназначена для закрепления теоретических знаний по дисциплинам «Инженерные сети и оборудование зданий и сооружений» для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» и «Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция» для студентов специальности «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов».

Расчетно-графическая работа выполняется студентами специальности «Экспертиза и управление недвижимостью».

Проектирование системы отопления и вентиляции – это процесс разработки технической документации, определяющей теплоноситель, конструкцию и тепловую мощность системы, размещение теплового пункта, диаметры теплопроводов, размеры приборов и параметры оборудования и другие технико-экономические показатели.

Состав курсовой работы – теплотехнический расчет основных ограждающих конструкций, конструирование и расчет систем отопления и вентиляции здания объемом до 10 тыс. м<sup>3</sup> при централизованном теплоснабжении с планами здания, схемами систем отопления и вентиляции и расчетно-пояснительной запиской.

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части, расчетно-графическая работа – пояснительная записка с расчетами и рисунками.

**Расчетно-пояснительная записка** должна быть выполнена в соответствии с нормами, предъявляемыми к технической документации, и включать в себя основные разделы в указанной ниже последовательности:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- содержание;
- введение;
- теплотехнический расчет ограждающих конструкций;
- отопление зданий;
- вентиляция зданий;
- заключение;
- список литературы.

Текст пояснительной записки излагается на одной стороне листа формата А4 (210 x 297 мм) с рамкой на 15 мм. На содержании должна быть рамка на 40 мм, на листе А1 – на 55 мм (**приложение А**). Рекомендуемый объем – не менее 25 страниц.

Текст пояснительной записки должен быть разбит на разделы и подразделы. Каждый раздел следует начинать с нового листа. Наименования *разделов* записываются в виде заголовков прописными буквами с абзаца. Наименования *подразделов* записываются в виде заголовков (с абзаца) строчными буквами (кроме первой прописной).

*Нумерация страниц* пояснительной записки должна быть сквозной. Титульный лист считается первой страницей. Нумерация страниц должна начинаться с содержания. Номер проставляется в правом нижнем углу листа арабскими цифрами. На титульном листе и задании номера страниц не ставятся. Задание не нумеруется.

*Формулы* должны приводиться в общем виде с расшифровкой входящих в них буквенных значений. Формулы нумеруются арабскими цифрами, нумерация формул – сквозная. Номер указывают с правой стороны листа в круглых скобках на уровне последней буквы предыдущей строки.

При оформлении *таблиц* в тексте записки каждая таблица должна иметь надпись слева с указанием номера арабскими цифрами и помещенный за ней заголовок, например, "Таблица 1 – Расчет теплопотерь помещениями".

В разделе «*Введение*» приводятся:

- назначение систем отопления и вентиляции для жизнедеятельности человека;
- краткое описание проектируемого здания (назначение, число этажей, характеристика основных конструкций, наличие подвала и чердака, строительный объем);
- краткая характеристика запроектированных устройств (источник теплоснабжения, теплоноситель и вид системы центрального отопления, тип отопительных приборов, вид системы вентиляции);
- климатологические данные местности строительства (область Беларуси, расчетные температуры и скорость ветра);
- метеорологические условия в помещениях (расчетные температуры и относительная влажность воздуха).

В разделе «*Теплотехнический расчет ограждающих конструкций*» приводятся расчеты толщины наружной стены, чердачного и подвального перекрытий.

В разделе «*Отопление здания*»:

- расчет теплопотерь помещений;
- определение удельной тепловой характеристики здания;
- выбор системы отопления и ее конструирование;
- гидравлический расчет трубопроводов;
- расчет нагревательных приборов.

В разделе «*Вентиляция здания*»:

- определение воздухообмена в помещениях;
- выбор систем вентиляции и их конструирование;
- аэродинамический расчет одной из систем вентиляции.

В «*Заключении*» приводятся основные выводы по расчетным данным, полученным в ходе выполнения работы.

*Список литературы* должен содержать литературу, на которую имеются ссылки в тексте и которая непосредственно использована при выполнении работы. Список должен быть составлен по правилам библиографии.

При выполнении работы применяются следующие понятия:

**Система** – комплекс функционально связанных между собой оборудования, установок (блоков), устройств, изделий, трубопроводов и (или) воздухопроводов (например, система приточная П1, система вытяжная В1, система отопления 1).

**Чертеж систем** – чертеж, определяющий относительное расположение функционально связанных между собой оборудования, установок (блоков), трубопроводов и (или) воздухопроводов и других частей проектируемых систем.

**Установка** – условное наименование комплекса взаимосвязанного оборудования и (или) устройств, а при необходимости трубопроводов (воздуховодов), присоединенных к оборудованию установки системы (например, установка вытяжной системы В1).

**Графическая часть** выполняется на листе А1 в масштабе 1:100 и содержит:

а) план подвала (технического подполья) или подпольных каналов с размещением теплового пункта, теплопроводов и оборудования отопительно-вентиляционных систем;

б) план первого этажа с размещением отопительных приборов, теплопроводов, вентиляционных каналов;

в) план чердака с размещением теплопроводов, вентиляционных каналов и оборудования отопительно-вентиляционных систем;

г) характерный разрез с нанесением элементов отопления и вентиляции;

д) аксонометрические схемы систем отопления и вентиляции;

е) отдельные узлы и детали систем отопления и вентиляции.

Все контуры строительных конструкций выполняются линией одинаковой толщины. Контуры оборудования систем отопления и вентиляции выполняются основной жирной линией. На листе, где размещаются планы здания, **должна быть указана ориентация фасада здания** по отношению к странам света.

Планы с системами отопления и вентиляции этажа изображаются в виде разреза горизонтальной плоскостью, проходящей под перекрытием или покрытием данного этажа.

На планы, разрезы и узлы наносят:

- разбивочные оси здания и расстояния между ними;
- размер здания по периметру;
- отметки чистых полов этажей и основных площадок;
- диаметры теплопроводов систем отопления;
- обозначения стояков систем отопления;
- привязку к разбивочным осям здания отопительно-вентиляционных установок;
- диаметры (сечения) воздухопроводов и каналов и их привязку к разбивочным осям здания.

Теплопроводы, расположенные друг над другом, на планах систем условно изображают параллельными линиями.

Элементы систем отопления и теплоснабжения установок, кроме оборудования, на планах и разрезах систем указывают условными графическими обозначениями, элементы систем вентиляции – в виде упрощенных графических изображений.

Все помещения нумеруются слева направо по часовой стрелке. Номерные знаки проставляются в середине помещения, под чертой его теплопотери. Помещения подвала нумеруются на планах, начиная с 1; помещения первого этажа – со 101; второго – с 201 и т.д.; лестничные клетки – ЛК.

На основании размещения элементов систем отопления и вентиляции на планах этажей, подвала, чердака, строятся аксонометрические схемы проектируемых систем. **Примеры оформления планов, разреза здания аксонометрических схем систем отопления и вентиляции приведены в приложении Б.**

Схемы систем выполняются в аксонометрической фронтальной изометрической проекции в масштабе 1:100, узлы схем – в масштабе 1:20 или 1:50. При небольших зданиях для схем систем принимают масштаб 1:50.

На схемах систем отопления условными графическими обозначениями показывают:

|  |  |
|--|--|
| трубопроводы:<br>подающий;<br>обратный   | T1 , T11 (в системе)<br>T2 , T21 (в системе)   |
| и их диаметры  | Ø15, Ø 20, Ø25, Ø30 и т.д.                     |
| уклон трубопровода   | ∠0.003, ∠0.002                                 |
| запорно-регулирующую<br>арматуру:<br>вентиль<br>задвижка<br>кран<br>проходной<br>двойной регулировки<br>трехходовой<br>воздушный | ><   |
| стояки систем отопления:<br>подающие<br>обратные<br>главный стояк  | Ст1, Ст2 и т.д.<br>Ст1', Ст2' и т.д.<br>Гл.ст. |
| отопительный прибор  |  |

- контрольно-измерительные приборы и другие элементы систем. На схемах систем вентиляции указывают:



- воздухопроводы, их диаметры (сечения) и количество проходящего воздуха, в м<sup>3</sup>/ч;
- отметки уровня оси круглых и низа прямоугольных воздухопроводов;
- оборудование вентиляционных установок.

На планах этажей и разрезах схемы систем вентиляции нумеруются, например: «ВЕ-1», «ВЕ-2» и т.д.

При оформлении графической части проекта необходимо руководствоваться правилами, изложенными в [5], оформление основной надписи производится в рамке на 55 мм для строительных чертежей (см. **приложение А**).

## **1 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Ограждающие конструкции совместно с системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать нормируемые параметры микроклимата помещений при оптимальном энергопотреблении.

В данной курсовой работе требуется рассчитать *сопротивление теплопередаче, толщину теплоизоляционного слоя и общую толщину наружной стены, подвального и чердачного перекрытий для климатических условий заданной области Беларуси по варианту*. Конструктивное оформление наружных стен, подвальных и чердачных перекрытий приведено на рисунке 1.

Наружные ограждающие конструкции должны иметь сопротивление теплопередаче  $R_T$ , равное экономически целесообразному  $R_{ТЭК}$ , определенному исходя из условия обеспечения наименьших приведенных затрат, но не менее требуемого сопротивления теплопередаче  $R_{Т.ТР}$  по санитарно-гигиеническим условиям, и не менее нормативного сопротивления теплопередаче  $R_{Т.норм}$ , установленного ТКП 45-1.04-43-2006 [1].

Мероприятия по энергосбережению в области сохранения тепла при отоплении зданий касаются увеличения при строительстве термического сопротивления ограждающих конструкций. Согласно [1, таблица 5.1] нормативное сопротивление теплопередаче  $R_{Т.норм}$  (м<sup>2</sup>·°С)/Вт составляет:

- 2,0 – для наружных стен из штучных материалов (кирпича);
- 2,2 – наружных стен монолитных зданий;
- 2,5 – наружных стен крупнопанельных зданий;
- 3,0 – перекрытий чердачных и подвальных;
- 0,6 – заполнения световых проемов.

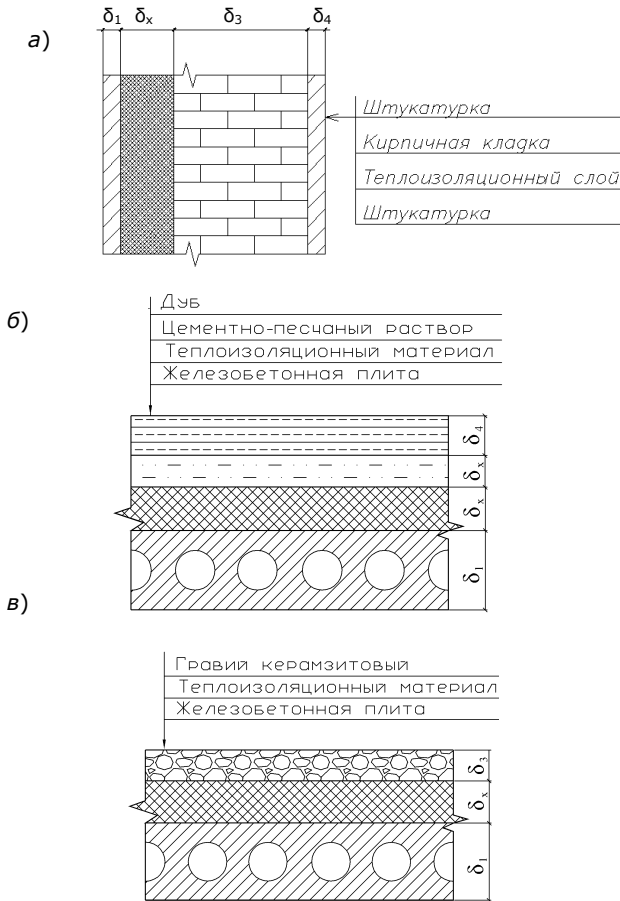


Рисунок 1 – Пример оформления ограждающих конструкций:  
 а – наружной стены; б – подвального перекрытия;  
 в – чердачного перекрытия

Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_{т.тр}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , ограждающих конструкций, за исключением заполнения световых проемов (окон и балконных дверей), следует определять по формуле:

$$R_{т.тр} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\Delta t_{в} \alpha_{в}}, \quad (1)$$

где  $n$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения на-

ружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по таблице 1;

$t_{в}$  – расчетная температура внутреннего воздуха (таблица 2) °С;

$t_{н}$  – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С;

$\Delta t_{в}$  – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 3;

$\alpha_{в}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций,  $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ .

**Таблица 1 – Значения коэффициента  $n$**

| Ограждающие конструкции   | $n$  |
|---|------|
| 1 Наружные стены и покрытия, перекрытия чердачные с кровлей из штучных материалов и перекрытия над подъездами                 | 1    |
| 2 Перекрытия над холодными подвалами, сообщающиеся с наружным воздухом; перекрытия чердачные с кровлей из рулонных материалов | 0,9  |
| 3 Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах   | 0,75 |
| 4 Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли                     | 0,6  |

**Таблица 2 – Расчетная температура внутреннего воздуха**

| Помещение                    | $t_{в}$ , °С |
|------------------------------|--------------|
| 1 Жилая комната              | 18           |
| 2 Угловая комната            | 20           |
| 3 Совмещенный санузел        | 25           |
| 4 Кухня                      | 18           |
| 5 Лестничная клетка, коридор | 16           |

**Таблица 3 – Нормативный температурный перепад**

| Здания и помещения         | Расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности $\Delta t_{в}$ , °С |                                 |                          |
|----------------------------|--|---------------------------------|--------------------------|
|                            | Наружные стены   | Покрытия и чердачные перекрытия | Перекрытия над подвалами |
| Жилые и гражданские здания | 6  | 4                               | 2                        |

Полное сопротивление теплопередаче  $R_{о}$ , ( $\text{м}^2 \cdot \text{°С})/\text{Вт}$ , ограждающей многослойной конструкции следует определять по формуле

$$R_{о} = 1/\alpha_{в} + R_{к} + 1/\alpha_{н}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{в}$ ,  $\alpha_{н}$  – коэффициенты теплоотдачи соответственно внутренней и наружной поверхностей конструкции для зимних условий, принимаемые по таблице 5.7 [1], Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\alpha_{н} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для наружных стен,

$\alpha_{н} = 12$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для перекрытий чердачных и подвальных;

$R_{к}$  – термическое сопротивление ограждающей конструкции; для однослойной конструкции

$$R = \delta / \lambda, \quad (3)$$

где  $\delta$  – толщина однослойной однородной конструкции или слоя многослойной конструкции, м;

$\lambda$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°C), [1, приложение А, таблица А.1].

Термическое сопротивление многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями

$$R_{к} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad \text{или} \quad R_{к} = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (4)$$

где  $R_1, R_2, \dots, R_n$  – термическое сопротивление отдельных слоев конструкции.

*В зависимости от списочного номера студент выбирает из таблицы 4 вариант теплоизоляционного материала для ограждающих конструкций, толщину которых он должен рассчитать.*

Утепляющими слоями считаются слои из материалов, имеющих коэффициент теплопроводности  $\lambda < 1,16$  Вт/(м·°C).

**Таблица 4 – Теплоизоляционные материалы для ограждающих конструкций зданий и сооружений**

| Номер по списку | Материал, плотность, кг/м <sup>3</sup>                       | Номер по списку | Материал, плотность, кг/м <sup>3</sup>                      |
|-----------------|--|-----------------|---|
| 01, 30          | Пеностекло, 200  | 11, 39          | Пенополиуретан, 60  |
| 02, 29          | Маты минераловатные прошивные, 100                           | 12, 38          | Маты минераловатные прошивные, 50                           |
| 03, 28          | Плиты жесткие минераловатные на синтетическом связующем, 50  | 13, 37          | Плиты пенополистирольные, 25                                |
| 04, 27          | Пеностекло, 180  | 14, 36          | Газостекло, 160   |
| 05, 26          | Плиты жесткие минераловатные на синтетическом связующем, 125 | 15, 35          | Плиты полистиролбетонные теплоизоляционные, 260             |
| 06, 25          | Плиты из ... пенопласта, 50                                  | 16, 34          | Плиты из ... пенопласта, 40                                 |
| 07, 24          | Плиты пенополистирольные, 35                                 | 17, 33          | Керамзитобетон, 800   |
| 08, 23          | Плиты жесткие минераловатные на синтетическом связующем, 200 | 18, 32          | Плиты пенополистирольные, 50                                |
| 09, 22          | Плиты торфяные теплоизоляционные, 300                        | 19, 40          | Маты минераловатные прошивные, 125                          |
| 10, 21          | Плиты жесткие минераловатные на синтетическом связующем, 175 | 20, 31          | Плиты жесткие минераловатные на синтетическом связующем, 75 |

Термическое сопротивление теплоизоляционного слоя:

$$R_x = R_{\text{норм}} - (R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1}). \quad (5)$$

Коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю. Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.

Таким образом, толщина теплоизоляционного слоя находится

Тепловую инерцию  $D$  ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n \quad (6)$$

где  $R_1, R_2, \dots, R_n$  – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ;

$S_1, S_2, \dots, S_n$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимаемые по таблице А.1 [1].

Расчетную зимнюю температуру наружного воздуха  $t_n$  в зависимости от тепловой инерции  $D$  ограждающей конструкции принимают согласно СНБ 2.01.04–97 с учетом следующих указаний:

- 1) при тепловой инерции ограждающей конструкции  $D \leq 1,5$  – средняя температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98;
- 2) при значении  $1,5 < D \leq 4,0$  – то же, обеспеченностью 0,92;
- 3) при значении  $4,0 < D \leq 7,0$  – средняя температура наиболее холодных трех суток;
- 4) при  $D > 7,0$  – средняя температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92.

**Для чердачных и подвальных перекрытий** расчетная зимняя температура наружного воздуха принимается равной **средней температуре холодной пятидневки**  $t_{н5}$  с обеспеченностью 0,92 независимо от массивности перекрытия. Климатические характеристики отопительного периода для областей Беларуси приведены в таблице 5.

Обеспеченность условий показывает в долях единицы или процентах число случаев, когда недопустимо отклонение от расчетных условий. Зная коэффициент обеспеченности, можно сказать, в скольких случаях возможно отклонение от расчетных условий. Например, если  $k_{об.п} = 0,92$ , это означает, что только в четырех зимах из 50 (или в 8 из 100) в периоды наибольших зимних похолоданий могут быть отклонения условий в помещении от расчетных.

**Таблица 5 – Расчетные климатические характеристики отопительного периода**

| Область  | Температура<br>наружного воздуха $t_{нr}$ , °С                   |   |   | Продолжи-<br>тельность<br>отопитель-<br>ного<br>периода<br>$Z$ , сут | Средняя<br>температура<br>наружного<br>воздуха,<br>$t_{нr}$ , °С | Средняя<br>скорость<br>ветра в зим-<br>ний период<br>времени<br>$V$ , м/с |
|--|--|---|---|--|--|---|
|  | средняя<br>наиболее<br>холодной<br>пятидневки<br>$t_{н5}^{0,92}$ | средняя<br>наиболее<br>холодных<br>суток<br>$t_{н1}^{0,92}$ | абсолютно<br>минималь-<br>ная $t_{н1}^{0,98}$ |  |  |   |
| Минская  | -24  | -28   | -33   | $\frac{202}{220}$  | $\frac{-1,6}{-0,9}$  | 4,05  |
| Гомельская   | -24  | -28   | -32   | $\frac{194}{212}$  | $\frac{-1,6}{-0,8}$  | 4,3   |
| Гродненская  | -22  | -26   | -31   | $\frac{194}{213}$  | $\frac{-1,6}{-0,8}$  | 5,3   |
| Витебская  | -25  | -31   | -37   | $\frac{207}{222}$  | $\frac{-2,0}{-1,4}$  | 5,3   |
| Брестская  | -21  | -25   | -31   | $\frac{187}{205}$  | $\frac{0,2}{0,8}$  | 3,6   |
| Могилевская  | -25  | -29   | -34   | $\frac{204}{221}$  | $\frac{-1,9}{-1,1}$  | 5,0   |
| <i>Примечание</i> – Над чертой – отопительный период начинается при температуре наружного воздуха 8 °С, под чертой – при 10 °С |  |   |   |  |  |   |

Для стены по принятому значению  $R$  делается проверка на отсутствие конденсации влаги на ее поверхности.

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции, если не допускается выпадения конденсата, должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной зимней температуре наружного воздуха. Относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы для жилых зданий следует принимать 55 %. Температуру внутренней поверхности  $\tau_b$ , °С, ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$\tau_b = t_b - (t_b - t_n) / (R \alpha_b) \quad (7)$$

Полученное значение  $\tau_b$  должно быть больше температуры точки росы  $\tau_p$ , которая определяется по формуле

$$\tau_p = 20,1 - (5,75 - 0,002e_b)^2, \quad (8)$$

где  $e_b$  – упругость водяных паров в воздухе помещения, Па, таблица Ж1 [1].

Упругость водяных паров в воздухе помещения определяется по формуле

$$e_b = (\varphi / 100)[477 + 133,3(1 + 0,14t_b)^2], \quad (9)$$

где  $\varphi$  – относительная влажность воздуха в помещении, %.

Нормативное сопротивление воздухопроницаемости ограждающих конструкций (инфильтрации), заполнений световых проемов зданий и сооружений  $R_{в,}$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$ )/кг, принимаем конструктивно по таблице Д.1 [1].

Воздухопроницаемость стыков между панелями наружных стен жилых зданий  $G^н$  должна быть не более 0,5 кг/(м·ч).

Сопротивление воздухопроницаемости многослойной ограждающей конструкции  $R_{в,}$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$ )/кг, следует определять по формуле

$$R_{в}^{TP} = \sum R_{вi} , \quad (10)$$

где  $R_{вi}$  – сопротивление воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции.

Все полученные данные по расчету ограждающих конструкций (наружных стен, перекрытий чердачных и подвальных) сводят в общую таблицу 6.

**Таблица 6 – Сводные данные по теплотехническому расчету**

| Наименование ограждения | $\delta_x$ | $\delta_{обш}$ | $R_0$ |
|-------------------------|------------|----------------|-------|
| Наружная стена          |            |                |       |
| Чердачное перекрытие    |            |                |       |
| Подвальное перекрытие   |            |                |       |

## 2 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ

### 2.1 Расчет теплопотерь помещений

Теплопотери каждого помещения определяют как сумму расчетных теплопотерь через все его наружные ограждения с учетом добавочных теплопотерь. При расчете используют формулу (11) и вычисляют их с точностью до 5 – 10 Вт.

В жилых и общественных зданиях удельные теплопотери через наружные ограждения ограничены нормами. Так, средние по жилому зданию теплопотери не должны превышать: через вертикальные ограждения с учетом световых проемов 70 (60), через покрытия – 35 (40) и через цокольные перекрытия – 17,5 Вт/м<sup>2</sup>.

Итак, трансмиссионные потери тепла помещениями через стены, полы, потолок, окна, двери учитываются при проектировании систем отопления и состоят из основных и добавочных.

Определяются они по формуле

$$Q = \frac{F(t_{в} - t_{н})n}{R_0} (1 + \Sigma\beta) , \quad (11)$$

где  $F$  – поверхность ограждения,  $\text{м}^2$ ;

$t_{в}, t_{н}$  – расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$n$  – коэффициент учета положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху. Значение коэффициента принимается по таблице 1;

$R_0$  – общее сопротивление теплопередачи конструкции ограждения;

$\beta$  – добавочные теплопотери в долях от основных потерь.

Значения расчетных *внутренних температур*  $t_{в}$  для отдельных помещений жилых, общественных и производственных зданий приведены в **приложении В**. В угловых жилых помещениях квартир (кухня не входит [3, приложение В]) расчетная температура воздуха должна быть на  $2^{\circ}$  выше.

Добавочные теплопотери через ограждения принимают как установленные практикой поправки к основным теплопотерям. Они возникают вследствие усиленного излучения с поверхности ограждений, обращенных на северную сторону, изменения расчетной температуры в угловых и высоких помещениях, поступления холодного воздуха через открываемые проемы и т. д.

Добавочные теплопотери  $\beta$  через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь согласно приложению Ж [3]:

$\beta_1$  – ориентацию наружных ограждений по сторонам света: на север, восток, северо-восток, северо-запад – 0,1; на запад и юго-восток – 0,05; на юг и юго-запад – 0;

$\beta_2$  – в угловых помещениях дополнительно по 0,05 на каждую стену и окно;

$\beta_3$  – проникание в помещение холодного воздуха при открывании наружных дверей при высоте здания  $h$ . Для учета затраты теплоты на его нагревание вводят надбавки к теплопотерям наружных дверей: при одинарных дверях –  $0,22h$ , при двойных дверях без тамбура –  $0,34h$ ; при двойных дверях с тамбуром между ними –  $0,27h$ .

*Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха  $Q_{и}$ .* Добавочные потери на инфильтрацию наружного воздуха или учитываются добавками к основным потерям, или определяются специальным расчетом [3, приложение К]. Потери теплоты на инфильтрацию, Вт, определяются при расчетной температуре наружного холодного периода года

$$Q_{и} = 0,28L_n \rho c (t_{в} - t_{н}) k, \quad (12)$$

где  $L_n$  – расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\rho$  – плотность воздуха в помещении,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная  $1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ ;



$k$  – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный: 0,7 – для стыков панелей стен и окон с тройным переплетом, 0,8 – для окон и балконных дверей с раздельными переплетами, 1,0 – для одинарных окон.

В курсовой работе принимаем добавки на инфильтрацию наружного воздуха к теплотерям окон, угловых наружных стен и входных дверей в размере 0,1 от основных теплотер.

Для систематизации расчеты теплотер ведут на бланке (таблица 7). Наименования помещений сокращают: кухня – К; жилая комната – ЖК; лестничная клетка – ЛК и т.д. Теплотери лестничной клетки определяют, как одного помещения по всей ее высоте. Наименование ограждений также сокращают: наружная стена – НС, чердачное или подвальное перекрытия (пол, потолок) – Пл, Пт; окно – О; наружная дверь – НД и т.д.

Для упрощения вычислений удобнее из площади стен площадь окон и дверей не вычитать, но коэффициенты теплопередачи  $K_o$  и  $K_d$  принимать уменьшенными на величину  $K_{н.с}$  для стен.

В сводной таблице приводятся суммарные теплотери ограждениями по помещениям и общие теплотери по всему зданию.

**Таблица 7– Теплотери помещений здания**

| 1                            | 2                       | 3       | 4              | 5                     | 6   | 7  | 8  | 9               | 10                          | Добавочные теплотери в долях, $\beta$ |           |               | 14                                   | 15                                |
|------------------------------|-------------------------|---------|----------------|-----------------------|---|--|--|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|                              |                         |         |                |                       |   |  |  |                 |                             | 11                                    | 12        | 13            |                                      |                                   |
| Номер помещения и назначение | Наименование ограждения | Размеры | Площадь, $m^2$ | Ориентация ограждения | Сопротивление теплопередач $R$ , ( $m^2 \cdot C / Вт$ ) | Внутренняя температура $t_{в}$ , $^{\circ}C$ | Разность температур ( $t_{в} - t_{н.с}$ ), $^{\circ}C$ | Коэффициент $n$ | Основные теплотери $Q$ , Вт | $\beta_1$                             | $\beta_n$ | $\Sigma\beta$ | Расчетные теплотери ограждениями, Вт | Расчетные теплотери помещения, Вт |
| 101<br>ж.к.                  | НС                      | 5x3     | 15             | з                     | 2   | 20   | 44   | 1               | 330                         | 0,05                                  | 0,25      | 0,3           | 429                                  | 1186                              |
|                              | НС                      | 4x3     | 12             | с                     | 2   |  |  |                 | 264                         | 0,1                                   | 0,1       | 0,2           | 317                                  |                                   |
|                              | О                       | 3       | 3              | с                     | 0,6   |  |  |                 | 220                         | 0,1                                   | 0,1       | 0,2           | 264                                  |                                   |
|                              | Пл                      | 5x4     | 20             | с                     | 3   |  |  |                 | 176                         | 0,6                                   | 176       | -             | -                                    |                                   |
| 102                          |                         |         |                |                       |   |  |  |                 |                             |                                       |           |               |                                      |                                   |
| ИТОГО                        |                         |         |                |                       |   |  |  |                 |                             |                                       |           |               | 35000                                |                                   |

## 2.2 Определение площади ограждений

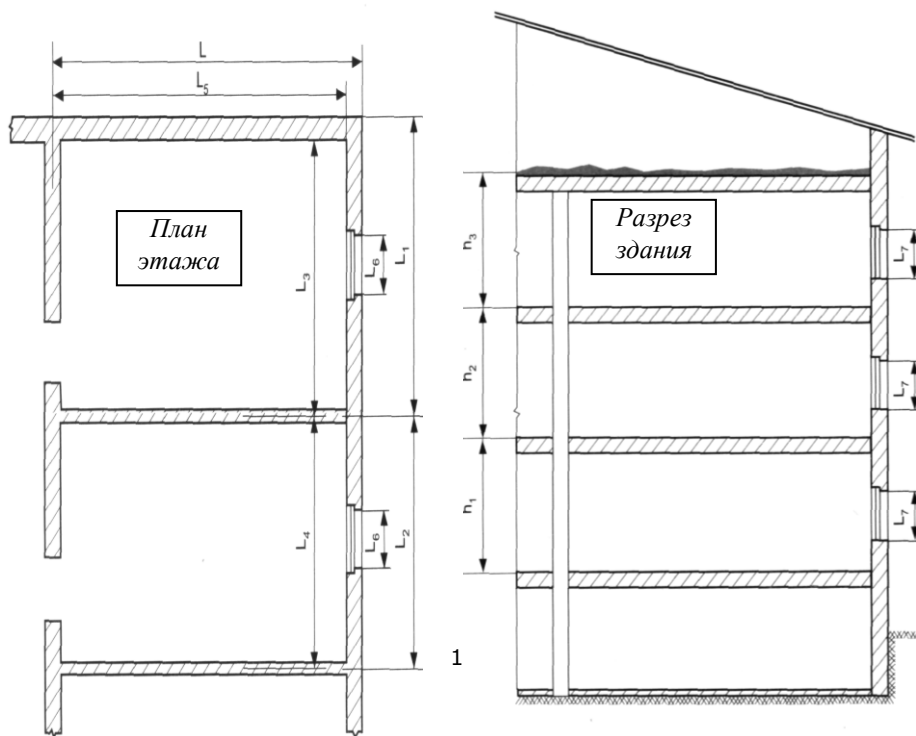
Как при ручном, так и при компьютерном расчете теплотерь при заполнении исходных данных важно правильно определить площади ограждений. Линейные размеры ограждающих конструкций следует определять с точностью до 0,1 м. Пример обмера ограждающих конструкций приведен на рисунке 2.

Принимают следующие линейные размеры ограждений:

- площадь световых проемов и дверей – по заданию;
- площадь потолков и полов  $L_3, L_4$  – по размерам между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен;
- высоту стен первого этажа  $h_1$  – по размеру от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;
- высоту стен промежуточного этажа  $h_2$  – по размеру между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;
- высоту стен верхнего этажа  $h_3$  – от уровня пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия;
- длину наружных стен: *угловых помещений*  $L$  и  $L_1$  – по внешнему периметру от линии пересечения наружных стен до осей внутренних стен; *неугловых помещений*  $L_2$  – между осями внутренних стен;
- длину внутренних стен – между осями.

Для лестничных клеток теплотери вычисляются по всей высоте без деления на этажи.

Рисунок 2 – Обмер поверхностей ограждений



### 2.3 Определение удельных расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

Удельные расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий  $q_A$  Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут), и  $q_V$ , Вт·ч/(м<sup>3</sup>·°С·сут), следует определять по формулам:

$$q_A = \frac{Q_s}{A_{bu}D} 10^3, \quad (13)$$

$$q_V = \frac{Q_s}{V_{bu}D} 10^3, \quad (14)$$

где  $Q_s$  – суммарный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, кВт·ч.

$A_{bu}$  – отапливаемая площадь здания, м<sup>2</sup>, определяемая по внутреннему периметру наружных вертикальных ограждающих конструкций;

$V_{bu}$  – отапливаемый объем здания, м<sup>3</sup>;

$D$  – количество градусо-суток отопительного периода, °С·сут, определяемое как  $D = (t_n - t_{н.от.п})Z_{от}$ ;

$t_n$  – средневзвешенная по объему зданию расчетная температура внутреннего воздуха в помещениях, °С;

$t_{н.от.п}$  – средняя температура наружного воздуха (см. таблицу 5);

$Z_{от}$  – продолжительность отопительного периода, сут, (см. таблицу 5).

Для сравнения с полученными результатами в **приложении Г** приведены нормативные удельные расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий.

### 2.4 Расчет отопительных приборов

Отопительные приборы (ОП) являются основным элементом системы отопления. Они предназначены для передачи тепла помещению от теплоносителя. При расчетной температуре наружного воздуха теплотребность помещения  $Q_n$  должна компенсироваться теплоотдачей отопительного прибора  $Q_{пр}$ .

ОП должны удовлетворять теплотехническим, санитарно-гигиеническим и технико-экономическим требованиям.

Размещение ОП должно быть таким, чтобы температура в помещении распространялась равномерно. Поэтому ОП в большинстве случаев устанавливают под окнами или у наружной стены в угловом помещении. При таком размещении прибора возрастает температура внутренней поверхности в нижней части наружной стены и окна, что повышает тепловой комфорт помещения, уменьшая радиационное охлаждение людей. Длина ОП должна быть не менее трех четвертей ширины окон-

ного проема. Чем ниже и длиннее сам по себе прибор, тем ровнее температура помещения и лучше прогревается его рабочая зона.

**Особое размещение ОП требуется в лестничных клетках.**

В зданиях до 3 этажей установка радиаторов предусмотрена только на первом этаже за тамбуром справа у входных дверей. В зданиях 4 и более этажей установка ОП предусматривается следующим образом: на первом этаже – 50 % ОП в зависимости от теплопотерь ЛК, на втором – 30 %, на третьем – 20 %.

На лестничных клетках индивидуальная регулировка не предусматривается. Вполне достаточно использование лишь пробочных кранов, устанавливаемых, как и на всех стояках, в верхней и нижней их частях соответственно до и после тройников с пробкой.

При выборе ОП рекомендуется придерживаться одного типа, чтобы не усложнять монтаж системы отопления.

Теплотехнические требования ОП сводятся к высокому коэффициенту теплопередачи  $k_{\text{пр}}$  в пределах 7 – 16 Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Основными факторами, влияющими на величину  $k_{\text{пр}}$ , являются:

- 1) вид и конструктивные особенности, приданные типу прибора при его разработке;
- 2) температурный напор  $\Delta t$  при эксплуатации прибора, т.е. разность температур горячего  $t_r$  и охлажденного (обратного) теплоносителя  $t_o$  в СО и температуры окружающей среды  $t_b$ :

$$\Delta t_{\text{ср}} = 0,5(t_r + t_o) - t_b. \quad (15)$$

В зависимости от значения  $k_{\text{пр}}$  и размеров ОП изменяется его общий тепловой поток. Величина общего теплового потока обусловлена его поверхностной плотностью, т.е. значением удельного теплового потока  $q_{\text{пр}}$ , передаваемого от теплоносителя через 1 м<sup>2</sup> площади прибора в окружающую среду:

$$q_{\text{пр}} = q_n \left( \frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{1+n} \left( \frac{G_{\text{пр}}}{360} \right)^p, \quad (16)$$

где  $q_n$  – номинальная плотность теплового потока ОП, полученная экспериментальным путем при стандартных условиях ( $t_r = 105$  °С,  $t_o = 70$  °С,  $t_b = 18$  °С, расход теплоносителя – воды в приборе 360 кг/ч);

$\Delta t_{\text{ср}}$  – то же, температурный напор при условиях, отличных от стандартных;

70 – температурный напор при стандартных условиях, равный раз-

ности полусуммы температур воды на входе и выходе отопительного прибора и температуры воздуха в помещении  $(t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}})0,5 - t_{\text{в}} = (105 + 70)0,5 - 18 \approx 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$$G_{\text{пр}} - \text{то же, фактический, } G_{\text{пр}} = \frac{0,86Q_{\text{пр}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{о}}}, \text{ кг/ч};$$

$n, p$  – экспериментальные показатели, согласно таблице 9.

360 – расход воды в приборе (стандартный), кг/ч;

В зависимости от варианта студент выбирает из таблицы 8 соответствующую марку ОП.

Таблица 8 – **Теплотехнические характеристики нагревательных приборов**

| Обозначение прибора                           | Площадь одной секции, поверхность теплообмена $f_1, \text{ м}^2$ | Плотность теплового потока номинальная $q_{\text{ном}}, \text{ Вт/м}^2$ | Показатели степени и коэффициенты в формуле |      | Схема присоединения прибора | Расход теплоносителя через прибор $G_{\text{пр}}, \text{ кг/ч}$ | Коэффициент теплопередачи $K, \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ |
|---|--|---|---|------|-----------------------------|---|--|
|   |  |   | $n$   | $p$  |                             |   |  |
| <i>Радиаторы чугунные</i>                     |  |   |   |      |                             |   |  |
| 2КП-90x500                                    | 0,155  | 110   | 0,3   | 0    | любая                       | 0,015–0,149   | 12,5   |
| <i>Радиаторы стальные панельные типа РСВИ</i> |  |   |   |      |                             |   |  |
| РСВИ-1  | 0,71   | 710   | 0,3   | 0,08 | любая                       | 0,005–0,017   | 11,5   |
| РСВИ-2  | 0,95   | 712   |   |      |                             |   |  |
| РСВИ-4  | 1,44   | 712   |   |      |                             |   |  |
| <i>Конвекторы</i>                             |  |   |   |      |                             |   |  |
| Комфорт-20 КН20-0,82к                         | 1,78   | 463   | 0,35  | 0,18 |                             | 0,052–0,027   | 14,0   |
| Универсал КН20-0,786к                         | 2,2  | 358   | 0,3   | 0,18 |                             | 0,005–0,017   | 13,5   |

При расчете ОП следует учитывать, что в **двухтрубных системах водяного отопления средняя температура теплоносителя одинаковая** во всех нагревательных приборах:

$$t_{\text{ср}} = 0,5(t_{\text{г}} + t_{\text{о}}). \quad (17)$$

В то же время в **однотрубных системах водяного отопления средняя температура в нагревательных приборах будет разной** и определяется расчетным путем:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{вх}} - 0,5\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{вх}} - 0,5Q_{\text{пр}}/cG_{\text{пр}}; \quad (18)$$

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{вх}} - 1,8Q_{\text{пр}}/G_{\text{пр}}; \quad (19)$$

$$t_{\text{вх}} = t_{\text{г}} - 0,8q_{\text{пр}}/G_{\text{ст}} \quad . \quad (20)$$

Так как температура воды изменяется от  $t_{\text{г}}$  до  $t_0$ , то при тепловой нагрузке стояка, представляющей собой сумму тепловых нагрузок всех приборов  $Q_{\text{ст}} = Q_{\text{пр.1}} + Q_{\text{пр.2}} + \dots + Q_{\text{пр.н}}$ , через стояк должна проходить масса воды, кг/ч,

$$G_{\text{ст}} = \frac{0,86Q_{\text{ст}}}{t_{\text{г}} - t_0}, \quad (21)$$

где 0,86 – коэффициент, учитывающий теплоемкость воды;

$Q_{\text{ст}}$  – тепловая нагрузка стояка, Вт.

Температура в любой точке стояка однотрубной системы многоэтажного здания:

$$t_x = t_{\text{г}} - \frac{(t_{\text{г}} - t_0)(Q_{\text{пр.1}} + Q_{\text{пр.2}} + \dots + Q_{\text{пр.н}})}{\Sigma Q_{\text{ст}}}, \quad (22)$$

где  $Q_{\text{пр.1}} + Q_{\text{пр.2}} + \dots + Q_{\text{пр.н}}$  – тепловая нагрузка ОП, расположенных выше точки  $x$ , в которой определяется температура воды, Вт;

$\Sigma Q_{\text{ст}}$  – тепловая нагрузка всех ОП, присоединенных к данному стояку, Вт.

По полученным значениям температур определяется плотность воды  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup> (таблица 9).

**Таблица 9 – Плотность воды при ее температуре в пределах от 40 до 99 °С**

| Градусы | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0       | 992,2 | 988,0 | 983,2 | 977,8 | 971,8 | 965,3 |
| 1       | 991,8 | 987,6 | 982,7 | 977,2 | 971,2 | 964,7 |
| 2       | 991,4 | 987,1 | 982,2 | 976,6 | 970,5 | 964,0 |
| 3       | 991,1 | 986,7 | 981,6 | 976,0 | 969,9 | 963,3 |
| 4       | 990,6 | 986,2 | 981,1 | 975,5 | 969,3 | 962,6 |
| 5       | 990,2 | 985,7 | 980,6 | 974,8 | 963,6 | 961,9 |
| 6       | 989,8 | 985,2 | 980,0 | 974,3 | 968,0 | 961,2 |
| 7       | 989,4 | 984,7 | 979,5 | 973,7 | 967,3 | 960,5 |
| 8       | 988,9 | 984,2 | 978,9 | 973,0 | 966,7 | 959,8 |
| 9       | 988,5 | 983,7 | 978,4 | 972,4 | 966,0 | 959,0 |

Итак, тепловой расчет приборов заключается в определении площади внешней поверхности каждого прибора, обеспечивающей необходимый тепловой поток от теплоносителя в помещение. Расчет про-

изводится при температуре теплоносителя, т.е. средней температуре воды в приборе, связанной с ее расходом.

Расчетную площадь ОП  $A_p$  определяют по формуле

$$A_p = Q_{np} / q_{np}. \quad (23)$$

Число секций

$$N = A_p / f_p, \quad (24)$$

где  $f_p$  – площадь одной секции типа радиатора, принятого к установке в помещении,  $m^2$ .

Расчетное число секций редко получается целым, поэтому его необходимо округлять в большую сторону до целого. В группировке прибора принимают к установке ближайшее большее число секций. Расчет отопительных приборов сводится в таблицу. Пример оформления приведен в таблице 10.

*Пример расчета отопительного прибора.* Необходимо рассчитать ОП РСВІ-1 в двухтрубной системе отопления для жилой комнаты 101(+104) с общими теплопотерями 1200 Вт. По формуле (17) находим  $t_{cp} = (70 + 50)0,5 = 60$  °С. Температурный напор (15)  $\Delta t_{cp} = 0,5(t_r + t_o) - t_b = 60 - 20 = 40$  °С. Из формулы (16) находим  $G_{np} = 0,86 \cdot 1200 / 40 = 25,8$  кг/ч. По формуле (16) находим  $q_{np} = 710(40/70)^{1,3} = 710 \cdot 0,57 = 404,7$  Вт/ $m^2$ . По формуле (23)  $A_p = 1200 / 404,7 = 2,9$   $m^2$ . По формуле (24) находим число секций в отопительном приборе  $N = 2,9 / 0,71 = 4,1$ . Принимаем 4 секции.

**Таблица 10 – Расчет нагревательных приборов**

| Номер помещения | Наименование помещения | Теплопотери | Средняя температура теплоносителя | Температура помещения | Тип нагревательного прибора | Коэффициент теплопередачи | Поверхность нагрева | Количество секций | Группировка секций в ОП |
|-----------------|------------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|
| 1               | 2                      | 3           | 4                                 | 5                     | 6                           | 7                         | 8                   | 9                 | 10                      |
| 101 (+104)      | ЖК                     | 1200        | 60                                | 20                    | РСВІ-1                      | 12,5                      | 2,9                 | 4                 | 2×2                     |

## 2.6 Выбор и расчет системы отопления

Теплопотери через ограждения помещений компенсируются теплоступлениями системой отопления.

При выборе системы отопления необходимо учитывать объемно-планировочное решение здания, его назначение. Для систем отопления следует применять в качестве теплоносителя воду, другие теплоносители допускается применять при обосновании. Системы отопления следует проектировать, как правило, с искусственным побуждением циркуляции, принимая скорость движения теплоносителя в трубах не более 1,5 м/с (в общественных зданиях) [2, 4].

В бесчердачных зданиях обычно применяются системы с *нижней разводкой*, в чердачных – с *верхней*. *Нижняя разводка* трубопроводов используется для двухтрубных систем и удобна в зданиях с плоской кровлей и различной этажностью, а также при скоростном строительстве, когда по графику производства работ требуется обогрев помещений по мере готовности этажей здания. *Верхняя разводка* трубопроводов применяется в системах отопления при отсутствии подвалов и сложности устройства подвальных каналов.

Вертикальная однотрубная система с *"опрокинутой" циркуляцией воды* (с нижним расположением подающей магистрали и верхней прокладкой обратной магистрали) способствует поддержанию равномерного теплового режима во всех помещениях здания.

*Двухтрубные* системы с верхней разводкой применяют в зданиях до 3 этажей, с нижней – в зданиях более 3 этажей.

*Вертикальные однотрубные* системы отопления рекомендуется проектировать с *тупиковой схемой* движения теплоносителя в магистралях.

Преимуществом *тупиковых* систем отопления жилых зданий является их меньшая по сравнению с другими системами металлоемкость; преимуществом *попутных* – одинаковая протяженность циркуляционных колец.

Основные схемы систем отопления приведены в **приложении Д.**

### **Специфическое оборудование СВО**

В системах отопления с искусственной циркуляцией принимают особые меры для удаления из них воздуха и обеспечения во всех точках тепловодов избыточного давления. В СВО скорость движения воды обычно больше скорости всплывания воздушных пузырьков, равной 0,2 м/с. Поэтому в таких системах устанавливают расширительные баки и воздухоотборники.

Расширительный бак служит для компенсации температурного увеличения объема воды в системе; удаления воздуха из системы в атмосферу воздушных скоплений, корродирующих сталь и создающих воздушные пробки, препятствующие циркуляции теплоносителя; контроля за уровнем воды в системе. Расширительный бак присоединяют либо непосредственно к главному стояку, либо к обратной линии до насоса (элеватора). *Расширительный бак* изготавливают из листовой стали со съемной крышкой на болтах для возможности его очистки, *устанавливают на чердаке или вверху лестничной клетки* [5].



В СВО разводящие магистральные теплопроводы прокладывают с подъемом к крайним стоякам и в высших точках системы устанавливают воздухоотборники. Для выпуска воздуха из воздухоотборников устанавливают кран, который в процессе эксплуатации системы отопления периодически открывают. В практике монтажа СВО используют в основном типовые воздухоотборники.

В СВО с нижней разводкой воздух удаляют с помощью специальной воздухоотводящей сети. Однако чаще всего используют *воздушные краны, устанавливаемые на верхних нагревательных приборах*. При этом способе отопительные приборы целесообразно присоединять к горячему теплопроводу снизу, которые в этом случае станоятся воздушными сборниками, но циркуляция воды в них будет происходить даже при наличии воздуха в верхней части прибора.

Для удаления воздуха и удобного спуска воды из системы водяного отопления необходимо прокладывать теплопроводы **с уклоном не менее 0,003** (мм/м) по ходу движения теплоносителя. Теплопроводы допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более.

### **Запорно-регулирующая арматура**

Для пуска системы по частям, а также выключения отдельных ветвей системы для ремонта на магистральных теплопроводах устанавливают вентили, задвижки или краны пробковые сальниковые. На отопительных стояках систем водяного отопления для гидравлической регулировки, отключения и опорожнения их ставятся прямоточные вентили с косым шпинделем и краны пробковые сальниковые бронзовые.

В зданиях высотой до 3 этажей отключающая арматура на стояках не ставится, за исключением лестничных клеток, где она должна быть предусмотрена независимо от этажности здания.

На подводках к приборам двухтрубных систем водяного отопления устанавливают краны двойной регулировки типа КРДШ, обладающие повышенным гидравлическим сопротивлением, что способствует равномерности распределения воды по нагревательным приборам.

На подводках к приборам однотрубных систем водяного отопления используют трехходовые краны КРТП и КРПШ (с поворотной заслонкой и шиберные), обладающие пониженным гидравлическим сопротивлением, что обеспечивает затекание в нагревательные приборы достаточного количества воды для их хорошего прогрева.

Во вспомогательных помещениях, лестничных клетках и других местах, опасных в отношении замерзания воды в нагревательных приборах и трубах, *арматуру на подводках не устанавливают*.

## **2.6 Гидравлический расчет теплопроводов**

**Система водяного отопления** представляет собой *разветвлен-*

ную закольцованную сеть труб и приборов, заполненных водой. Вода в течение отопительного сезона находится в постоянном кругообороте. По трубам (теплопроводам) *нагретая* вода распределяется по приборам, *охлажденная* в приборах вода собирается воедино, нагревается в теплообменнике и вновь направляется к приборам.

Теплопроводы предназначены для доставки и передачи в каждое помещение необходимого количества тепловой энергии. Так как теплоснабжение происходит при охлаждении определенного количества воды, требуется выполнить гидравлический расчет системы.

**Целью гидравлического расчета теплопроводов систем отопления является выбор таких сечений (диаметров) теплопроводов для наиболее протяженного и нагруженного циркуляционного кольца или ветви системы, по которым при располагаемой разности давлений в системе обеспечивается пропуск заданного расхода теплоносителя.**

Располагаемая разность давлений выражает собой ту энергию, которая при движении теплоносителя по трубам может быть израсходована на преодоление сопротивлений трения и местных сопротивлений.

Гидравлическому расчету предшествует подготовительная работа:

- подсчитываются теплопотери каждого отапливаемого помещения; расставляются отопительные приборы (под окнами) и стояки (в углах помещений) с запорно-регулирующей арматурой. Размещение стояков продиктовано как месторасположением радиаторов (под окнами), так и целесообразностью прокладки самостоятельных стояков в лестничных клетках (чаще остальных, отключаемых на ремонт) и в *наружных углах* здания для их утепления;

- намечается место расположения теплового пункта (в подвале возле несущей стены);

- намечаются места прокладки магистралей. *При нижней разводке* подающая (горячая) и обратная (охлажденная) магистрали прокладываются в подвале; *при верхней* подающая – на чердаке, обратная – в подвале; *при опрокинутой циркуляции* – наоборот.

Правильный гидравлический расчет предопределяет работоспособность системы отопления. Он производится в следующем порядке.

**1 Вычерчивается пространственная схема системы отопления**, обычно в аксонометрической проекции, со всеми принятыми элементами. На схеме приводятся:

- тепловые нагрузки приборов  $Q_n$  – по данным таблицы 10;
- запорно-регулирующая арматура у приборов, на стояках, магистралях, теплового пункта;

Для обеспечения комнатной регулировки теплоотдачи последних у каждого из них предусматриваются индивидуальные регуляторы и отключаемая независимо от остальной коммуникации подводка.

## **2 Выбирается главное циркуляционное кольцо системы.**

**В вертикальной однетрубной системе** – это кольцо:

*при тупиковом движении воды* – через наиболее нагруженный и удаленный стояк от теплового пункта;

*при попутном движении воды* – через наиболее нагруженный, средний стояк.

**В вертикальной двухтрубной системе** – это кольцо:

*при тупиковом движении воды* – через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного и удаленного стояка от теплового пункта;

*при попутном движении воды* – через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного, среднего стояка.

Этим самым выбирается наилучший вариант – максимальная длина, минимальный движущий напор.

После выбора неблагоприятного кольца оно разбивается на расчетные участки, на каждом участке определяются тепловые нагрузки, длины и проставляется нумерация, начиная от элеватора по расчетному кольцу.

В разветвленных системах теплопроводов *расчетным участком* называют отрезок теплопровода с постоянным расходом теплоносителя. Последовательно соединенные участки, образующие замкнутый контур циркуляции воды через элеватор (теплогенератор), и составляют циркуляционное кольцо системы.

Тепловая нагрузка участка  $Q_{уч}$  составляется из тепловых нагрузок приборов, обслуживаемых протекающей по участку водой.

Для участка подающего теплопровода тепловая нагрузка выражает запас теплоты, предназначенной для последующей теплопередачи в помещения; для участка обратного теплопровода – потери теплоты протекающей охлажденной водой при теплопередаче в помещения. тепловая нагрузка участка предназначена для определения расхода воды на участке в процессе гидравлического расчета.

## **3 Определяется расчетное циркуляционное давление.**

Нагревание и охлаждение воды в циркуляционных кольцах системы создают неоднородное распределение ее плотности. Естественная циркуляция воды возникает в вертикальной системе.

Охлаждение теплоносителя воды в СО происходит непрерывно по мере удаления от теплообменника, на выходе из которого температура имеет наивысшее значение, и заканчивается при ее возвращении к теплообменнику. Постепенное остывание воды в теплопроводах сменяется быстрым охлаждением ее в отопительных приборах. Поэтому общее естественное циркуляционное давление, возникающее в системе, можно рассматривать как сумму величин: давления  $\Delta p_{e пр}$ , образующегося вследствие охлаждения воды в отопительных приборах, и давления  $\Delta p_{e тр}$ , вызываемого охлаждением воды в трубах:

$$\Delta p_e = \Delta p_{e пр} + \Delta p_{e тр}. \quad (25)$$

В большинстве случаев в СО многоэтажных зданий первое слабое является основным по значению, второе – дополнительным.

В общем случае располагаемое гравитационное давление, Па, расходуемое на преодоление сопротивлений при движении воды в системе, можно рассчитать следующим образом:

$$\Delta p_e = hg(\rho_o - \rho_r), \quad (26)$$

где  $h$  – полная высота от элеватора (теплогенератора) до верха прибора последнего этажа, м;

$g$  – коэффициент свободного падения,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>;

$\rho_o, \rho_r$  – плотность воды соответственно охлажденной и горячей, кг/м<sup>3</sup>, (см. таблицу 9).

Для обычных гравитационных систем располагаемое давление сравнительно невелико (порядка 500–1000 Па), потому в протяженных зданиях, как правило, устраивают системы с искусственным (насосным) побуждением. Это позволяет создавать значительные давления и обеспечивает применение труб небольших диаметров.

Итак, **расчетное циркуляционное давление  $\Delta p_p$**  выражает располагаемую разность давления (насосного и естественного), которая в расчетных условиях может быть израсходована на преодоление сопротивления движению воды в системе, и определяется по формуле

$$\Delta p_p = \Delta p_n + B\Delta p_e, \quad (27)$$

где  $\Delta p_n$  – искусственное давление, создаваемое насосом или элеватором, Па, ( $\Delta p_n = 10 \dots 12$  кПа); и рассчитывается как  **$\Delta p_n = 100 \Sigma l$** ;

$B$  – поправочный коэффициент, учитывающий значение естественного циркуляционного давления в период поддержания расчетного гидравлического режима в системе;  $B = 0,4$  – для двухтрубных и горизонтальных систем;  $B = 1$  – для однотрубных систем.

**4** В данной курсовой работе для гидравлического расчета трубопроводов используется *метод удельных потерь давления*. Поэтому, вначале **определяется ориентировочное значение удельной потери давления** от трения при движении теплоносителя по трубам  $R_{cp}$ , Па/м, по формуле

$$R_{cp} = \frac{0,5\Delta p_p}{\Sigma l}, \quad (28)$$

где  $\Sigma l$  – сумма длин участков расчетного кольца, м.

**5 Определяют расходы воды на расчетных участках.**

Так как температура воды изменяется от  $t_r$  до  $t_o$ , то при тепловой нагрузке стояка, представляющей собой сумму тепловых нагрузок всех приборов  $Q_{ст} = q_1 + q_2 + \dots + q_n$ , через стояк должна проходить масса воды  $G_{ст}$ , кг/ч,

$$G_{ст} = \frac{0,86 Q_{ст}}{t_r - t_o}, \quad (29)$$

где 0,86 – коэффициент, учитывающий теплоемкость воды;

$Q_{ст}$  – тепловая нагрузка стояка, Вт.

Аналогично вычисляется расход воды в системе.

При гидравлическом расчете потери давления на каждом участке,  $\Delta p_{уч}$ , Па, циркуляционного кольца определяют по формуле Дарси-Вейсбаха, известной из курса гидравлики:

$$\Delta p_{уч} = Rl + Z. \quad (30)$$

Потери давления на трение на участке определяются путем умножения удельной потери давления  $R$  на длину участка  $l$ , м.

Потери давления в местных сопротивлениях  $Z$ , Па, определяются по формуле

$$Z = \sum \zeta \frac{v^2}{2} \rho, \quad (31)$$

где  $\sum \zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке (таблица 11);

$v$  – скорость воды на участке, м/с, принимается по таблице Е1 (приложение Е);

$\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

**Таблица 11 – Значения коэффициентов местных сопротивлений**

| Местные сопротивления | Коэффициент местного сопротивления $\zeta$ |
|-----------------------|--|
| Элеватор              | 2,8  |
| Радиатор              | 2  |
| Внезапное расширение  | 1  |
| сужение               | 0,5  |
| Тройники:             |  |
| проходной             | 1  |
| ответвления           | 1,5  |
| противоточный         | 3  |
| Крестовины:           |  |
| проходная             | 2  |

|  |  |                     |                        |
|--|--|---------------------|------------------------|
| ответвления  | 3  |                     |                        |
| Отступ   | 0,5  |                     |                        |
| Отводы:<br>широкий<br>узкий  | 0,5<br>1,2                                 |                     |                        |
| Местные сопротивления  | Коэффициент местного сопротивления $\zeta$ |                     |                        |
|  | $\varnothing$ 15 мм                        | $\varnothing$ 20 мм | $\varnothing$ свыше 20 |
| Краны:<br>двойной регулировки<br>трехходовой проходной<br>трехходовой поворотный | 4<br>3,6<br>4,5                            | 2<br>1,5<br>2,3     | 2<br>0,8<br>2,0        |
| Вентили:<br>прямой<br>косой  | 16<br>3                                    | 10<br>3             | 9<br>3                 |
| Задвижка   | 1,5  | 0,5                 | 0,5                    |

Сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке зависит от вида коэффициентов местных сопротивлений, к которым относятся: тройники, отводы, утки, краны, вентили, отопительные приборы и др. Коэффициенты местных сопротивлений принимаются по таблице 11 и заносятся в отдельную таблицу в тексте пояснительной записки в зависимости от рассчитываемых участков циркуляционного кольца.

**Внимание!** При расчете диаметров труб на участках циркуляционного кольца *сначала ими задаются*. Диаметры должны быть такими, чтобы располагаемое давление  $p$ , Па, с небольшим запасом отвечало потере давления при движении воды в трубопроводе. Следовательно, по полученному значению  $R_{cp}$  **по таблице приложения Е** принимаются диаметры участков  $d$  и по значению расходов воды  $G$  определяются действительные скорости движения воды  $v$  и удельные потери давления от трения  $R$ . **Эти данные вносятся в таблицу 12.** Необходимо подбирать диаметры участков таким образом, чтобы скорости движения воды возрастали по мере увеличения тепловых нагрузок без резких скачков.

Суммируя потери давления на трение  $Rl$  и потери в местных сопротивлениях  $Z$ , определяют потери давления на участке, а затем, суммируя потери давления на расчетных участках  $Rl_i + Z_i$ , получают потери давления в кольце  $\Sigma(Rl_i + Z_i)$ , которые должны быть в пределах 90 % располагаемого давления:

$$\frac{\Delta p_{pc} - \Sigma(Rl_i + Z_i)}{\Delta p_{pc}} 100 \% \leq 10 \% . \quad (32)$$

Если данное равенство не выполняется, необходимо изменить диаметры отдельных участков.

Дальнейший гидравлический расчет трубопроводов системы отопления сводится к увязке всех циркуляционных колец по полученным потерям давления в главном циркуляционном кольце.

Результаты расчета сводятся в таблицу 12, в которой приведен пример гидравлического расчета.

Таблица 12 – Гидравлический расчёт теплопроводов

| Данные по схеме                      |                                      |                                     |                       | Принято                       |                                  |   |   |  |  |   |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|---|--|--|---|
| Номер участка                        | Тепловая нагрузка участка $Q_i$ , Вт | Расход воды на участке $G_i$ , кг/ч | Длина участка $l$ , м | Диаметр трубопровода $d$ , мм | Скорость движения воды $U$ , м/с | Потери давления от трения на 1 м длины $R$ , Па/м | Потери давления от трения на участке $Rl$ , м | Сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\sum Z$ , Па | Потери давления в местных сопротивлениях, $Z$ , Па | Сумма потерь давления на участке $Rl_i + Z_i$ |
| 1                                    | 2                                    | 3                                   | 4                     | 5                             | 6                                | 7   | 8   | 9  | 10   | 11  |
| 1                                    | 47100                                | 1620,24                             | 3,0                   | 32                            | 0,45                             | 98,5  | 295,5   | 3,8  | 376,2  | 671,7   |
| 2                                    | 24548                                | 844,45                              | 5,2                   | 25                            | 0,41                             | 123   | 639,6   | 1  | 82,2   | 721,8   |
| 3                                    | 21437                                | 737,43                              | 0,3                   | 25                            | 0,36                             | 95  | 28,5  | 1  | 62,7   | 91,2  |
| 4                                    | 19741                                | 679,09                              | 0,8                   | 25                            | 0,33                             | 80  | 64  | 1  | 52,6   | 116,6   |
| .....                                |                                      |                                     |                       |                               |                                  |   |   |  |  |   |
| 11                                   | 3941                                 | 135,57                              | 7,6                   | 15                            | 0,21                             | 60  | 456   | 20   | 410,9  | 866,9   |
| 12                                   | 1012                                 | 34,81                               | 1,3                   | 15                            | 0,05                             | 3,8   | 4,94  | 6,2  | 7,0  | 12,0  |
| 13                                   | 3941                                 | 135,57                              | 7,2                   | 15                            | 0,21                             | 60  | 432   | 20   | 416,2  | 848,2   |
| .....                                |                                      |                                     |                       |                               |                                  |   |   |  |  |   |
| 22                                   | 24548                                | 844,45                              | 5,7                   | 25                            | 0,41                             | 123   | 701,1   | 1  | 83,2   | 784,3   |
| 23                                   | 47100                                | 1620,24                             | 2,8                   | 32                            | 0,45                             | 98,5  | 275,8   | 0,5  | 49,7   | 325,5   |
| Сумма потерь давления в кольце равна |                                      |                                     |                       |                               |                                  |   |   |  |  | 9419,2  |

## 2.7 Присоединение системы отопления

Теплоснабжение жилых зданий может быть централизованным или автономным. Централизованное теплоснабжение осуществляется от ТЭЦ или районной котельной. Автономное теплоснабжение производится от автономного источника теплоснабжения (АИТ) или индивидуального теплогенератора квартирных систем отопления.

Для жилых домов в качестве теплоносителя в системах централизованного теплоснабжения как правило, используется высокотемпературная вода.

Системы централизованного теплоснабжения могут быть открытыми или закрытыми. В первом случае для горячего водоснабжения и отопления используется теплофикационная вода. В закрытых системах присоединение систем осуществляется через теплообменник. Система отопления жилого здания присоединяется к централизованной системе теплоснабжения по одной из следующих схем:

- через водоструйный элеватор;
- с помощью подмешивающего насоса;
- через теплообменник.

В последнее время получило распространение присоединение жилых зданий к системе централизованного теплоснабжения через индивидуальный тепловой пункт (ИТП). Это обусловлено появлением на белорусских рынках нового полностью автоматизированного малогабаритного оборудования, а также необходимостью учета теплопотребления. В ИТП вода на нужды отопления и горячего водоснабжения приготавливается в пластинчатых теплообменниках, установленных непосредственно в здании.

**Регулирование расхода тепла в системе отопления** происходит по заданному отопительному графику в зависимости от температуры  $t_n$ , автоматического поддержания температуры воды в системе.

Регулятор, например «Рацион-Комфорт», может работать автономно или в составе многоуровневых систем управления, с которыми связывается через последовательный интерфейс RS 232 (рисунок 3).

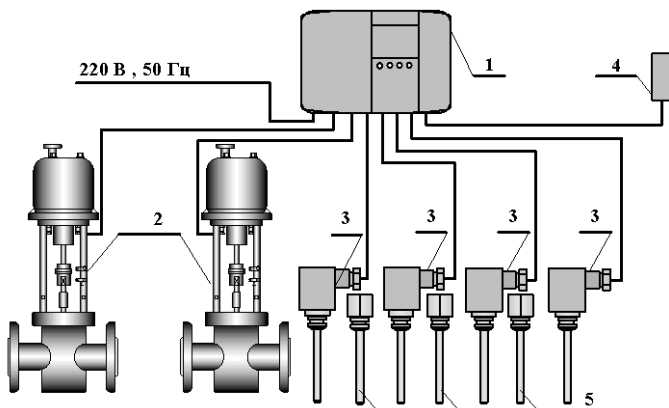
Регулятор рассчитан на эксплуатацию в закрытых взрывобезопасных помещениях с температурой окружающей среды от +0 до +50 °С, относительная влажность воздуха не должна превышать 80 % при температуре +35 °С.

Регулятор состоит из микропроцессорного блока управления, датчиков температуры, а также одного или двух клапанов регулирующих седельных. В зависимости от количества автоматизируемых систем регулятор может быть одно- или двухконтурным.

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

Регулятор имеет Сертификат соответствия Госстандарта РБ.





1 – блок управления регулятором; 2 – клапан регулирующий седельный с электроприводом; 3 – датчик температуры погружной; 4 – датчик температуры наружного воздуха; 5 – гильза защитная

Рисунок 3 – Общий вид регулятора «Рацион-Комфорт» 2 для отопления и горячего водоснабжения

**Принцип работы регулятора для контура отопления (или для системы вентиляции)** заключается в следующем. Блок управления, с помощью датчиков температуры, определяет температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления и температуру наружного воздуха (рисунок 4) (или температуру воздуха в помещении или воздуховоде). На основании выбранного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления  $t_{c.o}$  от температуры наружного воздуха  $t_n$ , блок управления определяет требуемое значение температуры теплоносителя или воздуха, поступающего в систему отопления (рисунок 5) или в помещение.

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

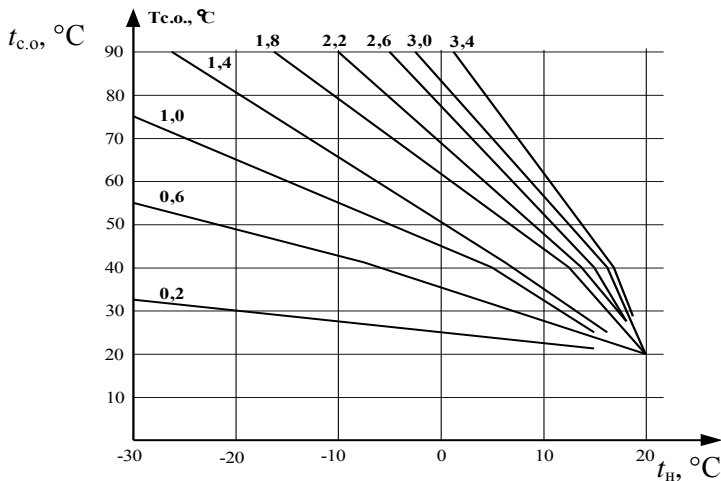
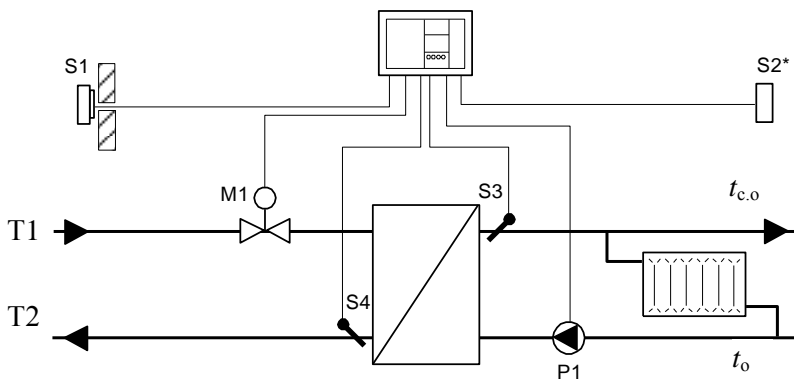


Рисунок 4 – График зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления  $t_{c.o.}$ , от температуры наружного воздуха  $t_H$



одной системы отопления с независимым присоединением к тепловой сети через пластинчатый теплообменник

Необходимо отметить, что внедрение систем отопления с автоматическим регулированием теплоотдачи нагревательных приборов с помощью термостатов привело к снижению запросов потребителей по присоединению систем отопления с помощью водоструйных элеваторов, так как последние нормально работают лишь при постоянном расходе воды в системе.

Для упрощения расчетов в данной курсовой работе проектируется присоединение тепловой сети к местной системе отопления через водоструйный элеватор (рисунок 6), который предназначен для снижения температуры воды первичного теплоносителя  $T1$  до температуры,

допустимой в СО  $t_r$ , путём подмешивания обратной воды  $t_o$  и создания необходимой циркуляции в системе отопления.

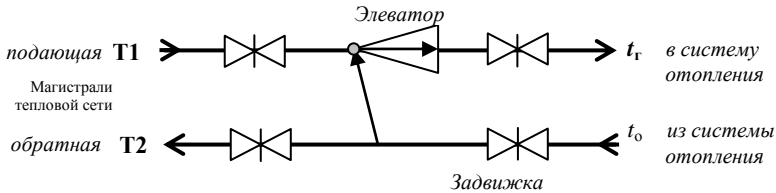
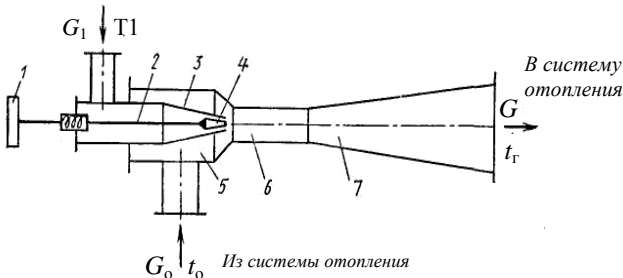


Рисунок 6 – Схема присоединения тепловой сети к системе отопления

Основными частями элеватора (рисунок 7) является сопло, камера всасывания, камера смешения и диффузор.

1 – механизм для перемещения регулирующей иглы; 2 – шток регулирующей

Из тепловой  
сети



иглы; 3 – сопло; 4 – регулирующая игла; 5 – камера всасывания;

6 – горловина; 7 – диффузор

Рисунок 7 – Схема водоструйного элеватора

Работа элеватора основана на использовании энергии струи воды подающей магистрали тепловой сети, выходящей из сопла со значительной скоростью. Вокруг струи создается зона пониженного давления, благодаря чему охлажденная вода перемещается из обратной магистрали системы в камеру всасывания. В горловине струя смешанной воды двигается с меньшей, чем в отверстии сопла, но еще со значительной скоростью. В диффузоре при постепенном увеличении площади поперечного сечения по его длине гидродинамическое (скоростное) давление падает, а гидростатическое – нарастает.

За счет разности гидростатического давления в конце диффузора и в камере всасывания элеватора создается циркуляционное давление, необходимое для циркуляции воды в системе отопления [6].

Основной характеристикой для элеватора служит коэффициент смешения  $u$ , представляющий собой отношение массы подмешиваемой охлажденной воды  $G_o$  к массе воды  $G_1$ , поступающей из тепловой сети в элеватор:

$$U = G_o / G_1 = (T_1 - t_r) / (t_r - t_o). \quad (33)$$

Далее определяем диаметр горловины:

$$d_r = 1,55 G_c^{0,25} / \Delta p_n^{0,25}, \quad (34)$$

где  $G_c$  – расход воды в системе отопления, кг/ч;

$\Delta p_n$  – насосное циркуляционное давление для системы, кПа.

Стандартный элеватор, близкий к полученному  $d_r$ , подбираем из таблицы 13. *Пример условного обозначения:* Элеватор Э-№1, ТУ РБ 14520298.014-98.

### 3 ВЕНТИЛЯЦИЯ ЗДАНИЯ

#### 3.1 Определение воздухообмена в помещениях

Необходимость устройства систем вентиляции в жилых и общественных зданиях обусловлена выделением теплоты, влаги и вредных газов.

Количество вентиляционного воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, для жилых зданий определяется в зависимости от помещений. Для жилых комнат квартиры (если они не связаны коридором с кухней или санузелом)

Таблица 13 – Технические характеристики элеваторов

| Наименование                                     | Ед. изм.          | Мини        |    |    | Э-№1    |    |    | Э-№2    |    |    | Э-№3    |    |    | Э-№4    |    |    |
|--|-------------------|-------------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|---------|----|----|
|  |                   | Ф1          | Ф2 | Ф3 | Ф1      | Ф2 | Ф3 | Ф1      | Ф2 | Ф3 | Ф1      | Ф2 | Ф3 | Ф1      | Ф2 | Ф3 |
| Диаметр номинальный, DN                          | мм                | 32          |    |    | 50      |    |    | 50      |    |    | 80      | 50 | 80 | 80      | 50 | 80 |
| Давление номинальное, PN                         | МПа               | 1,6         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |
| Температура рабочей среды                        | °С                | 150         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |
| Условная пропускная способность, K <sub>ув</sub> | м <sup>3</sup> /ч | 0,1–0,6     |    |    | 0,6–1,0 |    |    | 1,0–2,0 |    |    | 1,2–3,0 |    |    | 3,0–5,0 |    |    |
| Диаметр сопла d <sub>c</sub>                     | мм                | 2,5         |    |    | 3,0     |    |    | 4,0     |    |    | 6,0     |    |    | 7,0     |    |    |
| Диаметр горловины d <sub>r</sub>                 | мм                | 10          |    |    | 15      |    |    | 20      |    |    | 25      |    |    | 30      |    |    |
| Масса  | кг                | 5,1         |    |    | 8,2     |    |    | 8,2     |    |    | 9,9     |    |    | 9,9     |    |    |
| Материалы основных деталей                       |                   |             |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |
| Корпусные детали                                 |                   | Сталь Ст 3  |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |
| Сопло  |                   | Чугун СЧ-20 |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |         |    |    |

$$L = 3F_{пл}, \quad (35)$$

где 3 – кратность воздухообмена в час, 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> площади пола;  
 $F_{пл}$  – площадь пола, м<sup>2</sup>.

Воздухообменом называется частичная или полная замена воздуха,

содержащего вредные выделения, чистым атмосферным воздухом. Количество воздуха  $L$ , подаваемого или удаляемого за 1 ч из помещения, отнесенное к его внутренней кубатуре  $V$ , принято называть *кратностью воздухообмена*  $n$ . При этом знаком (+) обозначается воздухообмен по притоку, знаком (-) – по вытяжке, т.е.

$$\pm n = L / V. \quad (12)$$

Для кухонь – кратность воздухообмена принимается по расчету, но не менее 60 м<sup>3</sup>/ч. Для ванных комнат, санузлов (совмещенных) принимается по приложению В, но не менее 50 м<sup>3</sup>/ч. Нормативные значения кратность воздухообмена в помещениях жилых зданий приведены в СНБ 4.02.01-03. В курсовой работе определяем расход воздуха через вытяжные отверстия. Кратность воздухообмена принимается: для кухонь и санузлов – 3,0 (см. **приложение В**). Полученные данные заносятся в таблицу 14.

**Таблица 14 – Потребные вентиляционные объемы воздуха**

| Номер помещения | Помещение | Объем помещения, м <sup>3</sup> | Кратность обменов $n$ |         | Объем вентиляционного воздуха $L$ , м <sup>3</sup> /ч |         | Площадь воздуховода, м <sup>2</sup> |
|-----------------|-----------|---------------------------------|-----------------------|---------|---|---------|-------------------------------------|
|                 |           |                                 | приток                | вытяжка | приток  | вытяжка |                                     |
| 204             | К.        | 45,72                           | -                     | 3,0     | -   | 137,16  | 0,063                               |
| 205             | С.у.      | 3,41                            | -                     | 3,0     | -   | 10,23   | 0,005                               |

### **3.2 Выбор систем вентиляции и их конструирование**

В жилых зданиях устраивают естественную вентиляцию. *Организованную вытяжку* – в каждой квартире из кухонь, ванных комнат, туалетов и санузлов и *неорганизованный приток* – в каждое помещение через окна, форточки, балконные двери, щели в оконных переплетах. Исключения составляют жилые комнаты, не смежные с санузлами и кухнями, в квартирах без сквозного или углового проветривания, состоящих из 4 комнат и более. В этих случаях естественную вытяжку делают непосредственно из таких комнат.

Теплые чердаки рекомендуется предусматривать для зданий высотой 9 этажей и более [7].

В кирпичных внутренних стенах размеры каналов принимаются кратными 1/2 кирпича (140×140, 140×270, 270×270, 270×400 и т.п.). Наименьший канал – 1/2×1/2 кирпича (140×140).

Приставные каналы выполняются из гипсошлаковых плит толщиной 35 мм и других материалов.

Наименьший размер сборных горизонтальных каналов на чердаках – 200 × 200 мм.

Вытяжные отверстия в жилых зданиях располагают под потолком, но не ниже 2 м от пола до низа отверстий и не ниже 0,1 м от плоско-

сти потолка до верха отверстий [СНБ 4.02.01-03, п. 7.59] и снабжаются решетками с подвижными и неподвижными жалюзи. Наименьший размер вытяжной решетки 150×150 мм.

Протяженность сборных каналов на чердаках от места присоединения вертикального вытяжного канала до выбросной шахты не должна превышать 8 м, ближайшими по ходу воздуха к вытяжной шахте должны быть вытяжные каналы верхних этажей.

Минимальная высота выброса воздуха над кровлей должна составлять: при скатных крышах – 0,7 м, но не более чем на 0,5 м выше конька; при плоских крышах – 0,5 м.

### 2.3 Аэродинамический расчет систем вентиляции

Расчету воздухопроводов (каналов) предшествует следующая расчетно-графическая работа:

1 Компонуются системы вентиляции здания. В одну систему объединяют только одноименные или близкие по назначению помещения.

2 Графически изображаются на планах этажей и чердака (см. **приложение Б**) элементы системы вентиляции (каналов, воздухопроводов, вытяжных отверстий и шахт). Все системы вентиляции должны быть пронумерованы ВЕ-1, ВЕ-2 и т.д.

3 Вычерчивается аксонометрическая схема в линиях с изображением внешних очертаний всех элементов систем вентиляции (приложение Б). Выбирается наиболее удаленный и неблагоприятно расположенный вентиляционный канал, выделяются расчетные участки.

4 На аксонометрической схеме кружочками у выносной черты представляется номер расчетного участка, над чертой указывается нагрузка участка  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, а под чертой – длина участка  $l$ , м.

5 Задаваясь скоростью движения воздуха (в вертикальных воздухопроводах  $v_{\text{доп}} = 0,6 \dots 0,9$  м/с, в горизонтальных – 1,0 м/с, в вытяжных решетках – 0,5 м/с, в вытяжных шахтах – 1,5 м/с), определяют площадь поперечного сечения воздухопровода,  $f^2$ , по участкам:

$$f_{\text{ок}} = \frac{L}{3600v_{\text{доп}}} . \quad (36)$$

6 По ориентировочному сечению каналов выбирается количество каналов по ближайшему стандартному сечению: для каналов 140×140 мм  $f_{\text{к}} = 0,02$  м<sup>2</sup>; 140×270 мм –  $f_{\text{к}} = 0,038$  м<sup>2</sup>. Число каналов определяется по формуле

$$n_{\text{к}} = \frac{f_{\text{ок}}}{f_{\text{к}}} . \quad (37)$$

7 Вычисляют расчетное располагаемое давление  $\Delta p$ , Па, для каналов каждого этажа по формуле

$$\Delta p = gh(\rho_n - \rho_v), \quad (38)$$

где  $h$  – вертикальное расстояние от центра вытяжной решетки до устья вытяжной шахты, м;

$\rho_n$  – плотность наружного воздуха при температуре +5 °С;  $\rho_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$ ;

$\rho_v$  – плотность внутреннего воздуха (таблица 15).

**Таблица 15 – Плотность внутреннего воздуха в зависимости от температуры**

|                                 |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\rho_v, \text{ кг/м}^3$        | 1,270 | 1,248 | 1,226 | 1,213 | 1,205 | 1,197 | 1,185 |
| $t_{в}, \text{ }^\circ\text{C}$ | +5    | +10   | +15   | +18   | +20   | +22   | +25   |

8 Определяют сопротивление системы вентиляции суммированием потерь давления на трение и в местных сопротивлениях участков сети:

$$\Delta p_c = \sum (R_{к mnl} + Z)_i, \quad (39)$$

где  $R_{к}$  – потери давления на 1 м длины воздуховода, Па/м, принимается по номограмме (**приложение Ж**);

$t$  – поправочный коэффициент для прямоугольных воздуховодов (таблица 16);

$l$  – поправочный коэффициент на шероховатость стенок каналов (таблица 17);

$l$  – длина участка, м;

$Z$  – потери давления в местных сопротивлениях, Па;

$$Z = \sum \xi \left( \frac{v^2}{2} \rho \right) = \sum \xi p_d, \quad (17)$$

где  $\sum \xi$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке, принимается для входа воздуха в вытяжную решетку  $\xi = 2,0$ ; для поворота на 90° – 1,1; для тройника на повороте – 0,4; для поворота перед входом в шахту – 0,35; для выхода из шахты – 2,5;

$p_d$  – динамическое давление, Па, принимается по номограмме (см. **приложение Ж**);  $p_d = \rho (v^2/2)$ .

**Таблица 16 – Поправочный коэффициент  $t$  для прямоугольных каналов**

|                |         |         |         |         |         |                    |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| Размеры канала | 140×140 | 140×270 | 270×270 | 140×400 | 270×400 | $ab$ , при $a = b$ |
| $M$            | 1,13    | 1,2     | 1,13    | 1,3     | 1,17    | 1,13               |

**Таблица 17 – Поправочный коэффициент  $l$  в зависимости от материала канала, абсолютной шероховатости  $K_s$  и скорости движения**

| Скорость движения воздуха, м/с | Материал канала              |                           |                       |   |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|---|
|                                | шлакогипс<br>$K_s = 1...1,5$ | шлакобетон<br>$K_s = 1,5$ | кирпич<br>$K_s = 0,8$ | с цементной штукатуркой<br>$K_s = 0,22$ |
| 0,4                            | 1,08                         | 1,11                      | 1,25                  | 1,48                                    |
| 0,8                            | 1,13                         | 1,19                      | 1,4                   | 1,69                                    |
| 1,2                            | 1,18                         | 1,25                      | 1,5                   | 1,84                                    |

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| 1,6 | 1,22 | 1,31 | 1,58 | 1,95 |
|-----|------|------|------|------|

8 На номограмме (см. **приложение Ж**) расчет воздуховодов дается для круглого сечения, поэтому необходимо определять эквивалентный диаметр стандартному сечению канала:

$$d_{\text{эк}} = 2ab/(a + b), \quad (18)$$

где  $a$  и  $b$  – стороны прямоугольного канала, мм.

9 Для нормальной работы системы естественной вентиляции необходимо, чтобы было сохранено соотношение:

$$\frac{\Delta p_c - \Sigma(R_k mnl + Z)_i}{\Delta p_c} 100 \% \leq 10 \% , \quad (19)$$

если это не выполняется, необходимо изменить площади сечения каналов.

Если общие потери давления на всех расчетных участках при минимальных размерах каналов меньше располагаемого давления, тогда предварительные размеры каналов принимают как окончательные. *В данной курсовой работе проектируются вертикальные вытяжные вентиляционные каналы для помещений кухонь и санузлов.*

10 Данные по приведенному аэродинамическому расчету вентиляционных систем сводятся в таблицу 18.



Таблица 18 – Аэродинамический расчет системы вентиляции

| По схеме |               | По расчету |   |   |                       |   |  |   |                                  |   |                                  |   |  |   |  |   |  |    |                                       |    |  |    |  |    |   |    |  |    |   |    |   |
|----------|---------------|------------|---|---|-----------------------|---|--|---|----------------------------------|---|----------------------------------|---|--|---|--|---|--|----|---------------------------------------|----|--|----|--|----|---|----|--|----|---|----|---|
| 1        | Номер участка | 2          | Расход воздуха на участке $L$ , м <sup>3</sup> /ч | 3 | Длина участка $l$ , м | 4 | Расчетное располагаемое давление $\Delta p$ , Па | 5 | Размеры канала $a \times b$ , мм | 6 | Эквивалентный диаметр $d_s$ , мм | 7 | Действительная скорость воздуха $v_{dr}$ , м/с | 8 | Потери давления на 1 м канала $R_k$ , Па/м | 9 | Поправочный коэффициент для прямоугольных воздуховодов $m$ | 10 | Абсолютная шероховатость канала $K_s$ | 11 | Поправочный коэффициент на шероховатость стенок каналов $\eta$ | 12 | Потери давления на трение на участках $R_k \cdot m l$ , Па | 13 | Динамическое давление на участках $P_{dr}$ , Па | 14 | Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \xi$ | 15 | Потери давления в местных сопротивлениях $Z$ , Па | 16 | Общие потери давления на участке $(R_k \cdot m l + Z)$ , Па |

В справочных **приложениях И** и **К** приведены рабочая программа и основные термины и определения по дисциплине "Инженерные сети и оборудование зданий и сооружений".

Список рекомендуемой литературы

- 1 ТКП 45-2.04-43-2006. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования – Введ. 2006–29–12. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2007. – 32 с.
- 2 СНБ 2.04.02 – 2000. Строительная климатология. – Введ. 2003–08–12. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2000. – 37 с.
- 3 СНБ 4.02.01-03. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Введ. 2003–16–10. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2004. – 78 с.
- 4 СНБ 3.02.04-03. Жилые здания. – Введ. 2003–30–12. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2004. – 35 с.
- 5 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций зданий. Пособие П1-04 к СНБ 2.04.01-97. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2004. – 32 с.
- 6 Внутренние санитарно-технические устройства. (Справочник проектировщика). В 3 ч. Ч 1. В.Н. Богословский, Б.А. Крупов, А.Н. Сканави и др. Отопление. / И.Г. Староверова, Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 335 с.
- 7 **Богословский, В.Н.** Отопление: учеб. для вузов / В.Н. Богословский, А.Н. Сканави. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
- 8 Бухаркин, Е. Н. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений : учеб. / Е. Н. Бухаркин [и др.]; под ред. Ю. П. Соснина. – М. : Высшая школа, 2001. – 415 с.
- 9 Невзорова, А.Б. Инженерные сети и оборудование. Основные термины и определения: Справ. пособие / А.Б. Невзорова, Г.Н. Белоусова; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 43 с.
- 10 **Тихомиров, К.В.** Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов / К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко. – М.: Стройиздат, 1991. – 227 с.
- 11 **Яромский, В.Н.** Инженерно-техническое оборудование зданий: учеб. пособие / В.Н. Яромский, В.С. Северянин, Н.И. Кирилук. – Мн.: Ураджай, 2000. – 128 с.
- 12 **Варфоломеев, Ю. М.** Отопление и тепловые сети : учеб. / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Какоркин. – М. : ИНФРА-М, 2007. – 480 с.
- 13 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : справочное пособие. – М. : Пантори, 2003. – 308 с.
- 14 **Сканави, А. Н.** Отопление : учеб. для вузов / А. Н. Сканави, Л. М. Махов. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 576 с.
- 15 **Хрусталеv, Б. М.** Теплоснабжение, отопление и вентиляция : учеб. пособие для курсового и дипломного проектирования / Б. М. Хрусталеv [и др.] – М. : Изд-во АСВ, 2005. – 546 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**(обязательное)**  
**Примеры оформления основных подписей**

**На листе А1 для строительных чертежей**

|             |             |                 |                |             |  |  |  |                                    |             |               |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--|--|--|------------------------------------|-------------|---------------|
|             |             |                 |                |             | <b>СВ-31.КР.13.00.0В</b>   |  |  |                                    |             |               |
| <b>Изм.</b> | <b>Лист</b> | <b>№ докум.</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> | <b>Гомельская область</b>  |  |  |                                    |             |               |
| Разраб.     | Фамилия     |                 |                |             | <b>ЖИЛОЕ</b>   |  |  | <b>Лит.</b>                        | <b>Лист</b> | <b>Листов</b> |
| Провер.     | Фамилия     |                 |                |             | <b>5 ЭТАЖНОЕ ЗДАНИЕ</b>  |  |  | <b>и</b>                           | <b>1</b>    | <b>1</b>      |
|             |             |                 |                |             | планы типового этажа, подвала, чердака, аксонометрические схемы соисв, разрез здания, тепловой пункт |  |  | УО «БелГУТ»,<br>кафедра «Э и РИВР» |             |               |
|             |             |                 |                |             |  |  |  |                                    |             |               |

**На содержании пояснительной записки**

|             |             |                 |                |             |                              |  |  |                                    |             |               |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------|--|--|------------------------------------|-------------|---------------|
|             |             |                 |                |             | <b>СВ-31.КР.15.00.0В</b>     |  |  |                                    |             |               |
| <b>Изм.</b> | <b>Лист</b> | <b>№ докум.</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |                              |  |  |                                    |             |               |
| Разраб.     | Фамилия     |                 |                |             |                              |  |  |                                    |             |               |
| Провер.     | Фамилия     |                 |                |             | <b>ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА</b> |  |  | <b>Лит.</b>                        | <b>Лист</b> | <b>Листов</b> |
|             |             |                 |                |             |                              |  |  | <b>2</b>                           | <b>27</b>   |               |
|             |             |                 |                |             |                              |  |  | УО «БелГУТ»,<br>кафедра «Э и РИВР» |             |               |

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(справочное)

**Условные обозначения в системах отопления и вентиляции**

Таблица Б1

|   |     |
|---|-----|
|   |     |
| Подающий магистральный теплопровод                          | T1  |
| Обратный магистральный теплопровод                          | T2  |
| Подающий теплопровод с вторичным горячим теплоносителем     | T11 |
| Обратный теплопровод с вторичным охлажденным теплоносителем | T21 |
| Главный стояк системы отопления                             | ГСт |
| Стояк системы отопления                                     | Ст  |
| Диаметр трубопровода условный                               | Ø25 |
| Вариант теплопровода с вынесением диаметра                  |     |
|   |     |
|   |     |
|   |     |
|   |     |
|   |     |
|   |     |
|   |     |
|   |     |
|   |     |

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(справочное)

Примеры оформления графического материала

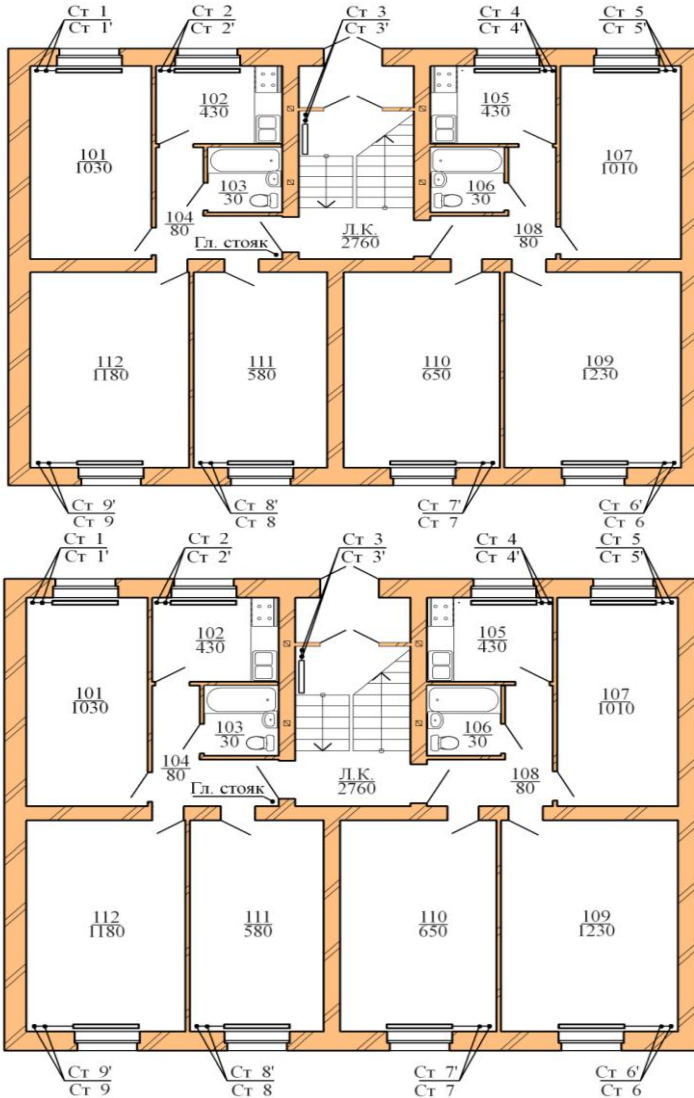


Рисунок Б1 – Пример оформления плана этажа в зависимости от присоединения отопительных приборов: а – однотрубно; б – двухтрубно

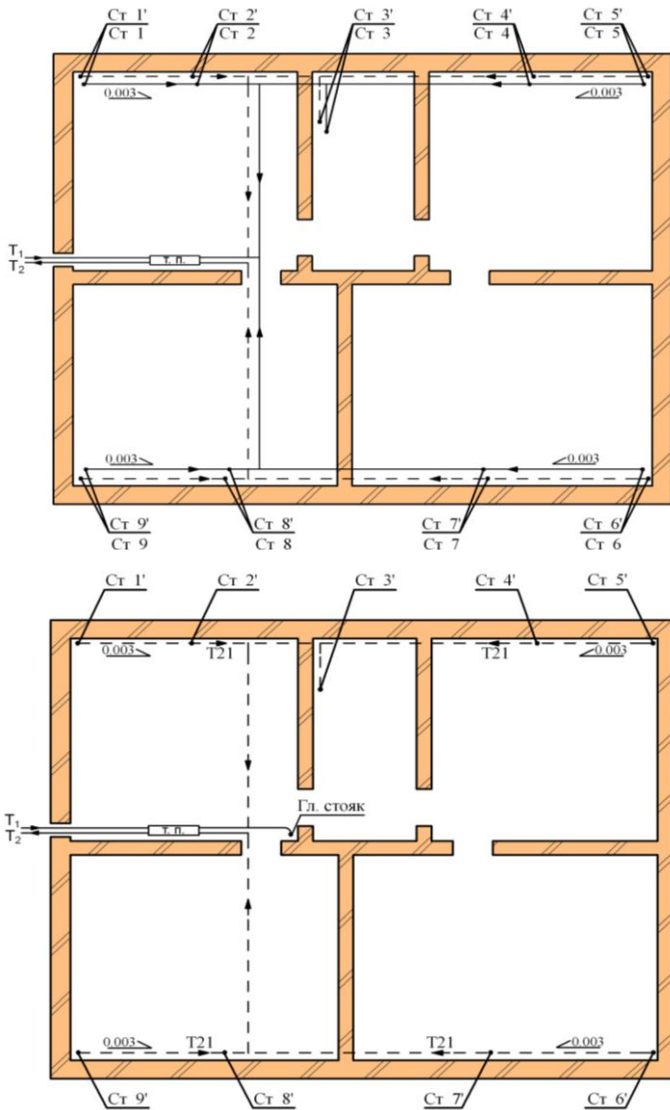


Рисунок Б2 – Пример оформления плана подвала при тупиковой схеме движения теплоносителя и разводке:  
 а – нижней; б – верхней

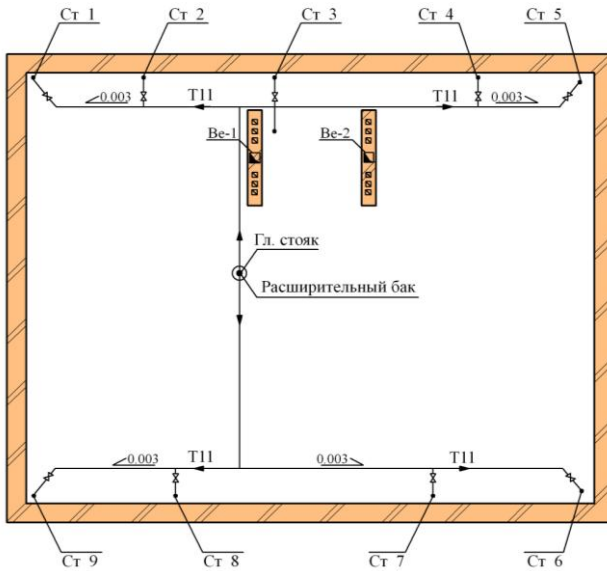
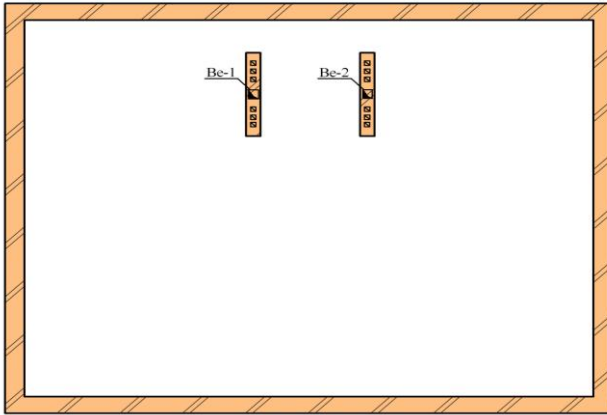
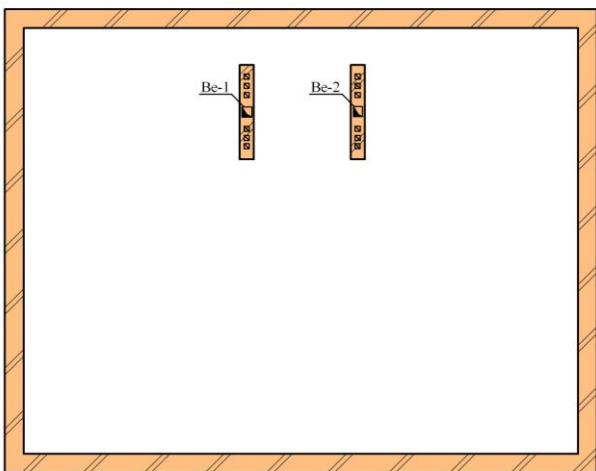
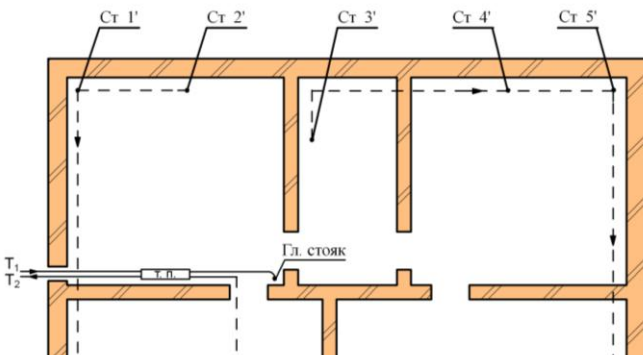
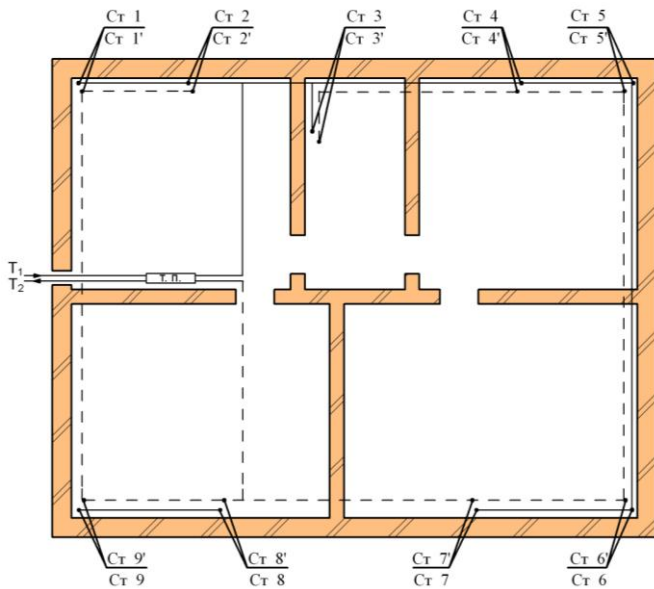


Рисунок Б3 – Пример оформления плана чердака при тупиковой схеме движения теплоносителя и разводке:  
*а* – нижней; *б* – верхней



Рису-  
Пример  
ления  
подва-  
при  
ной  
движе-  
плоно-  
развод-  
а – ниж-  
верхней

нок Б4 –  
оформ-  
плана  
ла  
попут-  
схеме  
ния те-  
сителя и  
ке;  
ней; б –



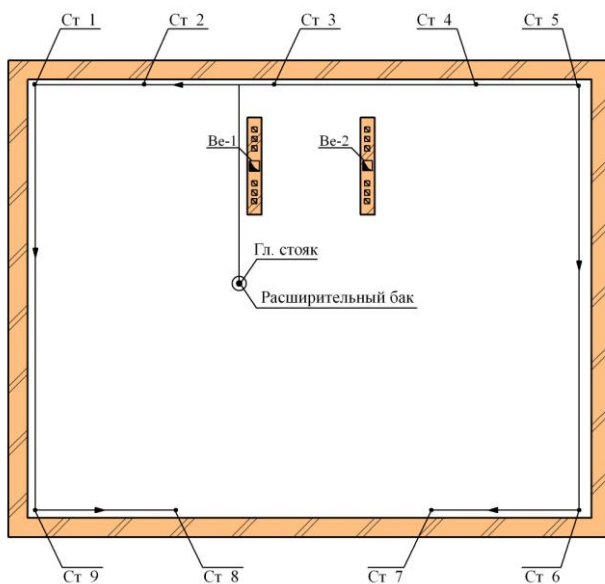


Рисунок Б5 – Пример оформления плана чердака при попутной схеме движения теплоносителя и разводке:  
*а* – нижней; *б* – верхней

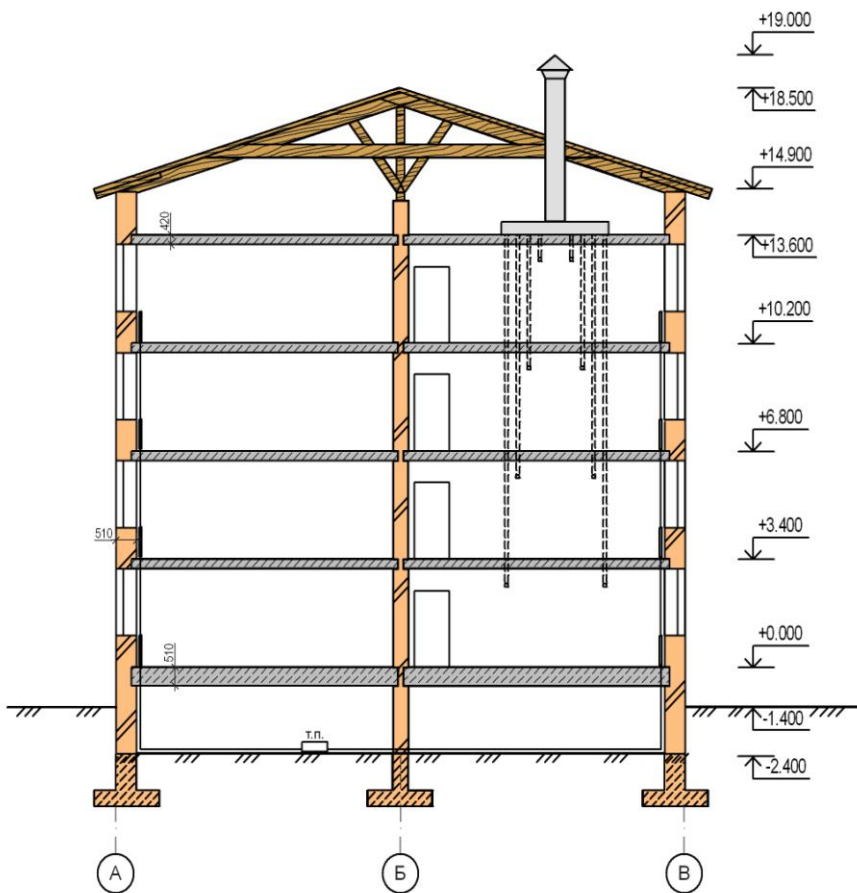


Рисунок Бб – Пример оформления разреза здания

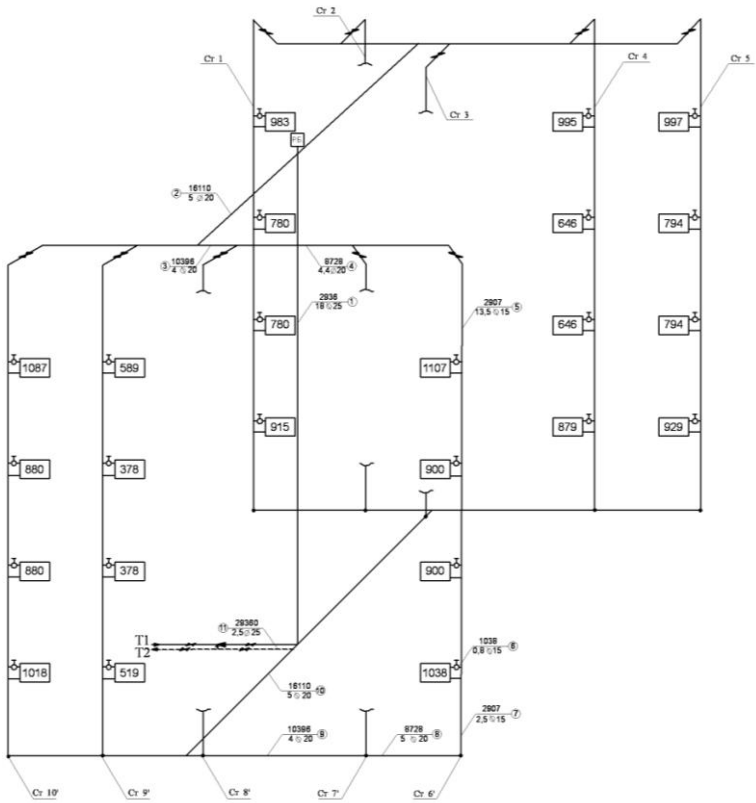


Рисунок Б7 – Пример оформления аксонометрической схемы системы отопления (тупиковая, верхняя, однотрубная)

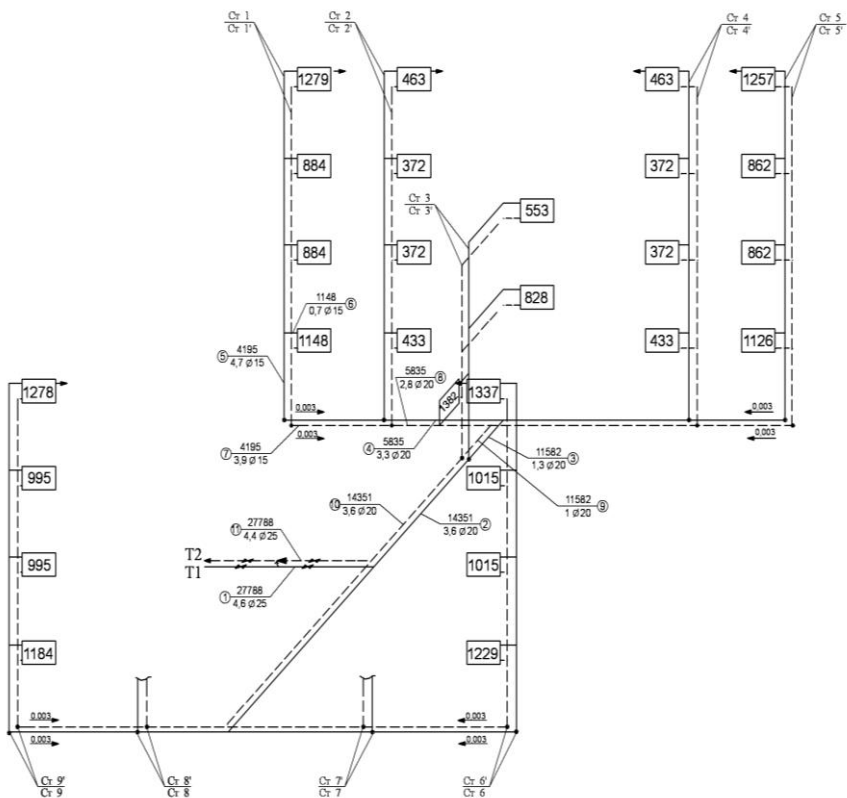


Рисунок Б7 – Пример оформления аксонометрической схемы системы отопления (попутная, нижняя, двухтрубная)

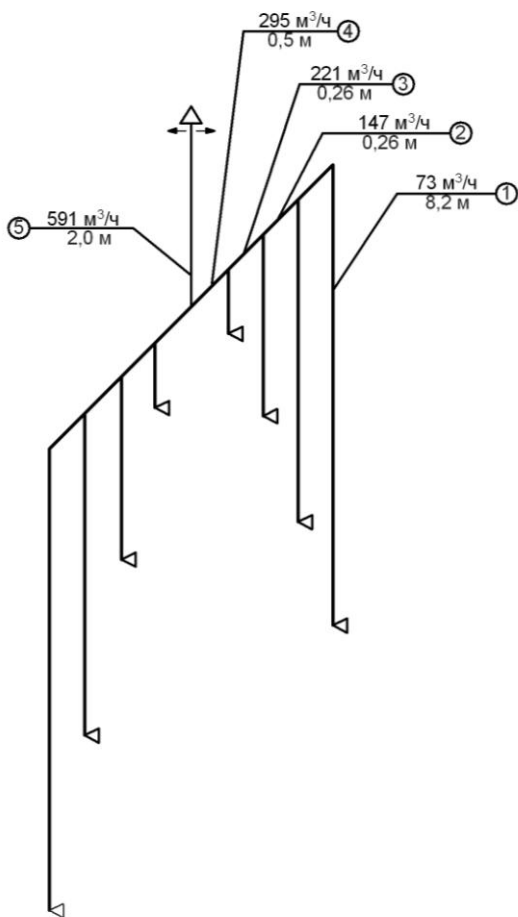


Рисунок Б9 – Пример оформления аксонометрической схемы системы вентиляции

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**(обязательное)**

**Расчетная температура воздуха и кратность воздухообмена  
в помещениях жилых зданий (по СНБ 3.02.04-03)**

| Помещение  | Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С | Кратность воздухообмена или количество удаляемого воздуха из помещения |  |
|--|--|--|--|
|  |  | приток   | вытяжка  |
| 1 Жилая комната в квартире или в общежитии   | 18(20)   | По расчету для компенсации удаляемого воздуха                          | <b>3</b> м <sup>3</sup> /ч – на 1 м <sup>2</sup> жилых комнат  |
| 2 Кухня в квартире или в общежитии:<br>с электроплитами  | 18   | По расчету для приточно-вытяжной механической вентиляции               | Не менее 60 м <sup>3</sup> /ч  |
| с газовыми плитами   |  |  | Не менее:<br>60 м <sup>3</sup> /ч – при двухконфорочных плитах;<br>75 м <sup>3</sup> /ч – при трёхконфорочных плитах;<br>90 м <sup>3</sup> /ч – при четырёхконфорочных плитах; |
| 4 Ванная   | 25   | –  | 25 м <sup>3</sup> /ч   |
| 5 Уборная индивидуальная   | 18   | –  | 25 м <sup>3</sup> /ч   |
| 6 Совмещенный санитарный узел  | 25   | –  | 50 м <sup>3</sup> /ч   |
| 7 Совмещенный санитарный узел с индивидуальным нагревом  | 18   | –  | 50 м <sup>3</sup> /ч   |
| 8 Вестибюль, общий коридор, лестничная клетка в квартирном доме  | 16   | –  | –  |
| <p><i>Примечания</i></p> <p>1 В угловых помещениях квартир и общежитий расчетную температуру воздуха следует принимать на 2 °С выше указанной в таблице.</p> <p>2 Значение в скобках относится к квартирам для престарелых и инвалидов.</p> <p>3 В лестничных клетках домов с поквартирным отоплением температура воздуха не нормируется.</p> <p>4 Расчетная производительность вытяжной вентиляции, определяемая по норме для кухонь и санитарных узлов, не должна быть ниже расчетного воздухообмена квартиры (жилой ячейки общежитий), определяемого по норме для жилых комнат.</p> |  |  |  |

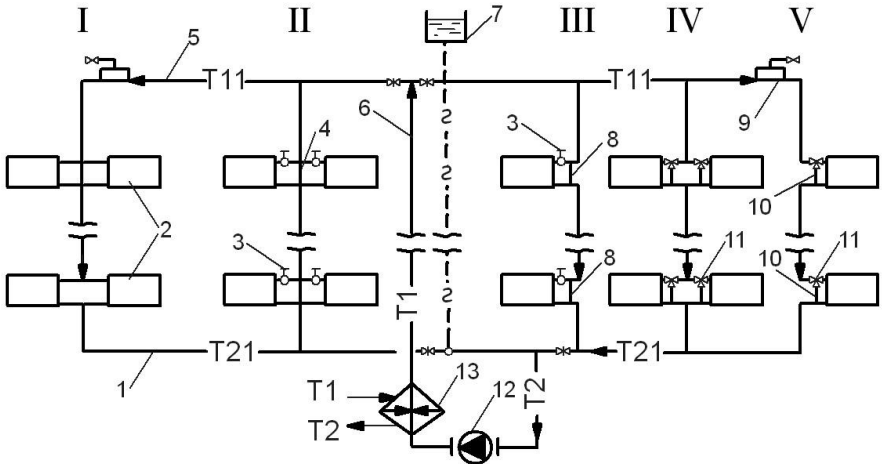
**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(обязательное)

**Нормативные удельные расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий ( по СНБ 4.02.01-03)**

| Объекты нормирования  | Нормативный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию |   |
|---|--|---|
|   | $q_{A,}$<br>Вт.ч/(м <sup>2</sup> .°C.сут)                              | $q_{V,}$<br>Вт.ч/(м <sup>3</sup> .°C.сут) |
| Жилые дома (9 этажей и более) с наружными стенами:<br>из многослойных панелей<br>монолитного бетона<br>штучных материалов | 21,7   | 7,8                                       |
|   | 22,2   | 7,9                                       |
|   | 22,9   | 8,2                                       |
| Жилые дома (6 – 8 этажей) с наружными стенами:<br>из многослойных панелей<br>штучных материалов                           | 23,0   | 8,2                                       |
|   | 24,4   | 8,7                                       |
| Жилые дома (4 – 5 этажей) с наружными стенами:<br>из многослойных панелей<br>штучных материалов                           | 22,5   | 8,0                                       |
|   | 24,0   | 8,6                                       |
| Жилые дома (2 – 3 этажа) с наружными стенами из штучных материалов  | 29,6   | 10,6                                      |
| Коттеджи, жилые дома усадебного типа, в том числе с мансардами  | 35,4   | 12,6                                      |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(справочное)



I – проточный стояк; II и III – стояки соответственно с осевыми и смещенными замыкающими участками; IV и V – проточно-регулируемые стояки; 1 – обратная магистраль; 2 – отопительные приборы; 3 – краны КРП; 4 – осевой замыкающий участок; 5 – подающая магистраль; 6 – главный стояк; 7 – расширительный бак; 8 – смещенный замыкающий участок; 9 – проточный воздухоосборник; 10 – обходной участок; 11 – краны КРТ; 12 – циркуляционный насос; 13 – теплообменник

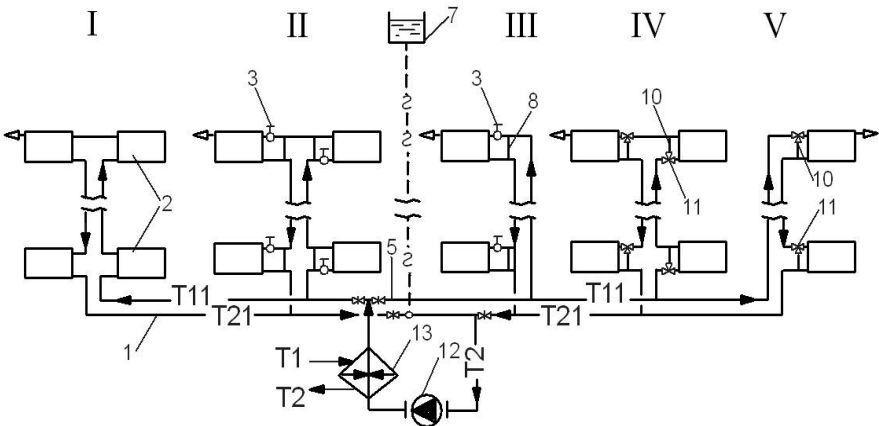


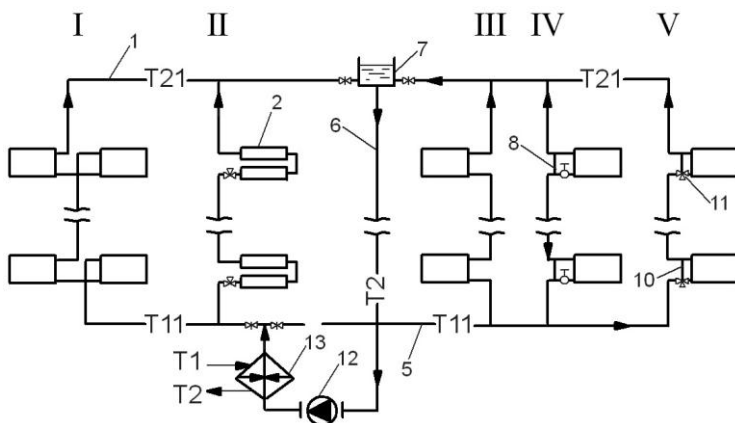
Рисунок Д1 – Схема вертикальной **однотрубной системы** водяного отопления **с верхней разводкой** и стояками различной (условно) конструкции

I – проточный стояк; II, III – стояки со смещенными замыкающими участками;

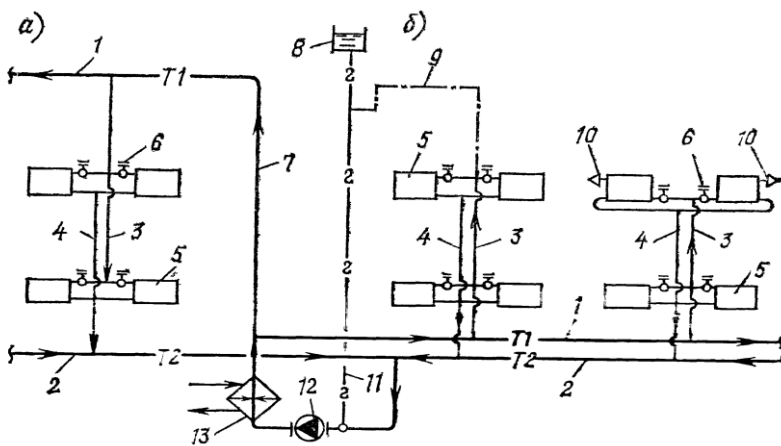
IV, V – проточно-регулируемые стояки;

Рисунок Д2 – Схема вертикальной **однотрубной системы** водяного отопления **с нижней разводкой** и П-образными стояками различной (условно) конструкции





I – проточный стояк с конвекторами КН; II и V – проточно-регулируемые стояки с конвекторами КА (II) и радиаторами (V); III – проточный стояк с радиаторами; IV – стояк со смещенными к радиаторам замыкающими участками  
 Рисунок Д3 – Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с "опрокинутой" циркуляцией воды, проточным расширительным баком и стояками различной (условно) конструкции



1 и 2 – подающие T1 и обратные T2 магистрали; 3 и 4 – подающие и обратные стояки; 5 – отопительные приборы; 6 – краны КРД; 7 – главный стояк, 8 – расширительный бак; 9 – воздушная линия; 10 – воздушные нравы; II – соединительная труба расширительного бака; 12 – циркуляционный насос; 13 – теплообменник  
 Рисунок Д4 – Схемы вертикальной **двухтрубной системы** водяного отопления с верхней (а) и нижней (б) разводкой (при нижней разводке стояки условно различной конструкции)

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
**(обязательное)**

**Данные для гидравлического расчета трубопроводов  
систем водяного отопления**

| Удельные<br>потери<br>давления<br>на трение,<br>$R$ ,<br>Па/м | Количество проходящей воды $G$ , кг/ч (над чертой), и скорость движе-<br>ния воды $v$ , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным<br>обыкновенным (ГОСТ 3262-75*) условным проходом $d$ , мм |                     |                     |                     |                      |                      |                      |
|---|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|   | 15  | 20                  | 25                  | 32                  | 40                   | 50                   | 70                   |
| 1   | <u>16,5</u><br>0,023  | <u>36</u><br>0,028  | <u>69</u><br>0,034  | <u>148</u><br>0,041 | <u>210</u><br>0,045  | <u>409</u><br>0,052  | <u>788</u><br>0,06   |
| 1,4   | <u>19</u><br>0,027  | <u>44</u><br>0,034  | <u>84</u><br>0,041  | <u>180</u><br>0,049 | <u>249</u><br>0,052  | <u>496</u><br>0,064  | <u>948</u><br>0,073  |
| 1,8   | <u>22</u><br>0,031  | <u>50</u><br>0,039  | <u>108</u><br>0,051 | <u>197</u><br>0,054 | <u>287</u><br>0,06   | <u>571</u><br>0,073  | <u>1077</u><br>0,082 |
| 2   | <u>24</u><br>0,033  | <u>53</u><br>0,042  | <u>111</u><br>0,054 | <u>203</u><br>0,057 | <u>304</u><br>0,064  | <u>606</u><br>0,078  | <u>1137</u><br>0,087 |
| 2,4   | <u>26</u><br>0,037  | <u>59</u><br>0,046  | <u>120</u><br>0,057 | <u>223</u><br>0,062 | <u>338</u><br>0,071  | <u>671</u><br>0,087  | <u>1258</u><br>0,096 |
| 2,8   | <u>28</u><br>0,041  | <u>64</u><br>0,05   | <u>130</u><br>0,064 | <u>244</u><br>0,068 | <u>368</u><br>0,077  | <u>729</u><br>0,096  | <u>1377</u><br>0,106 |
| 3,2   | <u>31</u><br>0,044  | <u>72</u><br>0,058  | <u>140</u><br>0,068 | <u>263</u><br>0,073 | <u>396</u><br>0,083  | <u>774</u><br>0,102  | <u>1438</u><br>0,114 |
| 3,6   | <u>33</u><br>0,047  | <u>80</u><br>0,062  | <u>143</u><br>0,071 | <u>281</u><br>0,078 | <u>422</u><br>0,089  | <u>818</u><br>0,108  | <u>1576</u><br>0,121 |
| 4   | <u>35</u><br>0,05   | <u>85</u><br>0,065  | <u>146</u><br>0,073 | <u>299</u><br>0,082 | <u>448</u><br>0,094  | <u>861</u><br>0,115  | <u>1667</u><br>0,128 |
| 6   | <u>44</u><br>0,063  | <u>103</u><br>0,08  | <u>169</u><br>0,082 | <u>373</u><br>0,103 | <u>559</u><br>0,118  | <u>1081</u><br>0,144 | <u>2090</u><br>0,16  |
| 8   | <u>55</u><br>0,082  | <u>113</u><br>0,088 | <u>199</u><br>0,097 | <u>424</u><br>0,112 | <u>642</u><br>0,135  | <u>1236</u><br>0,161 | <u>2470</u><br>0,178 |
| 10  | <u>59</u><br>0,087  | <u>126</u><br>0,097 | <u>225</u><br>0,109 | <u>490</u><br>0,136 | <u>726</u><br>0,151  | <u>1445</u><br>0,182 | <u>2744</u><br>0,21  |
| 12  | <u>63</u><br>0,093  | <u>140</u><br>0,108 | <u>248</u><br>0,12  | <u>567</u><br>0,149 | <u>809</u><br>0,17   | <u>1583</u><br>0,201 | <u>3011</u><br>0,23  |
| 14  | <u>67</u><br>0,098  | <u>151</u><br>0,117 | <u>269</u><br>0,131 | <u>579</u><br>0,16  | <u>876</u><br>0,184  | <u>1720</u><br>0,218 | <u>3246</u><br>0,248 |
| 16  | <u>70</u><br>0,103  | <u>163</u><br>0,126 | <u>289</u><br>0,141 | <u>621</u><br>0,172 | <u>937</u><br>0,197  | <u>1858</u><br>0,236 | <u>3428</u><br>0,266 |
| 18  | <u>74</u><br>0,108  | <u>174</u><br>0,135 | <u>309</u><br>0,15  | <u>663</u><br>0,184 | <u>997</u><br>0,21   | <u>1974</u><br>0,251 | <u>3718</u><br>0,284 |
| 20  | <u>77</u><br>0,114  | <u>184</u><br>0,142 | <u>332</u><br>0,161 | <u>705</u><br>0,195 | <u>1058</u><br>0,222 | <u>2090</u><br>0,265 | <u>3953</u><br>0,302 |
| 24  | <u>84</u><br>0,124  | <u>204</u><br>0,157 | <u>360</u><br>0,175 | <u>778</u><br>0,215 | <u>1106</u><br>0,245 | <u>2291</u><br>0,291 | <u>4327</u><br>0,331 |
| 28  | <u>91</u><br>0,135  | <u>221</u><br>0,171 | <u>391</u><br>0,19  | <u>840</u><br>0,233 | <u>1261</u><br>0,265 | <u>2645</u><br>0,312 | <u>4702</u><br>0,35  |

Продолжение приложения Е

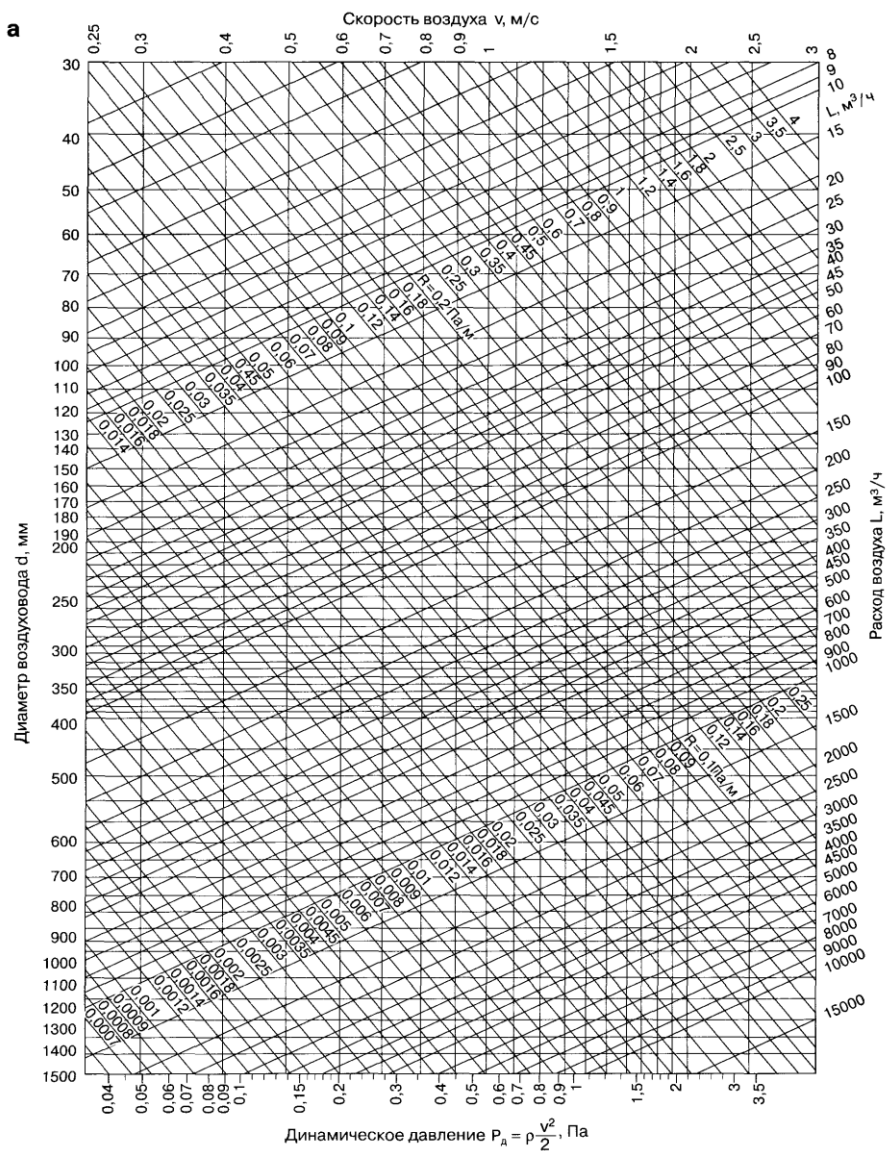
| Удельные потери давления на трение, $R$ , Па/м | Количество проходящей воды $G$ , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды $v$ , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262-75*) условным проходом $d$ , мм |                     |                      |                     |                      |                      |                       |
|--|---|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|  | 15  | 20                  | 25                   | 32                  | 40                   | 50                   | 70                    |
| 32   | <u>98</u><br>0,14   | <u>237</u><br>0,183 | <u>416</u><br>0,202  | <u>902</u><br>0,25  | <u>1357</u><br>0,284 | <u>2740</u><br>0,334 | <u>5043</u><br>0,383  |
| 36   | <u>106</u><br>0,15  | <u>256</u><br>0,19  | <u>441</u><br>0,21   | <u>964</u><br>0,26  | <u>1444</u><br>0,304 | <u>2814</u><br>0,356 | <u>5350</u><br>0,409  |
| 40   | <u>112</u><br>0,16  | <u>267</u><br>0,20  | <u>467</u><br>0,22   | <u>1026</u><br>0,28 | <u>1525</u><br>0,321 | <u>2973</u><br>0,376 | <u>5657</u><br>0,433  |
| 50   | <u>126</u><br>0,18  | <u>297</u><br>0,23  | <u>530</u><br>0,25   | <u>1146</u><br>0,31 | <u>1710</u><br>0,36  | <u>3336</u><br>0,422 | <u>6339</u><br>0,485  |
| 60   | <u>139</u><br>0,20  | <u>324</u><br>0,25  | <u>593</u><br>0,28   | <u>1270</u><br>0,35 | <u>1866</u><br>0,39  | <u>3699</u><br>0,468 | <u>6971</u><br>0,533  |
| 70   | <u>151</u><br>0,22  | <u>351</u><br>0,27  | <u>635</u><br>0,30   | <u>1369</u><br>0,38 | <u>2022</u><br>0,42  | <u>3988</u><br>0,504 | <u>7534</u><br>0,576  |
| 80   | <u>162</u><br>0,23  | <u>388</u><br>0,29  | <u>677</u><br>0,32   | <u>1467</u><br>0,40 | <u>2178</u><br>0,46  | <u>4276</u><br>0,54  | <u>8066</u><br>0,618  |
| 90   | <u>173</u><br>0,25  | <u>404</u><br>0,31  | <u>719</u><br>0,34   | <u>1554</u><br>0,43 | <u>2309</u><br>0,48  | <u>4543</u><br>0,574 | <u>8567</u><br>0,655  |
| 100  | <u>183</u><br>0,26  | <u>430</u><br>0,33  | <u>759</u><br>0,36   | <u>1632</u><br>0,45 | <u>2431</u><br>0,51  | <u>4788</u><br>0,605 | <u>9035</u><br>0,691  |
| 120  | <u>201</u><br>0,29  | <u>469</u><br>0,36  | <u>835</u><br>0,40   | <u>1786</u><br>0,49 | <u>2674</u><br>0,56  | <u>5250</u><br>0,664 | <u>9899</u><br>0,757  |
| 140  | <u>216</u><br>0,31  | <u>507</u><br>0,39  | <u>904</u><br>0,43   | <u>1939</u><br>0,54 | <u>2855</u><br>0,61  | <u>5686</u><br>0,719 | <u>10584</u><br>0,81  |
| 160  | <u>229</u><br>0,33  | <u>546</u><br>0,42  | <u>972</u><br>0,471  | <u>2079</u><br>0,57 | <u>3095</u><br>0,65  | <u>6093</u><br>0,77  | <u>11269</u><br>0,862 |
| 180  | <u>243</u><br>0,35  | <u>584</u><br>0,45  | <u>1028</u><br>0,49  | <u>2201</u><br>0,61 | <u>3294</u><br>0,69  | <u>6473</u><br>0,818 | <u>11953</u><br>0,914 |
| 200  | <u>256</u><br>0,37  | <u>614</u><br>0,47  | <u>1084</u><br>0,52  | <u>2325</u><br>0,64 | <u>3513</u><br>0,74  | <u>6823</u><br>0,862 | <u>12638</u><br>0,967 |
| 220  | <u>270</u><br>0,397   | <u>643</u><br>0,497 | <u>1141</u><br>0,553 | <u>2448</u><br>0,68 | <u>3684</u><br>0,77  | <u>7159</u><br>0,904 | <u>13323</u><br>1,01  |
| 240  | <u>283</u><br>0,417   | <u>673</u><br>0,52  | <u>1197</u><br>0,591 | <u>2572</u><br>0,71 | <u>3808</u><br>0,80  | <u>7476</u><br>0,944 | <u>14008</u><br>1,07  |
| 260  | <u>296</u><br>0,436   | <u>702</u><br>0,542 | <u>1240</u><br>0,602 | <u>2671</u><br>0,74 | <u>3955</u><br>0,83  | <u>7782</u><br>0,983 | <u>14693</u><br>1,12  |
| 280  | <u>310</u><br>0,456   | <u>732</u><br>0,565 | <u>1284</u><br>0,623 | <u>2720</u><br>0,76 | <u>4113</u><br>0,86  | <u>8076</u><br>1,02  | <u>15215</u><br>1,16  |
| 300  | <u>319</u><br>0,47  | <u>756</u><br>0,584 | <u>1327</u><br>0,644 | <u>2869</u><br>0,79 | <u>4260</u><br>0,89  | <u>8359</u><br>1,05  | <u>15749</u><br>1,2   |
| 320  | <u>329</u><br>0,484   | <u>780</u><br>0,602 | <u>1372</u><br>0,655 | <u>2969</u><br>0,82 | <u>4408</u><br>0,93  | <u>8634</u><br>1,08  | <u>16266</u><br>1,2   |

Продолжение приложения Е

| Удельные потери давления на трение, $R$ , Па/м | Количество проходящей воды $G$ , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды $v$ , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным обыкновенным (ГОСТ 3262-75*) условным проходом $d$ , мм |                     |                      |                      |                     |                     |                     |
|--|---|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|  | 15  | 20                  | 25                   | 32                   | 40                  | 50                  | 70                  |
| 340  | <u>338</u><br>0,499   | <u>804</u><br>0,621 | <u>1415</u><br>0,686 | <u>3067</u><br>0,85  | <u>4546</u><br>0,95 | <u>8900</u><br>1,1  | <u>16768</u><br>1,2 |
| 360  | <u>348</u><br>0,513   | <u>828</u><br>0,64  | <u>1458</u><br>0,708 | <u>3153</u><br>0,87  | <u>4684</u><br>0,98 | <u>9157</u><br>1,15 | <u>17252</u><br>1,3 |
| 380  | <u>358</u><br>0,527   | <u>852</u><br>0,658 | <u>1502</u><br>0,729 | <u>3239</u><br>0,896 | <u>4822</u><br>1,0  | <u>9409</u><br>1,2  | <u>17726</u><br>1,3 |
| 400  | <u>367</u><br>0,541   | <u>876</u><br>0,677 | <u>1545</u><br>0,754 | <u>3325</u><br>0,92  | <u>4960</u><br>1,0  | <u>9652</u><br>1,3  | <u>18186</u><br>1,4 |
| 450  | <u>391</u><br>0,577   | <u>924</u><br>0,714 | <u>1588</u><br>0,8   | <u>3539</u><br>0,97  | <u>5092</u><br>1,1  | <u>10239</u><br>1,3 | <u>19285</u><br>1,5 |
| 500  | <u>415</u><br>0,612   | <u>972</u><br>0,75  | <u>17305</u><br>0,84 | <u>3707</u><br>1,0   | <u>5541</u><br>1,1  | <u>10791</u><br>1,3 | <u>20333</u><br>1,5 |
| 550  | <u>434</u><br>0,64  | <u>1019</u><br>0,78 | <u>1812</u><br>0,88  | <u>3889</u><br>1,1   | <u>5811</u><br>1,2  | <u>11318</u><br>1,4 | <u>21326</u><br>1,6 |
| 600  | <u>453</u><br>0,67  | <u>1067</u><br>0,82 | <u>1893</u><br>0,92  | <u>4061</u><br>1,1   | <u>6070</u><br>1,3  | <u>11822</u><br>1,5 | <u>22275</u><br>1,7 |
| 650  | <u>472</u><br>0,69  | <u>1115</u><br>0,86 | <u>1970</u><br>0,96  | <u>4227</u><br>1,2   | <u>6318</u><br>1,3  | <u>12305</u><br>1,6 | <u>23183</u><br>1,8 |
| 700  | <u>490</u><br>0,72  | <u>1163</u><br>0,89 | <u>2065</u><br>0,99  | <u>4387</u><br>1,2   | <u>6556</u><br>1,4  | <u>12768</u><br>1,6 | <u>24058</u><br>1,8 |
| 750  | <u>509</u><br>0,75  | <u>1205</u><br>0,93 | <u>2116</u><br>1,0   | <u>4511</u><br>1,3   | <u>6786</u><br>1,4  | <u>13130</u><br>1,6 | <u>24904</u><br>1,9 |
| 800  | <u>525</u><br>0,77  | <u>1244</u><br>0,96 | <u>2185</u><br>1,1   | <u>4689</u><br>1,3   | <u>7009</u><br>1,5  | <u>13561</u><br>1,7 | <u>25745</u><br>1,9 |
| 850  | <u>541</u><br>0,79  | <u>1283</u><br>0,99 | <u>2253</u><br>1,1   | <u>4833</u><br>1,3   | <u>7224</u><br>1,5  | <u>13978</u><br>1,8 | <u>26536</u><br>2,0 |
| 900  | <u>557</u><br>0,82  | <u>1320</u><br>1,0  | <u>2320</u><br>1,1   | <u>4974</u><br>1,4   | <u>7434</u><br>1,6  | <u>14374</u><br>1,8 | <u>27306</u><br>2,1 |
| 950  | <u>572</u><br>0,84  | <u>1356</u><br>1,0  | <u>2381</u><br>1,1   | <u>5111</u><br>1,4   | <u>7633</u><br>1,6  | <u>14777</u><br>1,9 | <u>28053</u><br>2,1 |
| 1000   | <u>587</u><br>0,86  | <u>1391</u><br>1,1  | <u>2444</u><br>1,2   | <u>5244</u><br>1,5   | <u>7836</u><br>1,6  | <u>15161</u><br>1,9 | <u>28783</u><br>2,2 |
| 1100   | <u>616</u><br>0,91  | <u>1459</u><br>1,1  | <u>2563</u><br>1,3   | <u>5500</u><br>1,5   | <u>8218</u><br>1,7  | <u>15901</u><br>2,0 | <u>30187</u><br>2,3 |
| 1200   | <u>643</u><br>0,95  | <u>1524</u><br>1,2  | <u>2677</u><br>1,3   | <u>5574</u><br>1,6   | <u>8584</u><br>1,8  | <u>16609</u><br>2,1 | <u>31541</u><br>2,4 |

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
(справочное)

**Номограмма для определения потерь давления на трение в круглых воздуховодах естественной вентиляции**



# **ПРИЛОЖЕНИЕ И**

## **(справочное)**

### **Рабочая программа**

по дисциплине

«Инженерные сети и оборудование зданий и сооружений»

#### **ч. III. «Теплогасоснабжение, отопление и вентиляция»**

Для специальностей

1 – 70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»,

1 – 70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»

1 – 70 04 03 "Водоснабжение, водоотведение, и охрана водных ресурсов"

Дисциплины "Инженерные сети и оборудование" и «Теплогасоснабжение и вентиляция» входит в обязательный компонент цикла общепрофессиональных дисциплин. Ее изучение направлено на формирование у специалистов определенных компетенций (знаний, умений и опыта), необходимых для решения теоретических и практических задач при проектировании и строительстве с минимальными капитальными затратами систем теплоснабжения, отопления и вентиляции, эксплуатация которых, совместно со специальным оборудованием, в оптимальном и экономичном режиме обеспечит комфортные условия для нахождения человека в жилых, гражданских и промышленных зданиях.

**Цель преподавания дисциплины** – дать студентам базовые научно-теоретические знания по проектированию инженерных сетей зданий и сооружений и научить применять их для решения практических задач.

**Задачи дисциплины** заключаются в приобретении определенных знаний и умений по дисциплине, в результате изучения которой студент должен:

#### **знать:**

- условия формирования микроклимата помещений, определение его параметров;
- устройство систем отопления, теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха и газоснабжения;
- принципы расчетов систем отопления и естественной вентиляции зданий;
- состав строительных работ, выполняемых до и при прокладке инженерных систем;

#### **уметь:**

- рассчитать тепловой баланс помещений зданий;
- выполнить расчеты и анализ тепловлажностного режима ограждающих конструкций зданий;
- принимать решения по проектированию систем отопления и вентиляции жилых зданий;
- выполнить теплотехнический расчет системы водяного отопления и расчет систем естественной вытяжной вентиляции.

### **Содержание дисциплины**

#### **Назначение, содержание и место дисциплины в системе подготовки инженеров строительных специальностей**

Общее понятие дисциплины "Инженерные сети и оборудование". Инженерное оборудование здания и его характеристика – взаимосвязь и целесообразность.

#### **Формирование микроклимата в помещении**

Понятие о тепловом комфорте помещения. Два условия комфортности. Тепловой баланс помещения в холодный и теплый периоды года. Формирование и оценка микроклимата помещений.

#### **Строительная теплофизика**

Сложный теплообмен. Термическое сопротивление. Коэффициент теплопередачи. Теплоустойчивость. Перенос влаги через ограждающие конструкции. Теплотехнический и тепловлажностный расчеты ограждающих конструкций зданий.

#### **Классификация систем отопления**

Основные принципы выбора систем по типу, стоимости и др. параметрам. Водяное, паровое, воздушное, печное, панельно-лучистое, электрическое, газовое и др. виды систем отопления. Воздушно-тепловые завесы.

#### **Отопительные приборы**

Выбор и размещение приборов отопления. Определение площади поверхности и установка отопительных приборов. Регулирование теплоотдачи отопительных приборов.

#### **Системы водяного отопления**

Теплотехнический расчет системы отопления. Удельная тепловая характеристика здания. Схемы системы водяного отопления. Принципы конструирования и расчета. Системы водяного отопления с естественной и принудительной циркуляцией. Основные принципы гидравлического расчета систем водяного отопления. Отопление высотных зданий.

#### **Панельно-лучистое отопление**

Теплоносители и схемы панельно-лучистого отопления. Конструкции отопительных панелей. Инфракрасные излучатели.

#### **Классификация вентиляционных систем. Вентиляция зданий**

Требования к воздушной среде помещения. Воздухообмен помещения и способы его определения. Вентиляционные системы: общеобменная, местная, аварийная, противопожарная; приточная, вытяжная. Естественная вентиляция. Принцип вентиляции жилых зданий. Схемы систем вентиляции.

Вентиляция промышленных зданий. Системы механической вентиляции. Выбор систем вентиляции и их конструирование. Особенности аэродинамического расчета систем вентиляции. Оборудование систем вентиляции.

#### **Кондиционирование воздуха**

Комфортное и технологическое кондиционирование. Центральные и местные кондиционеры. Оборудование систем кондиционирования воздуха.

#### **Теплоснабжение**

Централизованное теплоснабжение микрорайонов и населенных пунктов от котельных и ТЭЦ. Тепловой пункт системы водяного отопления. Способы прокладки тепловых сетей. Строительные работы, выполняемые при прокладке тепловых сетей. Теплоснабжение строительных площадок.

#### **Газоснабжение**

Свойства газа. Газовые распределительные сети. Бытовое и промышленное газовое оборудование. Устройство внутреннего газопровода. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

#### **Перечень рекомендуемых лабораторных занятий**

- 1 Средства измерения термодинамических параметров систем.
- 2 Определение теплопроводности изоляционного материала.
- 3 Определение темпа охлаждения и коэффициента теплообмена методом регулярно-го теплового режима.
- 4 Изучение устройства теплового узла и исследование параметров его работы.
- 5 Определение теплоотдачи нагревательного прибора.
- 6 Определение коэффициента теплопередачи нагревательного прибора.

#### **Перечень рекомендуемых практических занятий**

- 1 Расчет теплопотерь через ограждающие конструкции здания.
- 2 Определение удельной тепловой характеристики здания.
- 3 Выбор и расчет системы отопления здания.
- 4 Определение поверхности нагрева нагревательных приборов.
- 5 Гидравлический расчет циркуляционного кольца трубопроводов отопления.
- 6 Присоединение системы отопления к тепловым сетям. Подбор гидроэлеватора.
- 7 Выбор системы вентиляции и определение вентилируемого объема воздуха по отдельным помещениям и по зданию в целом.
- 8 Аэродинамический расчет системы вентиляции.

### **Курсовое проектирование** на тему: «Отопление и вентиляция жилого здания».

Предназначено для закрепления теоретических знаний по курсу дисциплины с выполнением теплотехнических расчетов основных ограждающих конструкций, выбора и расчета схемы системы отопления и вентиляции здания объемом до 10 тыс.м<sup>3</sup>.

Курсовая работа состоит из *расчетно-пояснительной записки и графической части*.

Графическая часть содержит:

- планы этажей, подвала и чердака с нанесением сетей теплоснабжения, нагревательных приборов, вентиляционных каналов и шахт;
- аксонометрическая схема отопления;
- аксонометрическая схема вытяжной вентиляции;
- характерный разрез здания;
- узлы и детали системы отопления и вентиляции.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Что называется изохорной и изобарной теплоемкостью тела?
- 2) Что такое равновесный и неравновесный, обратимый и необратимый термодинамические процессы?
- 3) Что такое внутренняя энергия рабочего тела и от чего она зависит?
- 4) Назовите способы переноса теплоты в пространстве и теплообмена между телами?
- 5) Что представляет собой процесс теплопроводности?
- 6) Назначение теплообменных аппаратов. Как они разделяются по принципу действия и конструктивному оформлению?
- 7) Какой процесс теплообмена называется теплопередачей?
- 8) Что понимают под первым и вторым условием комфортности?
- 9) Какими параметрами характеризуется микроклимат помещения?
- 10) Чем отличаются оптимальные метеорологические условия от допустимых ?
- 11) Какие инженерные системы служат для создания микроклимата?
- 12) Какой основной параметр характеризует холодный период года, теплый?
- 13) Запишите формулу для требуемого термического сопротивления теплопередаче наружного ограждения и поясните входящие в нее величины.
- 14) Как влияет влажность воздуха в помещении на теплозащитные качества ограждений?
- 15) При каком условии не будет конденсации на внутренней поверхности наружного ограждения?
- 16) Как влияет объемно-планировочное решение здания на выбор систем вентиляции и кондиционирования?
- 17) По какой формуле рассчитываются теплотери помещений?
- 18) Что понимают под добавочными теплотериями и как они учитываются?
- 19) Что такое инфильтрация воздуха?
- 20) Какие могут быть теплотопутления в помещения и как они учитываются в тепловом балансе помещения?
- 21) Запишите выражение для определения тепловой мощности системы отопления.
- 22) В чем смысл удельной тепловой характеристики здания и как она определяется?
- 23) Какие требования предъявляются к системам отопления? Начертите принципиальную схему системы отопления и ее основные элементы.
- 24) По каким признакам разделяются системы отопления?
- 25) Какие теплоносители используются для систем отопления? Назовите их достоинства и недостатки.
- 26) Водяные системы отопления.
- 27) В каких случаях применяются системы парового отопления и почему?
- 28) В каких случаях применяются системы местного отопления и почему?
- 29) В каких случаях следует применять системы воздушного отопления?
- 30) По каким признакам классифицируются системы водяного отопления?
- 31) Почему теплопроводы необходимо прокладывать с уклонами?
- 32) Какая запорно-регулирующая арматура используется в системах водяного отопления?
- 33) Начертите схему двухтрубной системы отопления и назовите ее основные элементы (отличие однотрубных систем от двухтрубных, область применения).



- 34) Как определяется естественное циркуляционное давление?
- 35) Как определяется расчетное циркуляционное давление в системах с искусственной циркуляцией?
- 36) Цель гидравлического расчета теплопроводов систем водяного отопления, порядок расчета.
- 37) В чем заключается особенность устройств систем отопления высотных зданий?
- 38) Какие основные требования предъявляются к отопительным приборам?
- 39) Какие виды отопительных приборов применяют для жилых, общественных и производственных зданий?
- 40) Где размещают и как устанавливают отопительные приборы?
- 41) В каких единицах измеряют площадь поверхности отопительных приборов?
- 42) Для каких условий работы получены значения номинальной плотности теплового потока отопительных приборов?
- 43) Почему необходимо регулировать теплоотдачу отопительных приборов? Назовите методы регулирования теплоотдачи.
- 44) Дайте краткую классификацию систем парового отопления, укажите их достоинства и недостатки.
- 45) Назовите преимущества и недостатки систем воздушного отопления.
- 46) Как определяется количество воздуха для воздушного отопления?
- 47) В чем преимущества рециркуляционных воздухонагревателей и в каких случаях их применяют?
- 48) В каких случаях необходимо устройство воздушно-тепловых завес у наружных входов в здание и каково их назначение?
- 49) Какие достоинства и недостатки имеет печное, электрическое и газовое отопление?
- 50) Какие вредные выделения имеются в жилых и общественных зданиях?
- 51) Что понимают под воздухообменом и под кратностью воздухообмена?
- 52) Какой может быть вентиляция по способу организации воздухообмена?
- 53) Каким образом можно устроить естественную вентиляцию?
- 54) Какие этапы включает в себя аэродинамический расчет воздухопроводов?
- 55) Какую роль играют "теплые" чердаки?
- 56) Принцип работы дефлектора.
- 57) Назовите основные конструктивные элементы приточных и вытяжных систем вентиляции.
- 58) Какие типы вентиляторов и нагревательных устройств применяют в системах вентиляции?
- 59) Что понимают под местной и приточной вентиляцией?
- 60) В чем заключается принцип противодымной защиты зданий?
- 61) Назовите основные меры противопожарной защиты зданий?
- 62) Для чего служат системы кондиционирования воздуха, их разновидности?
- 63) Что такое уловное топливо и какие условия необходимы для эффективного горения топлива?
- 64) Какие теплоносители используются для удовлетворения тепловых нагрузок?
- 65) Из каких основных звеньев состоят системы централизованного теплоснабжения?
- 66) Наземные и подземные прокладки тепловых сетей.
- 67) Какова роль газа в топливном балансе страны?
- 68) Назовите основные правила техники безопасности при монтаже систем отопления и вентиляции.
- 69) Какие необходимо соблюдать условия для экономии теплоты?

## ПРИЛОЖЕНИЕ К (справочное)

### Основные термины и определения

#### Жилые здания

**Здание жилое коридорного типа** – здание, в котором входы в квартиры (комнаты или жилые ячейки общежитий) организованы из общего коридора, имеющего не менее чем две лестницы.

**Здание жилое секционного типа** – здание, состоящее из одной или нескольких секций.

**Отметка земли планировочная** – уровень земли на границе отмотки.

**Проем световой** – раздельный или объединенный проем окна и балконной двери.

**Санитарный узел** – санитарно-гигиенические помещения в квартире, в которых размещаются ванна или душ, умывальник, унитаз, возможно биде и стиральная машина. Различают *совмещенный* санитарный узел, в котором санитарно-технические приборы размещаются в одном помещении.

**Секция жилого здания** – часть здания, где входы в жилые помещения организованы из одной лестничной клетки непосредственно или через коридор, при этом в многосекционных жилых домах секции здания отделены друг от друга глухими стенами или перегородками.

**Тамбур** – проходное помещение, служащее для защиты от проникновения холодного воздуха, дыма и запахов при входе в здание, лестничную клетку или другие помещения.

**Чердак** – пространство, заключенное между конструкцией крыши, перекрытием верхнего этажа здания и, как правило, наружными стенами. Чердак называется «холодным», когда утеплитель над верхним этажом расположен в пределах его перекрытия, и «теплым», когда утеплитель расположен в пределах конструкции крыши над чердаком, при этом воздух, выходящий из вентиляционной системы здания и открыто проходящий через пространство чердака, используется в качестве дополнительного источника тепла для обогрева верхнего этажа в холодный период года.

**Этаж надземный** – этаж при отметке пола помещений не ниже планировочной отметки земли.

**Этаж подвальный** – этаж при отметке пола помещений ниже планировочной отметки земли более чем на половину высоты помещений.

**Этаж технический** – этаж для размещения инженерного оборудования и прокладки коммуникаций. Он может быть расположен в нижней, верхней или в средней части здания. Технический этаж, расположенный в уровне отметок подвального, цокольного или первого надземного этажа, называется «техническое подполье», а при расположении в верхней части здания – «технический чердак».

#### Климатология

**Климатические параметры** – числовые значения метеорологических элементов, осредненные за достаточно продолжительный период времени.

**Метеорологические элементы** – название ряда характеристик состояния воздуха и атмосферных процессов, например: скорость ветра, температура воздуха, количество осадков, относительная влажность и др.

**Среднее месячное значение элемента** – среднее арифметическое значение всех измерений элемента в сроки наблюдений в данном месяце за многолетний период наблюдений.

**Среднее годовое значение элемента** – среднее арифметическое средних месячных значений элемента за 12 месяцев.

**Направление ветра** – направление, откуда дует ветер.

**Повторяемость направления ветра** – отношение числа случаев с ветром данного направления к общему числу случаев наблюдений за ветром без учета штилей.

**Прямая солнечная радиация** – солнечная радиация, поступающая на поверхность в виде пучка параллельных лучей, исходящих непосредственно от солнечного диска.

**Повторяемость** – отношение числа случаев со значениями элемента, входящими в данный интервал, к общему числу членов ряда.

**Обеспеченность** – интегральная (суммарная) повторяемость значений климатического параметра не меньше (равно и выше) или не больше (равно и ниже) определенных пределов.

### ***Термодинамика и теплопередача***

**Градиент температур** – вектор, направленный в сторону повышения температуры.

**Изотермическая поверхность** – геометрическое место точек с одинаковой температурой.

**Теплопроводность (кондукция)** – перенос теплоты при непосредственном соприкосновении тел или их частей с различной температурой.

**Конвекция** – перенос теплоты за счет перемещения в пространстве массы газообразного, жидкого или сыпучего веществ. Конвекция возникает за счет разности плотностей (естественная) либо при помощи посторонних побудителей движения (искусственная).

**Конвективный теплообмен** – теплоотдача от жидкости или газа к стенке или теплоотдача от стенки к жидкости или газу.

**Тепловое излучение (радиация)** – перенос теплоты от одних тел к другим электромагнитными волнами.

**Поток излучения  $Q$**  – количество энергии, излучаемой в единицу времени произвольной поверхностью (Вт).

**Коэффициент теплопроводности  $\lambda$**  – количество теплоты, переносимой через  $1 \text{ м}^2$  изотермической поверхности в единицу времени при градиенте температуры, равном единице (Вт/(м $\cdot$ °C)). Этот коэффициент является параметром вещества и характеризует его способность проводить теплоту. Для расчетов значения  $\lambda$  принимают по справочным таблицам.

**Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$**  – количество тепла, которым обменивается среда и  $1 \text{ м}^2$  поверхности твердого тела при разности температур между ними в один градус за единицу времени (Вт/(м $^2$ ·°C)). Сложная величина, учитывающая факторы, обуславливающие протекание конвективного теплообмена, и характеризующая интенсивность переноса тепла.

**Термическое сопротивление  $R$**  – величина, обратная коэффициенту теплопередачи, определяет интенсивность падения температуры в стенке  $R = 1/k$  ((м $^2$ ·°C)/Вт).

**Сопротивление теплопередаче ограждения  $R_0$**  – величина, состоящая из суммы сопротивления теплообмену у внутренней поверхности ограждения  $1/\alpha_{в}$ , сумме термических сопротивлений отдельных слоев ограждения

$R_T = \Sigma R_i$ , и сопротивления теплообмену у наружной поверхности ограждения  $1/\alpha_n$ . ( $R_o = 1/\alpha_v + \Sigma R_i + 1/\alpha_n$ )

**Коэффициент теплопередачи ограждения  $k$**  – это количество теплоты, переданного в единицу времени через  $1 \text{ м}^2$  поверхности стенки от одной среды к другой при разности их температур в один градус, ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ).

**Сложный теплообмен** – сочетание элементарных видов теплообмена (теплопроводности, конвекции и излучения).

**Теплопередача** – суммарный процесс теплообмена, в котором теплопередача соприкосновением является необходимой составной частью, например передача тепла от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.

**Теплоустойчивость** – это свойство ограждения сохранять относительное постоянство температуры при периодических изменениях тепловых воздействий на его поверхностях.

### **Отопление и вентиляция**

**Вентиляция** – обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне.

**Длина циркуляционного кольца** – сумма длин всех расчетных участков.

**Естественное давление в СО** – давление, которое возникает в результате охлаждения воды в приборх и трубопроводе.

**Искусственное давление** – давление, создаваемое в СО циркуляционным насосом.

**Избытки явной теплоты** – превышение для данных эксплуатационных условий и микроклимата помещений количества явной теплоты, поступающей в помещение (здание, сооружение), над количеством явной теплоты, выводимой или уходящей из помещения (здания, сооружения).

**Канальная система естественной вентиляции** – система, в которой подача наружного воздуха или удаление загрязненного осуществляется по специальным каналам, предусмотренным в конструкциях здания, или приставным воздуховодам.

**Качественное регулирование теплоотдачи** – изменение температуры воды  $t_r$ , подаваемой в нагревательные (отопительные) приборы.

**Количественное регулирование теплоотдачи** – изменение количества воды  $G_{пр}$ , поступающей в нагревательные (отопительные) приборы.

**Отопление** – обогрев помещений с целью возмещения в них тепловых потерь и поддержания устанавливаемой нормами или другими требованиями температуры воздушной среды.

**Переходные условия** – условия, при которых температурный режим наружного воздуха характеризуется среднесуточной температурой, равной  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Помещение без проветривания** – помещение без открываемых окон (проемов) в наружных стенах или помещение с открываемыми окнами (проемами), расположенными на расстоянии, превышающем пятикратную высоту помещения.

**Расширительный бак (сосуд)** – емкость цилиндрической формы со съемной крышкой и патрубками для присоединения соединительной, контрольной, переливной и циркуляционной труб. Предназначается для вмещения прироста объема воды при ее нагревании, а также для удаления через него воздуха в атмосферу как при заполнении системы водой, так и в период ее эксплуатации.

**Расчетный участок** – длина теплопровода с постоянным расходом теплоносителя (или с постоянной тепловой нагрузкой).

**Рециркуляция** – частичный или полный возврат в обслуживаемые помещения воздуха (при необходимости с предварительной подготовкой), удаленного из них вытяжными системами вентиляции.

**Сборный воздуховод** – участок воздуховода, к которому присоединяются воздуховоды, проложенные на одном этаже.

**Система отопления** – совокупность взаимосвязанных технических элементов и устройств, предназначенных для передачи в обогреваемые помещения требуемого количества теплоты и поддержания в них заданной температуры воздушной среды.

**Система квартирного отопления** – система отопления отдельной квартиры от собственного источника тепловой энергии или с отдельным вводом теплоносителя от внешнего источника теплоты.

**Система кондиционирования воздуха** – совокупность технических средств, предназначенных для кондиционирования воздуха, перемещения и распределения его в обслуживаемых помещениях, автоматического контроля и управления параметрами с заданной точностью и обеспеченностью.

**Уклон** – отношение падения (наклона) на участке в миллиметрах на 1 м длины трубы, например, 0,003 означает уклон 3 мм на 1 м трубы.

**Циркуляционное кольцо** – замкнутый контур теплопроводов состоящий из цепочки *тепловой пункт (элеватор) – трубопровод горячей воды – отопительный прибор – трубопровод охлажденной воды – тепловой пункт (элеватор)*.

Учебное издание

*НЕВЗОРОВА Алла Брониславовна*

**Инженерные сети и оборудование**  
(отопление и вентиляция жилого здания)

Учебно-методическое пособие  
по курсовому проектированию

$$R = \delta/\lambda$$

$$Q_n = 0,28L_n\rho c(t_b - t_n)k$$

$$k = 1/R$$

$$R_0 = 1/\alpha_b + \delta/\lambda + 1/\alpha_n$$

$$Q_n = 0,28L_n\rho c(t_b - t_n)k$$

$$\pm n = L/V$$

$$\Delta p = gh(\rho_n - \rho_b)$$

$$Q = \frac{F(t_b - t_n)n}{R_0} (1 + \Sigma\beta)$$

$$q_A = \frac{Q_s}{A_{bu}D} 10^3$$

$$R_{cp} = \frac{0,5\Delta p_p}{\Sigma l}$$

$$\Delta p_{yч} = Rl + Z$$

$$A_p = Q_{np}/q_{np}$$

$$N = A_p/f_p,$$

$$\Delta p_e = hg(\rho_o - \rho_r)$$

$$Z = \Sigma \zeta \frac{v^2}{2} \rho$$

$$G_{np} = \frac{0,86Q_{np}}{t_r - t_o}$$

$$\frac{\Delta p_{py} - \Sigma(Rl_i + Z_i)}{\Delta p_{py}} 100 \% \leq 10 \%$$

$$\Delta p_c = \Sigma (R_k mnl + Z)_i$$