

**Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Псковский государственный университет**

---

**С.С. Воронков**

## **ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**

### **Отопление и вентиляция гражданского здания**

Методические указания к курсовой работе для студентов направления 270800 «Строительство»

профили

«Промышленное и гражданское строительство»,  
«Автомобильные дороги»

*Рекомендовано к изданию кафедрой автомобильных дорог  
Псковского государственного университета*

Псков  
Псковский государственный университет  
2015

УДК 697(075.8)

ББК 38.762

В75

*Рекомендовано к изданию кафедрой автомобильных дорог  
Псковского государственного университета*

Рецензент:

–Семашин Г.К., канд. техн. наук, доцент кафедры ПГС ПсковГУ

**Воронков С.С.** Теплогазоснабжение и вентиляция. Отопление и вентиляция гражданского здания. Методические указания к курсовой работе для студентов направления 270800 «Строительство» профили «Промышленное и гражданское строительство» и «Автомобильные дороги».– Псков: ПсковГУ, 2015.-60 с.

Методические указания к курсовой работе "Отопление и вентиляция гражданского здания" для студентов очного, очно-заочного и заочного обучения направления 270800 "Строительство".

В методических указаниях изложены основные положения, порядок и методика выполнения расчётов, оформления графической части. Приведена необходимая литература, условные графические обозначения.

©Псковский государственный  
университет, 2015  
© Воронков С.С., 2015

## Содержание

Введение.....	4
1. Задание на курсовую работу.....	4
2. Состав и порядок выполнения курсовой работы	6
2.1. Графическая часть.....	6
2.2. Расчетно-пояснительная записка.....	7
3. Тепловая защита зданий.....	9
4. Определение теплотерь помещений.....	17
5. Конструирование системы отопления.....	32
6. Расчет отопительных приборов.....	37
7. Подбор водоструйного элеватора.....	41
8. Вентиляция.....	44
Приложения.....	48
Литература.....	60

## **Введение**

В соответствии с учебным планом для направления 270800 "Строительство" для профилей «Промышленное и гражданское строительство» и «Автомобильные дороги» предусматривается выполнение курсовой работы "Отопление и вентиляция гражданского здания" по дисциплине "Тепло-газоснабжение и вентиляция".

Данная работа должна закрепить знания, полученные при изучении теоретического курса; привить навыки в применении полученных знаний при проектировании систем отопления и вентиляции; ознакомить с основной справочной литературой; научить читать чертежи проектов отопления и вентиляции.

### **1. Задание на курсовую работу**

Целью курсовой работы является приобретение навыков проектирования центрального отопления и вентиляции гражданского здания. Планировочные и конструктивные решения здания исполнитель принимает в соответствии с ранее выполненным курсовым проектом жилого здания по дисциплине "Архитектура" или на основании индивидуального задания.

В индивидуальном задании указывается:

1. Местонахождение здания.
2. Назначение и этажность здания.
3. Ориентация главного фасада здания.
4. Материалы наружных стен.
5. Материал утеплителя в конструкции перекрытий.
6. Схема системы отопления.
7. Тип отопительных приборов.

Внутренняя и наружная отделка стен выбирается исполнителем самостоятельно. Конструкция покрытия над верхним этажом принимается из многопустотных железобетонных панелей для бесчердачных зданий и из сплошной железобетонной плиты толщиной 16 см для зданий с чердаком. В качестве материала теплоизоляционного слоя в конструкции перекрытий первого и последнего этажей рекомендуется принять минеральную вату.

Конструкции остальных наружных ограждений принимаются в соответствии с действующими нормами и типовыми решениями.

Источник теплоснабжения – городская теплосеть с подключением через элеватор.

В качестве отопительных приборов рекомендуется принять чугунные секционные радиаторы.

В курсовой работе все расчеты следует выполнять в Международной системе единиц (СИ).

## **2. Состав и порядок выполнения курсовой работы**

Курсовая работа состоит из чертежей и расчетно-пояснительной записки.

### **2.1. Графическая часть** включает:

2.1.1. Планы типового этажа, чердака и подвала, поперечный разрез здания по лестничной клетке с нанесением элементов систем отопления и вентиляции (отопительных приборов, магистральных трубопроводов системы отопления, стояков, вентиляционных каналов, вытяжных шахт) в масштабе 1:100. На планах необходимо показать номера стояков, количество секций каждого отопительного прибора, диаметры трубопроводов, размеры жалюзийных решёток, вентиляционных каналов, коробов, шахт.

2.1.2. Аксонометрическую схему системы отопления (М 1:100). На схеме системы отопления необходимо показать номера стояков, количество секций отопительных приборов, диаметры трубопроводов. На схеме следует привести всю необходимую запорно-регулирующую арматуру, предусмотреть воздухоудаление и дренаж, показать направление и величину уклона труб.

2.1.3. Схему вентиляции в масштабе 1:100. На схеме вентиляции указываются размеры жалюзийных решеток с нанесением номера помещения, где установлена данная решетка, размеры вентиляционных каналов, коробов, вытяжных шахт.

2.1.4. Выкопировку из плана верхнего этажа с нанесением вентиляционных каналов кухни, санузла и ванной (М 1:20).

2.1.5. Принципиальную схему индивидуального теплового пункта с присоединением через элеватор.

2.1.6 Спецификацию материалов и оборудования, перечень принятых условных обозначений, необходимые примечания и пояснения. В спецификации следует привести наименование, характеристику, единицы измерения, количест-

во, ГОСТ, массу элеваторов, грязевиков, отопительных приборов, запорно-регулирующей арматуры, труб, жалюзийных решёток и других элементов запроектированных систем отопления и вентиляции.

Условные обозначения для графического оформления чертежей приведены в приложении 2.

## **2.2. Расчетно-пояснительная записка**

Расчетно-пояснительная записка составляется подробно, с расшифровкой всех принятых расчетных формул, приведением размерностей, ссылкой на литературные источники и справочные данные. Расчетно-пояснительная записка должна содержать (в порядке изложения):

2.2.1. Географический район строительства, назначение и этажность здания, ориентацию главного фасада здания, материалы наружных стен и утеплителя в конструкции перекрытий первого и последнего этажей, принятую схему системы отопления, тип отопительных приборов и источник теплоснабжения.

2.2.2. Климатические показатели для района строительства здания по СП 131.13330.2012 "Строительная климатология" [1] включающие: среднюю температуру наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, среднюю температуру и продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха  $\leq 8^{\circ}\text{C}$ , расчетную скорость ветра.

2.2.3. Принятые расчетные температуры в помещениях по нормам проектирования для соответствующих зданий.

2.2.4. Расчет наружных ограждающих конструкций в соответствии со СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" [2] с определением требуемого сопротивления теплопереда-

че, толщины утепляющего слоя ограждения, фактического сопротивления теплопередаче наружного ограждения (поэлементные требования), проверку удельной теплозащитной характеристики здания (комплексное требование), а также проверку на отсутствие выпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений (санитарно-гигиенические требования).

2.2.5. Расчёт теплопотерь для помещений, выбранных по согласованию с консультантом, теплопотерь лестничной клетки, определение расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.

2.2.6. Определение площади поверхности и выбор количества элементов отопительных приборов для помещений здания с рассчитанными теплопотерями.

2.2.7. Описание системы отопления и её конструктивных особенностей.

2.2.8. Подбор водоструйного элеватора с описанием оборудования теплового пункта.

2.2.9. Определение количества удаляемого воздуха из помещений, выбор общей схемы вентиляции здания, расчёт системы вентиляции и её элементов.



### 3. Тепловая защита зданий

Согласно Своду правил – СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [2] теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

- а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
  - б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
  - в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).
- Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в).

#### *Поэлементные требования*

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $R_0^{\text{норм}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ , следует определять по формуле

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тп}} \cdot m_p, \quad (3.1)$$

где  $R_0^{\text{тп}}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ , следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, ГСОП,  $^\circ\text{C} \cdot \text{сут} / \text{год}$ , региона строительства и определять по таблице 3 СП 50.13330.2012 [2];

$m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (3.1) принимается рав-

ным 1. Допускается снижение значения коэффициента  $m_p$  в случае если при выполнении расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике Приложения Г выполняются требования п. 10.1 [2] к данной удельной характеристике. Значения коэффициента  $m_p$  при этом должны быть не менее:  $m_p=0,63$  – для стен,  $m_p=0,95$  – для светопрозрачных конструкций,  $m_p=0,8$  – для остальных ограждающих конструкций.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП)  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$ , определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}}, \quad (3.2)$$

где  $t_{\text{от}}$ ,  $z_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по СП для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более  $8^{\circ}\text{C}$ , а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более  $10^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания,  $^{\circ}\text{C}$ , принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в таблице 3 [2]: по поз. 1 – по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале  $20-22^{\circ}\text{C}$ ) [3]; по поз. 2 – согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале  $16-21^{\circ}\text{C}$ ); по поз. 3 – по нормам проектирования соответствующих зданий.

В случаях, когда средняя наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых

в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, определенные по таблице 3 умножаются на коэффициент  $n_t$ , который рассчитывается по формуле

$$n_t = \frac{t_{в}^* - t_{от}^*}{t_{в} - t_{от}}, \quad (3.3)$$

где  $t_{в}^*, t_{от}^*$  – средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С;

$t_{в}, t_{от}$  – то же, что в формуле (3.2).

Приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций  $R_0^{np}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, должны быть не меньше нормируемых значений

$$R_0^{np} \geq R_0^{норм}. \quad (3.4)$$

Последовательность расчета:

1. Определяется нормируемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{норм}$  рассчитываемого ограждения по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [2].
2. Определяется условное сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции в сечении с однородными слоями по СП 50.13330.2012

$$R_0^{усл} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{в.п.} + \frac{1}{\alpha_{н}}, \quad (3.5)$$

где  $\alpha_{в}$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый по [2];

$\delta_i$  - толщина  $i$ -ого слоя, м;

$\lambda_i$  - расчетный коэффициент теплопроводности материала  $i$ -ого слоя, Вт/(м<sup>0</sup>С), принимаемый по [2];

$R_{в.п.}$  - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м<sup>2</sup>·<sup>0</sup>С/Вт, принимаемое по [2] (при наличии);

$\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·<sup>0</sup>С), принимаемый по [2].

3. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяется по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [2]

$$R_0^{пр} = R_0^{усл} \cdot r, \quad (3.6)$$

где  $r$  – коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, принимаемый по [2].

4. Толщина искомого теплоизоляционного слоя ограждения, из условия (3.4) с учетом (3.5) и (3.6), найдется по формуле

$$\delta_x = \left[ \frac{1}{r} \cdot R_0^{норм} - \left( \frac{1}{\alpha_{в.}} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{в.п.} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \cdot \lambda_x. \quad (3.7)$$

Результат округлить в большую сторону до величины, кратной размеру штучных изделий: кирпичей, плит, блоков и т.д. и уточнить приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции с учетом округленного размера теплоизоляционного слоя.

Для окон и балконных дверей  $R_0^{норм}$  определяется по [2] и затем выбирается необходимая конструкция.

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот  $R_0^{\text{норм}}$  должно быть не менее  $0,6 \cdot R_0^{\text{норм}}$  стен зданий, где  $R_0^{\text{норм}}$  – нормируемое сопротивление теплопередаче стен, найденное из санитарно-гигиенических условий [2].

В пояснительной записке курсовой работы необходимо после расчета и выбора наружного ограждения начертить его эскиз с обозначением конструктивных слоев, геометрических размеров и теплотехнических характеристик.

### *Комплексное требование*

Удельная теплозащитная характеристика здания  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), должна быть не больше нормируемого значения

$$k_{об} \leq k_{об}^{\text{тр}}, \quad (3.8)$$

где  $k_{об}^{\text{тр}}$  – нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания, принимаемое по СП 50.13330.2012 [2].

Удельная теплозащитная характеристика здания,  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{0,i}^{\text{нп}}} \right), \quad (3.9)$$

где  $R_{0,i}^{\text{нп}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го

фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ ;

$A_{\phi,i}$  – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $\text{м}^2$ ;

$V_{\text{от}}$  – отапливаемый объем здания,  $\text{м}^3$ ;

$n_{t,i}$  – коэффициент учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП, определяется по формуле (3.3).

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формуле (3.9), должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

Расчет удельной теплозащитной характеристики здания оформляется в виде таблицы, которая должна содержать следующие сведения:

1. наименование каждого фрагмента составляющего оболочку здания;
2. площадь каждого фрагмента;
3. приведенное сопротивление теплопередаче каждого фрагмента;
4. коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции, от принятых в расчете ГСОП.

Форма таблицы представлена ниже.

Таблица

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}$	$R_{0,i}^{np}$	$n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{0,i}^{np}$	
		$\text{м}^2$	$(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$	$\text{Вт} / ^\circ\text{C}$	%
Сумма					100

### *Санитарно-гигиеническое требование*

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту  $45^\circ$  и более) в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха –  $t_n$ ,  $^\circ\text{C}$

$$t_{\text{вп}} > t_p, \quad (3.10)$$

где  $t_{\text{вп}}$  – температура внутренней поверхности наружных ограждений;  $t_p$  – температура точки росы.

Температура на внутренней поверхности наружного ограждения определится

$$t_{\text{вп}} = t_{\text{в}} - \frac{(t_{\text{в}} - t_n)}{R_0^{\text{пр}} \alpha_{\text{в}}}, \quad (3.11)$$

где  $R_0^{\text{пр}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции;

$\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемый по [2];

$t_{\text{в}}$  – температура внутреннего воздуха;

$t_n$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года,  $^\circ\text{C}$ , для всех зданий, кроме производственных, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [1].

Минимальная температура внутренней поверхности остекления вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту  $45^\circ$  и более (кроме производственных зданий) должна быть не ниже  $3^\circ\text{C}$ , для производственных зданий – не ниже  $0^\circ\text{C}$ . Минимальная температура внутренней поверхности непрозрачных элементов вертикальных светопрозрачных конструкций не должна быть ниже точки росы внутреннего воздуха помещения, при расчетной температуре наружного воздуха –  $t_n$ ,  $^\circ\text{C}$ .

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции должна определяться по результатам расчета температурных полей всех зон с теплотехнической неоднородностью или по результатам испытаний в климатической камере в аккредитованной лаборатории.

Относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы следует принимать:

- для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов - 55%;
- для кухонь - 60%;
- для ванных комнат - 65%;
- для теплых подвалов и подполий с коммуникациями - 75%;
- для теплых чердаков жилых зданий - 55%;
- для других помещений общественных зданий (за исключением вышеуказанных) - 50%.



#### 4. Определение теплотерь помещений

В курсовой работе выполняется расчет теплотерь для помещений, выбранных по согласованию с консультантом. Проводится расчет теплотерь лестничной клетки, определяется расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.

Теплотери через ограждающие конструкции складываются из основных и добавочных.

1. Определение основных теплотерь помещений. Основные потери тепла через ограждающие конструкции зданий, сооружений и помещений определяются путем суммирования потерь тепла через отдельные ограждающие конструкции  $Q$  в Вт, рассчитанных (с округлением до 10 Вт) по формуле:

$$Q = \frac{F}{R_0^{\text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot \left(1 + \sum \beta\right) \cdot n, \quad (4.1)$$

где  $F$  – расчетная площадь ограждающей конструкции,  $\text{м}^2$ , определяется в соответствии с [4, § 17];

$\beta$  – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь;

$R_0^{\text{пр}}$ ,  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{н}}$ , – то же, что и в формуле (3.11);  $n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху.

2. Определение добавочных теплотерь ограждающими конструкциями. К добавочным теплотерям относятся: ориентация по отношению к странам света; наличие двух и более вертикальных наружных ограждений; врывание холодного наружного воздуха и др. Добавочные потери тепла ограж-

дающими конструкциями, кроме инфильтрации, принимаются в долях от основных потерь тепла по [4, § 17].

3. Прежде чем приступить к расчету теплопотерь помещениями, необходимо каждое помещение на плане здания пронумеровать, начиная с угловых комнат. Помещения первого этажа нумеруют, начиная с 101, второго - с 201 и т.д. по часовой стрелке. Номера проставляются в центре помещения в одинарных кружках.

Лестничные клетки обозначаются буквами и вне зависимости от этажности здания рассматриваются как одно помещение.

Внутренние вспомогательные помещения, такие как кладовые, туалеты и т.д., допускается не нумеровать. Теплопотери этих помещений следует относить к смежным с ними помещениями.

4. Результаты расчета теплопотерь заносятся в таблицу (приложение 3). Таблица состоит из 15 вертикальных граф.

В первую графу заносится номер помещения. Во вторую графу записывается наименование помещения. В третьей графе записывается расчетная температура внутри помещения. В четвертой графе обозначается наименование ограждения. Принято обозначать: НС - наружная стена, ДО - двойное остекление, ТО - тройное остекление, Пл - пол, Пт - потолок, ДД - двойная дверь, ОД - одинарная дверь и т.д. В пятой графе указывается ориентация ограждения по странам света. Приняты следующие обозначения: ЮВ - юго-восток, СВ - северо-восток, С - север, Ю - юг, ЮЗ - юго-запад, СЗ - северо-запад, В - восток, З - запад. Графа 6 содержит размеры ограждений (с точностью до 0,1 м), измеренные в соответствии с [4, § 17]. В седьмой графе проставляются вычисленные с точностью до 0,1 м<sup>2</sup> площади ограждений. Графа 11 - основные потери тепла через ограждения, получаемые перемножением величин в графах 7, 8, 9 и делением на величину графы 10. Графы 12, 13 - добавочные потери тепла в долях. В

графе 14 проставляется общий добавочный множитель, суммирующий все добавки (например, добавочные потери тепла по графам 12 и 13 составляют 0,05, тогда общий добавочный множитель определится как  $1+0,05=1,05$ ). Графа 15 - теплопотери через ограждения (основные плюс добавочные), получаемые перемножением граф 11 и 14.

Находятся теплопотери по каждому помещению как сумма теплопотерь через все наружные ограждения этого помещения. Также производится подсчет потерь тепла по квартирам в целом.

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

5. Добавочные теплопотери  $Q_u$ , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха следует определять по формуле:

$$Q_u = 0,28 \cdot \sum G \cdot c \cdot (t_b - t_n) \cdot k, \quad (4.2)$$

где  $G$  – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная  $1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;  $k$  – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный: 0,7 – для стыков панелей стен и для окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплетами и 1 – для одинарных окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Методика определения расхода инфильтрующегося воздуха через ограждающие конструкции помещения приведена в [4, §18].

6. Расход теплоты  $Q_b$ , Вт, для нагревания инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых зданий при естественной

вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, определяется по формуле:

$$Q_v = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_v - t_n) \cdot k, \quad (4.3)$$

где  $L_n$  – расход удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом;  $\rho$  – плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>.

7. Бытовые тепловыделения  $Q_{\text{быт}}$ , Вт, для каждого отапливаемого помещения рассчитываются по формуле:

$$Q_{\text{быт}} = 17 \cdot F_{\text{пом}}, \quad (4.4)$$

где  $F_{\text{пом}}$  – площадь пола помещений, для которых предусматривается установка отопительных приборов, м<sup>2</sup>.

8. Общие расчетные теплотери помещения  $Q_p$ , Вт, определяются из уравнения теплового баланса.

Для жилых помещений

$$Q_p = Q + Q_{\text{и,в}} - Q_{\text{быт}}, \quad (4.5)$$

для нежилых помещений (коридоры, лестничные клетки)

$$Q_p = Q, \quad (4.6)$$

для кухонь

$$Q_p = Q + Q_{\text{и,в}} - Q_{\text{быт}}, \quad (4.7)$$

где  $Q$  – основные и добавочные потери теплоты помещения, Вт;  $Q_{\text{быт}}$  – бытовые тепловыделения, Вт;  
 $Q_{\text{и,в}}$  – больший из двух расходов теплоты на подогрев ин-

фильтрующегося воздуха, Вт, определенных по формулам (4.2) и (4.3).

Все расчеты по определению  $Q_p$  сводятся в таблицу (приложение 4).

9. Расчёт расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания выполняется по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [2].

Показателем расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации, является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания численно равная расходу тепловой энергии на 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в один °С,  $q_{от}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С). Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания,  $q_{от}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяется по методике приложения Г [2] с учетом климатических условий района строительства, выбранных объемно-планировочных решений, ориентации здания, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, принятой системы вентиляции здания, а также применения энергосберегающих технологий. Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемому значению  $q_{от}^{тр}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С):

$$q_{от}^p \leq q_{от}^{тр}, \quad (4.8)$$

где  $q_{от}^{тр}$  – нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяемая для различных типов жилых и общественных зданий по таблице 13 или 14 [2].

Для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании потребности энергии на отопление и вентиляцию, установлены следующие классы энергосбережения (таблица 15 [2]) в % отклонения расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины.

Проектирование зданий с классом энергосбережения "D, E" не допускается. Классы "A, B, C" устанавливаются для вновь возводимых и реконструируемых зданий на стадии разработки проектной документации. Впоследствии, при эксплуатации класс энергосбережения здания должен быть уточнен в ходе энергетического обследования. С целью увеличения доли зданий с классами "A, B" субъекты Российской Федерации должны применять меры по экономическому стимулированию, как к участникам строительного процесса, так и к эксплуатирующим организациям.

Присвоение зданию класса "B" и "A" производится только при условии включения в проект следующих обязательных энергосберегающих мероприятий:

- устройство индивидуальных тепловых пунктов, снижающих затраты энергии на циркуляцию в системах горячего водоснабжения и оснащенных автоматизированными системами управления и учета потребления энергоресурсов, горячей и холодной воды;
- применение энергосберегающих систем освещения общественных помещений, оснащенных датчиками движения и освещенности;
- применение устройств компенсации реактивной мощности двигателей лифтового хозяйства, насосного и вентиляционного оборудования.

Контроль за соответствием показателей расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания - нормируемым

показателям на стадии разработки проектной документации осуществляют органы экспертизы.

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания,  $q_{от}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует определять по формуле [2]:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot v \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h, \quad (4.9)$$

$k_{об}$  – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$k_{вент}$  – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$k_{быт}$  – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$k_{рад}$  – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$\xi$  – коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения  $\xi = 0,1$ .

$\beta_h$  – коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для:

многосекционных и других протяженных зданий

$$\beta_h = 1,13;$$

зданий башенного типа  $\beta_h = 1,11$ ;

зданий с отапливаемыми подвалами или чердаками  
 $\beta_h = 1,07$  ;

зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты  $\beta_h = 1,05$  .

$\nu$  – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле  
 $\nu = 0,7 + 0,000025(\text{ГСОП} - 1000)$ ;

$\zeta$  – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

$\zeta = 1,0$  – в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;

$\zeta = 0,95$  – в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;

$\zeta = 0,9$  – однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta = 0,85$  – в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta = 0,7$  – в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

$\zeta = 0,5$  – в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной.



Удельную вентиляционную характеристику здания,  $k_{\text{вент}}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует определять по формуле

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot c \cdot n_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}} \cdot (1 - k_{\text{эф}}), \quad (4.10)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);  
 $\beta_{\text{в}}$  – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать  $\beta_{\text{в}} = 0,85$ ;

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$  – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{в}}^{\text{вент}} = 353 / (273 + t_{\text{от}})$ ;

$n_{\text{в}}$  – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>;

$k_{\text{эф}}$  – коэффициент эффективности рекуператора;

Коэффициент эффективности рекуператора,  $k_{\text{эф}}$ , отличен от нуля в том случае, если:

средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью  $n_{50}$ , ч<sup>-1</sup>, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции – с механическим побуждением  $n_{50} \leq 2$  ч<sup>-1</sup>;

кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по ГОСТ 31167.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период  $n_{\text{в}}$ , ч<sup>-1</sup>, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_{\text{в}} = \left[ (L_{\text{вент}} n_{\text{вент}}) / 168 + (G_{\text{инф}} n_{\text{инф}}) / (168 \rho_{\text{в}}^{\text{вент}}) \right] / (\beta_{\text{в}} V_{\text{от}}), \quad (4.11)$$

где  $L_{\text{вент}}$  – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м<sup>3</sup>/ч, равное для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека –  $3A_{\text{ж}}$ ;

б) других жилых зданий –  $0,35 \cdot h_{\text{эт}} \cdot A_{\text{ж}}$ , но не менее 30 м; где  $m$  – расчетное число жителей в здании;

в) общественных и административных зданий принимают условно: для административных зданий, офисов, складов и супермаркетов –  $4A_{\text{р}}$ ; для магазинов шаговой доступности, учреждений здравоохранения, комбинатов бытового обслуживания, спортивных арен, музеев и выставок –  $5A_{\text{р}}$ ; для детских дошкольных учреждений, школ, среднетехнических и высших учебных заведений –  $7A_{\text{р}}$ ; для физкультурно-оздоровительных и культурно-досуговых комплексов, ресторанов, кафе, вокзалов –  $10A_{\text{р}}$ ,

$A_{\text{ж}}, A_{\text{р}}$  – для жилых зданий – площадь жилых помещений ( $A_{\text{ж}}$ ), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для общественных и административных зданий – расчетная площадь ( $A_{\text{р}}$ ), определяемая согласно СП 117.13330 как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м<sup>2</sup>;

$h_{\text{эт}}$  – высота этажа от пола до потолка, м;

$n_{\text{вент}}$  – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

$G_{\text{инф}}$  – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий - воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода; для общественных зданий – воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным  $0,1\beta_v V_{\text{общ}}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,15\beta_v V_{\text{общ}}$ , выше девяти этажей –  $0,2\beta_v V_{\text{общ}}$ , где  $V_{\text{общ}}$  – отапливаемый объем общественной части здания;

$G_{\text{инф}}$  – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч;

$n_{\text{инф}}$  – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и  $(168 - n_{\text{вент}})$  для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$V_{\text{от}}$  – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий,  $\text{м}^3$ .

В случаях, когда здание состоит из нескольких зон с различным воздухообменом, средние кратности воздухообмена находятся для каждой зоны в отдельности (зоны, на которые разделено здание, должно составлять весь отапливаемый объем). Все полученные средние кратности воздухообмена суммируются и суммарный коэффициент подставляется в формулу (4.10) для расчета удельной вентиляционной характеристики здания.

Количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общест-

венного здания через неплотности заполнений проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле

$$G_{\text{инф}} = \left( \frac{A_{\text{ок}}}{R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}} \right) \cdot \left( \frac{\Delta p_{\text{ок}}}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \left( \frac{A_{\text{дв}}}{R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}}} \right) \cdot \left( \frac{\Delta p_{\text{дв}}}{10} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4.12)$$

где  $A_{\text{ок}}$  и  $A_{\text{дв}}$  – соответственно суммарная площадь окон и балконных дверей и входных наружных дверей,  $\text{м}^2$ ;

$R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}$  и  $R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}}$  – соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$ ;

$\Delta p_{\text{ок}}$  и  $\Delta p_{\text{дв}}$  – соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, определяют по формуле (7.2) [2] для окон и балконных дверей с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычислением удельного веса по формуле (7.3) при температуре воздуха равной  $t_{\text{от}}$ .

Для общественных зданий в нерабочее время – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным  $0,1\beta_v V_{\text{общ}}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,15\beta_v V_{\text{общ}}$ , выше девяти этажей –  $0,2\beta_v V_{\text{общ}}$ , где  $V_{\text{общ}}$  – отапливаемый объем общественной части здания.

Для лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) жилых зданий – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности заполнения проемов; допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным  $0,3\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,45\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$ , выше

девяти этажей –  $0,6\beta_v V_{\text{ЛЛУ}}$ , где  $V_{\text{ЛЛУ}}$  – отапливаемый объем лестнично-лифтовых холлов здания. Для ЛЛУ без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам следует уменьшать в 2 раза.

Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания,  $k_{\text{быт}}$ , Вт/(м<sup>3</sup>С), следует определять по формуле

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (4.13)$$

где  $q_{\text{быт}}$  – величина бытовых тепловыделений на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений ( $A_{\text{ж}}$ ) или расчетной площади общественного здания ( $A_{\text{р}}$ ), Вт/м<sup>2</sup>, принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека  $q_{\text{быт}} = 17$  Вт/м<sup>2</sup>;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м<sup>2</sup> общей площади и более на человека  $q_{\text{быт}} = 10$  Вт/м<sup>2</sup>;

в) других жилых зданий – в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины  $q_{\text{быт}}$  между 17 и 10 Вт/м<sup>2</sup>;

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м<sup>2</sup>) с учетом рабочих часов в неделю.

Удельную характеристику теплопоступлений в здание от солнечной радиации,  $k_{\text{рад}}$ , Вт/(м<sup>3</sup>С), следует определять по формуле:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП}}, \quad (4.14)$$

где  $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$  – теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{ок}} (A_{\text{ок1}} I_1 + A_{\text{ок2}} I_2 + A_{\text{ок3}} I_3 + A_{\text{ок4}} I_4) + \tau_{1\text{фон}} \tau_{2\text{фон}} A_{\text{фон}} I_{\text{гор}},$$

$\tau_{1\text{ок}}, \tau_{1\text{фон}}$  – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий; при отсутствии данных следует принимать по своду правил; мансардные окна с углом наклона заполнений к горизонту  $45^\circ$  и более следует считать как вертикальные окна, с углом наклона менее  $45^\circ$  – как зенитные фонари;

$\tau_{2\text{ок}}, \tau_{2\text{фон}}$  – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным; при отсутствии данных следует принимать по своду правил;

$A_{\text{ок1}}, A_{\text{ок2}}, A_{\text{ок3}}, A_{\text{ок4}}$  – площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям,  $\text{м}^2$ ;

$A_{\text{фон}}$  – площадь светопроемов зенитных фонарей здания,  $\text{м}^2$ ;

$I_1, I_2, I_3, I_4$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания,  $\text{МДж}/(\text{м}^2 \text{ год})$ , определяется по методике свода правил;

П р и м е ч а н и е – Для промежуточных направлений величину солнечной радиации следует определять по интерполяции;

$I_{гор}$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, МДж/(м<sup>2</sup> год), определяется по своду правил.

10. Максимальный тепловой поток на отопление здания  $Q_{отmax}$ , Вт, найдется

$$Q_{отmax} = q_{от}^p \cdot V_{от} \cdot (t_{в} - t_{н}), \quad (4.15)$$

где  $q_{от}^p$  – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$V_{от}$  – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м<sup>3</sup>;

$t_{в}$  – расчётная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая согласно ГОСТ 30494-96 [3] и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{н}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, для всех зданий, кроме производственных, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [1].

## 5. Конструирование системы отопления

Конструирование начинают с вычерчивания аксонометрической схемы системы отопления на основе расположения стояков и отопительных приборов на планах этажей здания. При верхней разводке системы отопления, подающие магистрали располагают на чердаке на расстоянии 1 м от внутренней поверхности стены. Обратные магистрали прокладывают около стен в подвале. В бесчердачных зданиях в подвале или в подпольных каналах рядом с обратными магистралями прокладывают подающие. Для уменьшения бесполезных потерь тепла все трубопроводы за пределами отапливаемых помещений теплоизолируют.

Трубопроводы систем отопления, согласно СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха [5], следует проектировать из стальных, медных, латунных и полимерных труб, разрешенных к применению в строительстве. В комплекте с полимерными трубами следует применять, как правило, соединительные детали и изделия, одного производителя.

Способ прокладки трубопроводов систем отопления должен обеспечивать легкую замену их при ремонте. Замоноличивание труб без кожуха в строительные конструкции допускается:

- в зданиях со сроком службы менее 20 лет;
- при расчетном сроке службы труб 40 лет и более.

При скрытой прокладке трубопроводов следует предусматривать люки в местах расположения разборных соединений и арматуры. Прокладка трубопроводов из полимерных труб должна предусматриваться скрытой: в полу, плинтусах, за экранами, в штробах, шахтах и каналах; допускается открытая прокладка в местах, где исключается их механическое, термическое повреждение и прямое воздействие ультрафиолетового излучения на трубы.



Трубопроводы в местах пересечения перекрытий, внутренних стен и перегородок следует прокладывать в гильзах из негорючих материалов.

В однотрубных системах отопления в целях индустриализации строительства следует применять унифицированные стояки со смещенными или осевыми замыкающими участками и трехходовыми кранами [6,7]. Стояки устанавливают на расстоянии 150÷200 мм от откоса оконного проема. Длину подводок к отопительному прибору принимают 350÷400 мм, при этом для жилых зданий допускается смещение оси прибора относительно оси светового проема. Конструктивные элементы унифицированных узлов стояка приведены в [6,7].

Отопительные приборы следует размещать, как правило, под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длину отопительного прибора следует определять расчетом и принимать, как правило, не менее 75 % длины светового проема (окна) в больницах, детских дошкольных учреждениях, школах, домах для престарелых и инвалидов, и 50 % - в жилых и общественных зданиях.

У отопительных приборов следует устанавливать регуливающую арматуру, за исключением приборов в помещениях, где имеется опасность замерзания теплоносителя (на лестничных клетках, в вестибюлях и т.п.). В жилых и общественных зданиях у отопительных приборов следует устанавливать, как правило, автоматические терморегуляторы.

В качестве отопительных приборов применяют чугунные секционные либо стальные панельные радиаторы. Следует учитывать, что из-за большого расхода металла производство чугунных радиаторов постепенно сокращается.

Источником тепловой энергии для систем водяного отопления, присоединяемых к тепловым сетям, служит тепловой пункт, для которого в подвале здания, обычно под лестничной клеткой у наружной стены, выделяют отдельное помещение длиной 4 м, шириной 1,5 м и высотой не менее 2 м.

Оборудование теплового пункта состоит из задвижек, грязевиков, контрольно-измерительных приборов и гидроэлеватора. Схемы тепловых пунктов, схемы тепловых пунктов с указанием мест установки тепловых счетчиков приводятся в [8,9]. Отопление жилых зданий следует проектировать, обеспечивая регулирование и учет расхода теплоты на отопление каждой квартирой, группами помещений общественного и другого назначения, расположенными в доме, а также зданием в целом. Для определения расхода теплоты каждой квартирой (с учетом показаний общего счетчика) в жилых зданиях следует предусматривать:

- установку счетчика расхода теплоты для каждой квартиры при устройстве поквартирных систем отопления с горизонтальной (лучевой) разводкой труб;
- устройство поквартирного учета теплоты индикаторами расхода теплоты на каждом отопительном приборе в системе отопления с общими стояками для нескольких квартир, в том числе в системе поквартирного отопления;
- установку общего счетчика расхода теплоты для здания в целом с организацией поквартирного учета теплоты пропорционально отапливаемой площади квартир или другим показателям.

Из теплового пункта горячая вода с температурой 95 °С (105 °С) на расчетном режиме, поступает в главный стояк и затем в подающие магистрали на чердаке, либо в подающие магистрали в подвале (в системах водяного отопления с нижней разводкой). Обратная остывшая вода, с температурой 70 °С, возвращается по обратным магистралям в тепловой пункт, где она частично эжектируется гидроэлеватором и подогревается сетевой водой до 95 °С (105 °С).

В соответствии с принятыми уклонами (обычно 0,005) подающих и обратных магистралей, обеспечивающих удаление воздуха и спуск теплоносителя из системы, в верхних

точках подающих магистралей (системы с верхней разводкой) необходимо разместить проточные воздухоборники и спускные краны в нижних точках обратных магистралей. В системах с нижней разводкой воздухоудаление осуществляется через воздушные краны, устанавливаемые на отопительных приборах верхнего этажа.

Лестничная клетка отапливается приборами, расположенными только на первом этаже. Стояки лестничных клеток выполняют обособленными - по проточной схеме.

На аксонометрической схеме кроме отопительных приборов и трубопроводов, применяя условные обозначения, изображают воздухоборники, краны регулировочные, запорные, спускные, воздушные, вентили, задвижки и другую арматуру. Указывают уклоны подающих и обратных магистралей.

**Общие рекомендации по выполнению гидравлического расчета.** Системы отопления представляют собой разветвленную сеть теплопроводов, выполняющих важную функцию распределения теплоносителя по отопительным приборам. Целью гидравлического расчета является определение диаметров теплопроводов при заданной тепловой нагрузке и расчетном циркуляционном давлении, установленном для данной системы.

Располагаемый напор в системе отопления должен быть распределен между стояками и магистралями таким образом, чтобы местоположение стояков на магистрали не влияло на гидравлическую устойчивость системы. Для выполнения этого требования принимаются следующие потери напора в отдельных элементах однетрубных тупиковых систем: в стояках -  $70 \div 85\%$ , в магистралях -  $15 \div 30\%$  располагаемой потери напора в системе. Потери напора в циркуляционных кольцах системы отопления, рассчитанной с постоянными перепадами температур воды в стояках, не должны отличаться

ся более чем на 15% при расчете без использования ЭВМ и на 5% - при расчете с помощью ЭВМ.

В настоящее время гидравлический расчет системы отопления, как наиболее сложный и трудоемкий расчет, как правило, выполняется с помощью специализированных компьютерных программ, например «KAN C.O. Graf» и др.

В данной курсовой работе полный гидравлический расчет системы отопления не выполняется, и мы ограничимся выбором диаметров вертикальных стояков и участков магистралей, для которых рассчитаны теплотери, по допустимым расходам теплоносителя в трубопроводах систем водяного отопления с насосной циркуляцией [7]:

$d_y$	Максимальный расход	Минимальный расход
мм	кг/ч	кг/ч
Трубы по ГОСТ 3262-75* (обыкновенные)		
10	400	100
15	820	170
20	1250	310
25	2000	500
32	3500	870
40	4650	1160
50	7800	1950

## 6. Расчет отопительных приборов

В результате теплового расчета отопительных приборов необходимо определить площадь поверхности и количество элементов приборов. В курсовой работе расчёт отопительных приборов выполняется только для помещений здания с рассчитанными теплопотерями.

Для расчёта  $F_p$  прежде всего необходимо определить величину теплового потока отопительного прибора, обусловленного его **поверхностной плотностью**, т.е. значением теплового потока  $q_{пр}$ , передаваемого от теплоносителя в окружающую среду через  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности прибора.

Плотность теплового потока отопительного прибора  $q_{пр}$ , для условий работы, отличных от стандартных, при теплоносителе воде определится по формуле

$$q_{пр} = q_{ном} \cdot \left( \frac{\Delta t_{ср}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{пр}}{0,1} \right)^p \cdot c_{пр}, \quad (6.1)$$

где:  $q_{ном}$  - номинальная плотность теплового потока отопительного прибора при стандартных условиях работы,  $\text{Вт/м}^2$  (принимают по [4, табл. 8.1]);

$\Delta t_{ср}$  - температурный напор, равный разности полусуммы температур теплоносителя на входе и выходе отопительного прибора и температуры воздуха помещения,

$$\Delta t_{ср} = \left[ 0,5 \cdot (t_{вх} + t_{вых}) - t_{в} \right], \text{ } ^\circ\text{C};$$

$G_{пр}$  - действительный расход воды в отопительном приборе,

$$\text{кг/с}, \quad G_{пр} = \frac{Q_{пр}}{c \cdot (t_{вх} - t_{вых})}; \quad Q_{пр} - \text{тепловой поток, передаваемый}$$

через прибор;  $c$  - удельная массовая теплоёмкость воды, равная  $4187 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ ;

$n, p$  - экспериментальные значения показателей степени, принимают по [4, табл. 8.1]);

$c_{пр}$  - коэффициент, учитывающий схему присоединения отопительного прибора и изменения показателя степени  $p$  в различных диапазонах расхода теплоносителя [4, табл. 8.1].

Расчётная площадь отопительного прибора определится

$$F_p = \frac{Q_{пр}}{q_{пр}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (6.2)$$

где:  $Q_{пр}$  - тепловой поток, передаваемый через прибор, Вт, определяемый по формуле  $Q_{пр} = Q_p - 0,9 \cdot Q_{тр}$ ;  $Q_p$  - общие теплотери помещения;  $Q_{тр}$  - тепловой поток, передаваемый в помещение открыто проложенными трубопроводами (стояки, подводки);  $Q_{тр} = \sum k_{тр} \pi d_n l (t_T - t_B)$ ;

$k_{тр}$ ,  $d_n$ ,  $l$  - соответственно коэффициент теплопередачи, наружный диаметр и длина отдельных трубопроводов, проложенных открыто в помещении;

$t_T$ ,  $t_B$  - температура теплоносителя и воздуха в помещении,  $^{\circ}\text{C}$ .

На практике тепловой поток от трубопроводов определяют по упрощенной формуле

$$Q_{тр} = q_B l_B + q_G l_G, \quad (6.3)$$

где:  $q_B$ ,  $q_G$  - удельный тепловой поток 1 м вертикально и горизонтально проложенных труб, Вт/м, исходя из их диаметра и разности температур ( $t_T - t_B$ ); значения определяют по справочникам [6];

$l_B$ ,  $l_G$  - длина вертикальных и горизонтальных трубопроводов в пределах помещения, м.

В формуле (6.2):  $\beta_1$  - коэффициент учёта дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов

за счёт округления сверх расчётной величины (принимается по [4, табл. 8.2]);  $\beta_2$  - коэффициент учёта дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений (принимается по [4, табл. 8.3]).

Расчётное число секций чугунных радиаторов определяют по формуле:

$$N_p = \frac{F_p \cdot \beta_4}{f_1 \cdot \beta_3}, \quad (6.4)$$

где:  $f_1$  - площадь поверхности нагрева одной секции,  $m^2$ , зависящая от типа радиатора, принятого к установке в помещении (принимается по [4, табл.8.1]);  $\beta_4$  - коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении ([4, рис. 8.13]), при открытой установке  $\beta_4=1,0$ ;  $\beta_3$  - коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе ([4, формула 8.12]).

При этом номинальный тепловой поток отопительного прибора не следует принимать меньше, чем на 5% или на 60 Вт требуемого по расчету. Как правило, к установке принимают большее ближайшее число секций радиатора.

Если к установке приняты панельный радиатор типа РСВ1 и РСГ2 или конвектор с кожухом, размещаемых в помещении открыто, то для них по найденному значению  $F_p$ , ориентируясь на  $f_1$ , выбирают марку прибора из существующего ряда.

В процессе определения необходимой площади поверхности отопительных приборов исходные и получаемые данные вписывают в бланк - приложение № 5.

**ПРИМЕЧАНИЕ:**  $t_{вх}$ ,  $t_{вых}$  - температура на входе и выходе из отопительного прибора; для двухтрубной системы отопления  $t_{вх}=95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{вых}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В однотрубных системах отопления температура горячей воды понижается по мере по-

ступления её в каждый последующий отопительный прибор. Определение  $t_{\text{вх}}$  и  $t_{\text{вых}}$  для отопительных приборов однотрубной системы отопления рекомендуется производить в следующем порядке:

1. Рассчитывается тепловая нагрузка всего стояка  $Q_{\text{ст}}$ , Вт. Она равна сумме тепловых нагрузок отопительных приборов этого стояка.

2. Температура  $t_{\text{вх}}$  для каждого прибора определяется по формуле

$$t_{\text{вх}} = t_{\text{г}} - \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{o}})}{Q_{\text{ст}}}, \quad (6.5)$$

где:  $t_{\text{г}}$  - температура горячего теплоносителя в подающей магистрали ( $t_{\text{г}}=105^{\circ}\text{C}$ );

$t_{\text{o}}$  - температура охлаждённого теплоносителя в обратной магистрали ( $t_{\text{o}}=70^{\circ}\text{C}$ );

$\sum_{i=1}^n Q_{\text{пр}}$  - суммарная тепловая нагрузка отопительных приборов на участке стояка от рассчитываемого прибора до подающей магистрали, Вт.

3. Определяется расход воды  $G_{\text{ст}}$ , кг/с, проходящей через стояк

$$G_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{ст}}}{c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{o}})}, \quad (6.6)$$

4. Температура  $t_{\text{вых}}$  для каждого прибора определяется по формуле



$$t_{\text{вых}} = t_{\text{вх}} - \frac{Q_{\text{пр}}}{\alpha \cdot G_{\text{ст}} \cdot c}, \quad (6.7)$$

где:  $\alpha$  - коэффициент затекания; для проточных систем отопления при одностороннем присоединении приборов  $\alpha=1$ , при двустороннем -  $\alpha=0,5$ ; для однотрубных систем водяного отопления с замыкающими участками допускается принять в курсовой работе при одностороннем присоединении приборов  $\alpha=0,5$ , при двустороннем присоединении  $\alpha=0,3$ .

## 7. Подбор водоструйного элеватора

Элеватор предназначен для снижения температуры воды, подаваемой в систему отопления. Наиболее широкое распространение получили стальные элеваторы типа ВТИ - Мосэнерго. Основными частями каждого типа элеватора являются конусообразное сопло, камера всасывания, горловина и диффузор. Конструкция элеватора приведена в [8]. Высокотемпературная вода, поступающая из тепловой сети в сопло элеватора, на выходе имеет большую скорость движения, за счет которой в камере всасывания давление становится значительно ниже, чем в обратной магистрали системы отопления. В результате этого охлажденная вода из системы отопления по патрубку поступает в элеватор и смешивается с водой тепловой сети.

Подбор элеватора выполнить по СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов» [10]. Расход на отопление из тепловой сети  $G_{\text{до}}$ , т/ч, определится

$$G_{\text{до}} = 3,6 \cdot \frac{Q_{\text{о max}}}{(\tau_1 - \tau_2)c}, \quad (7.1)$$

где:  $Q_{\text{о max}}$  — максимальный тепловой поток на отопление

здания, Вт – определяется по формуле (4.15);  
 $c$ — удельная теплоемкость воды, равная 4187 Дж/(кг °С);  
 $\tau_1$  — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С, принять 150 °С;  
 $\tau_2$  — то же, в обратном трубопроводе от системы отопления, °С, принять 70 °С.

Коэффициент смешения –  $u$  найдется по формуле

$$u = \frac{\tau_1 - \tau_{o1}}{\tau_{o1} - \tau_2}, \quad (7.2)$$

где:  $\tau_{o1}$  — температура воды в подающем трубопроводе системы отопления, °С, для однетрубной системы отопления принять 105 °С, для двухтрубной – 95 °С.

Диаметр горловины элеватора  $d_r$  мм, следует определять по формуле

$$d_r = 8,54 \sqrt{\frac{G_{do}^2 (1 + u)^2}{H_o}}, \quad (7.3)$$

где:  $G_{do}$  — расчетный расход воды на отопление из тепловой сети, т/ч, определяемый по формуле (7.1);

$u$  — коэффициент смешения, определяемый по формуле (7.2);

$H_o$  — потери напора в системе отопления после элеватора при расчетном расходе воды, м, для пятиэтажных зданий принять 1 м.вод.ст., для девятиэтажных – 1,5 м.вод.ст., для двенадцатиэтажных – 2 м.вод.ст.

При выборе элеватора следует принимать стандартный элеватор с ближайшим меньшим диаметром горловины.

Элеваторы ВТИ - Мосэнерго							
№ элеватора	1	2	3	4	5	6	7
$d_r$ , мм	15	20	25	30	35	47	59

Минимально необходимый напор  $H$ , м, перед элеватором для преодоления гидравлического сопротивления элеватора и присоединенной к нему системы отопления (без учета гидравлического сопротивления трубопроводов, оборудования, приборов и арматуры до места присоединения элеватора) допускается определять по приближенной формуле

$$H = 1,4H_0(1 + u)^2. \quad (7.4)$$

Диаметр сопла элеватора  $d_c$ , мм, следует определять по формуле

$$d_c = 9,64 \sqrt{\frac{G_{do}^2}{H_1}}, \quad (7.5)$$

где:  $H_1$  — напор перед элеватором, определяемый по пьезометрическому графику, м, принять в курсовой работе 15 м.

Диаметр сопла следует определять с точностью до десятых долей миллиметра с округлением в меньшую сторону и принимать не менее 3 мм. Если напор  $H_1$ , превышает напор  $H$ , определенный по формуле (7.4), в два раза и более, а также в случае когда диаметр сопла, определенный по формуле (7.5), получается менее 3 мм, избыток напора следует гасить регулирующим клапаном или дроссельной диафрагмой, устанавливаемыми перед элеватором.

Перед элеватором на подающем трубопроводе рекомендуется предусматривать прямую вставку длиной 0,25 м на фланцах. Диаметр вставки следует принимать равным диаметру трубопровода.

Необходимо указать номер выбранного элеватора, диаметр горловины, диаметр сопла. В пояснительной записке вычертить схему элеватора с указанием основных конструктивных размеров, приведенных в [8].

## **8. Вентиляция**

Жилые и общественные здания оборудуют естественной канальной вытяжной вентиляцией с устройством каналов во внутренних стенах либо используют бетонные блоки - панели.

Вытяжную вентиляцию в жилых комнатах во всех квартирах следует предусматривать через вытяжные каналы кухонь, уборных, ванн или совмещенных санитарных узлов (для этого внизу двери оставляют щель высотой 30 мм через которую движется воздух).

При наличии чердака вертикальные вытяжные каналы объединяют в сборный канал (короб). Радиус действия систем с естественным побуждением принимают не более 8 м. В бесчердачных зданиях вертикальные вентиляционные каналы выводятся наружу без объединения, при помощи специального оголовочного блока.

В жилых зданиях квартирного типа допускается: а) объединение в один вертикальный канал вытяжки из уборной и ванной или душевой той же квартиры; б) объединение вентиляционных каналов из кухонь и санитарных узлов, расположенных на разных этажах, в сборный вертикальный канал. Присоединение местного канала к сборному следует предусматривать не ближе чем через этаж.

### **Определение воздухообмена и расчет системы вентиляции.**

Согласно СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные» для жилых помещений (спальная, общая, детская комнаты) в режиме обслуживания кратность воздухообмена принимается 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилой площади. Однако воздухообмен не должен быть меньше требуемого для вентиляции санузла и кухни.

Определив воздухообмен, необходимо провести расчет системы вентиляции, цель которого заключается в определении таких геометрических размеров вентканалов и жалюзийных решеток, которые бы обеспечили удаление требуемых количеств воздуха.

#### **Расчет производится в следующей последовательности:**

1. Определяют располагаемое гравитационное давление  $P_{гр}$ , Па, для каждого этажа по формуле:

$$P_{гр} = 9,81 \cdot h \cdot (\rho_n - \rho_v), \quad (8.1)$$

где:  $h$  - разность отметок выходного устья вытяжного канала и центра жалюзийной решетки в помещении, м;

$\rho_n, \rho_v$  - соответственно плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м<sup>3</sup> (плотность наружного воздуха определяется при температуре равной +5 °С).

Плотность воздуха при любой температуре  $t$  определяется из выражения:

$$\rho_t = \frac{353}{273 + t}. \quad (8.2)$$

2. Определяют площадь сечения элементов вентиляционных систем  $f$ , м<sup>2</sup>, по формуле:

$$f = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (8.3)$$

где:  $L$  - воздухообмен через рассчитываемый канал,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $v$  - скорость движения воздуха,  $\text{м}/\text{с}$ .

Скорость движения воздуха в элементах системы вентиляции рекомендуется принимать: в вертикальных каналах верхнего этажа - на  $0,1 \text{ м}/\text{с}$  меньше, чем из предыдущего, в пределах  $0,5 \div 1 \text{ м}/\text{с}$ .

По величине сечения  $f$  подбирается стандартное сечение жалюзийной решетки (см. приложение 6, таблица 1) и вентканала.

Фактическая скорость в принятом канале и жалюзийной решетке определяется по формуле:

$$v_{\text{жр}} = \frac{L}{3600 \cdot f_{\text{жр}}}, \quad (8.4)$$

$$v_{\text{кан}} = \frac{L}{3600 \cdot f_{\text{кан}}}. \quad (8.5)$$

Для каналов прямоугольного сечения со сторонами  $a \times b$  определяется эквивалентный диаметр,  $\text{мм}$ ,

$$d_3 = \frac{2ab}{a + b}. \quad (8.6)$$

3. Определяют потери давления на трение  $\beta \cdot R \cdot l$  и местные сопротивления  $Z$ .

Потери давления на трение на один п. м.  $R$  определяются в зависимости от  $d_3$  и  $v_{\text{кан}}$  по номограммам и таблицам (см. [4, рис.14.9]). При применении неметаллических воздухово-

дов в значение потерь давления на трение необходимо ввести поправку на шероховатость  $\beta$  (приложение 6, таблица 2).

Потери давления на местных сопротивлениях  $Z$ , Па, обособленного канала определяются по формуле

$$Z = \xi_{\text{жр}} \rho_v \frac{v_{\text{жр}}^2}{2} + (\xi_{\text{кан1}} + \xi_{\text{кан2}}) \rho_v \frac{v_{\text{кан}}^2}{2}, \quad (8.7)$$

где:  $\xi_{\text{жр}}$  - коэффициент местного сопротивления жалюзийной решетки, можно принять  $\xi_{\text{жр}} = 1,4$ ;

$\xi_{\text{кан1}}, \xi_{\text{кан2}}$  - соответственно коэффициенты местных сопротивлений при повороте потока на  $90^\circ$  и выходе из устья канала при наличии зонта, можно принять  $\xi_{\text{кан1}} = 1,1$ ;  $\xi_{\text{кан2}} = 1,9$ .

4.Сравнивают потери давления потока воздуха в канале с располагаемым гравитационным давлением. Суммарные потери давления в рассчитываемом канале должны быть на 10÷15 % меньше, чем располагаемое гравитационное давление, то есть должно выполняться условие:

$$\beta \cdot R \cdot 1 + Z = (0,85 \div 0,9) \cdot P_{\text{гр}}. \quad (8.8)$$

Если это условие не выполняется необходимо изменить размеры жалюзийных решеток и вентканалов и расчет повторить. Все расчеты сводятся в таблицу (приложение 7).

## Приложение №1

### Таблица для выбора района строительства, этажности здания, ориентации главного фасада.

Таблица 1.1

№варианта	Город	Этаж-ность здания	Ориента-ция главно-го фасада
1	2	3	4
00	Псков	5	восток
01	Луга		
02	Смоленск		
03	Великие Луки		
04	Тверь		
05	Невель		
06	Дедовичи		
07	Пыталово	3	юго-восток
08	Гдов		
09	Опочка		
10	Пустошка		
11	Остров		
12	Новгород		
13	Порхов		
14	Дно	4	запад
15	Великие Луки		
16	Струги Красные		
17	Псков		
18	Кунья		
19	Новоржев		
20	Палкино		









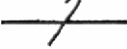



## Таблица для выбора материалов наружных стен


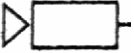


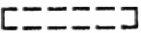
Таблица 1.2

№ варианта	Материал стены		Конструктивное решение стены
	конструкционный	теплоизоляционный	
0	Кирпичная кладка	Пенополистирол	Двухслойная с наружной теплоизоляцией
1	Кирпичная кладка	Пенополистирол	Трехслойная с теплоизоляцией по середине
2	Кирпичная кладка	Минеральная вата	С неветилируемой воздушной прослойкой
3	Кирпичная кладка	Минеральная вата	С вентилируемой воздушной прослойкой
4	Керамзитобетон (гибкие связи, шпонки)	Пенополистирол	Двухслойная с наружной теплоизоляцией
5	Керамзитобетон (гибкие связи, шпонки)	Пенополистирол	Трехслойная с теплоизоляцией по середине
6	Керамзитобетон (гибкие связи, шпонки)	Минеральная вата	С неветилируемой воздушной прослойкой
7	Керамзитобетон (гибкие связи, шпонки)	Минеральная вата	С вентилируемой воздушной прослойкой
8	Железобетон (гибкие связи, шпонки)	Пенополистирол	Трехслойная с теплоизоляцией по середине
9	Железобетон (гибкие связи, шпонки)	Минеральная вата	Трехслойная с теплоизоляцией по середине

**Приложение № 2**  
**Условные обозначения для графического оформления**  
**чертежей (по ГОСТ 21.205-93 Условные обозначения эле-**  
**ментов санитарно-технических систем)**

Наименование	Условное обозначение	
	на видах сверху и на планах	на видах спереди или сбоку, на разрезах и схемах
1 Труба отопительная гладкая, регистр из гладких труб*		
2 Труба отопительная ребристая, регистр из ребристых труб, конвектор отопительный*		
3 Радиатор отопительный		
4 Прибор отопительный потолочный для лучистого отопления		
5 Агрегат воздушно-отопительный**	-	
6 Воздуховод	-	-
7 Воздуховод (под упрощенном графическом изображении двумя линиями): а) круглого сечения***		
б) прямоугольного сечения		
8 Отверстие (решетка) для забора воздуха**	-	

9 Отверстие (решетка) для выпуска воздуха**		
10 Воздухораспределитель**		
11 Местная вытяжка** (отсос, укрытие)		
12 Дефлектор**		
13 Зонт**		
14 Заслонка (клапан) вентиляционная**		
15 Шибер**		
16 Клапан обратный вентиляционный**		
17 Клапан огнезадерживающий вентиляционный**		
18 Лючок для замеров параметров воздуха и/или чистки воздуховодов**		

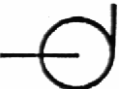



19 Узел прохода вентиляционной шахты**		
20 Камера вентиляционная приточная (кондиционер)**		
21 Глушитель шума**		
22 Грязевик		
23 Канал подпольный		

\* В обозначении на видах, разрезах и схемах указывают графически действительное количество труб.


\*\* Условное графическое обозначение применяют только на схемах.

\*\*\* для воздуховодов крупного сечения диаметром до 500 мм включительно допускается на чертежах систем осевую линию не указывать.




## Графические обозначения насосов и вентиляторов

Наименование	Обозначение
1 Насос центробежный	
2 Насос струйный (эжектор, инжектор, элеватор)	
3 Вентилятор: а) радиальный	
б) осевой	

## Графические обозначения элементов трубопроводов

Наименование	Обозначение
1 Изолированный участок трубопровода	
2 Трубопровод в трубе (футляре)	
3 Сифон (гидрозатвор)	
4 Компенсатор: а) общее обозначение	
б) П-образный	
5 Вставка амортизационная	
6 Место сопротивления в трубопроводе (шайба дроссельная, сужающее устройство расходомерное, диафрагма)	
7 Опора (подноска) трубопровода: а) неподвижная	
б) подвижная	

## Графические обозначения трубопроводной арматуры

Наименование	Обозначение
1 Клапан (вентиль) запорный: проходной	
2 Клапан (вентиль) трехходовой	
3 Клапан (вентиль) регулирующий: проходной	
4 Клапан обратный:*	
5 Клапан предохранительный: проходной	
6 Задвижка	
7 Кран: проходной	

\* Движение рабочей среды через клапан должно быть направлено от белого треугольника к черному.

Буквенно-цифровые обозначения трубопроводов санитарно-технических систем (наружных сетей водоснабжения и канализации, теплоснабжения, внутренних водопровода и канализации, горячего водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования)

Таблица

Наименование	Буквенно-цифровое обозначение
1 Водопровод:	
а) общее обозначение	В0
б) хозяйственно-питьевой*	В1
в) противопожарный*	В2
г) производственный:*	В3
— общее обозначение	
— оборотной воды, подающей	В4
— оборотной воды, обратный	В5
— умягченной воды	В6
— речной воды	В7
— речной осветленной воды	В8
— подземной воды	В9
2 Канализация:	
а) общее обозначение	К0
б) бытовая	К1
в) дождевая	К2
г) производственная:	К3
— общее обозначение	
— механически загрязненных вод	К4
— иловая	К5
— шламодержащих вод	К6
— химически загрязненных вод	К7
— кислых вод	К8
— щелочных вод	К9
— кислотощелочных вод	К10
— цианосодержащих вод	К11
— хромосодержащих вод	К12
3 Теплопровод:	
а) общее обозначение	Т0
б) трубопровод горячей воды для отопления и вентиляции (в т.ч. кондиционирования), а также общий для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических процессов:	

— подающий	T1
— обратный	T2
в) трубопровод горячей воды для горячего водоснабжения:	
— подающий	T3
— циркуляционный	T4
г) трубопровод горячей воды для технологических процессов:	
— подающий	T5
— обратный	T6
д) трубопровод:	
— пара (паропровод)	T7
— конденсата (конденсатопровод)	T8

Для теплопроводов, приведенных в таблице, при разных параметрах теплоносителя следует принимать обозначения:

— от T11 до T19 и от T21 до T29 для трубопроводов, указанных в пункте 3, перечисление б);

— от T31 до T39 и от T41 до T49 для трубопроводов, указанных в пункте 3, перечисление в);

— от T51 до T59 и от T61 до T69 для трубопроводов, указанных в пункте 3, перечисление г);

— от T71 до T79 и от T81 до T89 для трубопроводов, указанных в пункте 3, перечисление д).

Для теплопроводов, не предусмотренных таблицей, следует принимать обозначения от T91 до T99 независимо от вида транспортируемой среды и ее параметров.



**Приложение № 3**  
**Формуляр для записи расчёта теплопотерь**

№ помеще- ния	Назначение помещения	Внутренняя температу- ра $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Поверхность ограждения		
			обозначе- ние	ориентация по странам света	расчётные размеры $a \times b, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6

продолжение

Площадь $F, \text{ м}^2$	Разность температур $(t_{в}-t_{н}), ^\circ\text{C}$	Поправочный коэффициент $n$	Приведенное сопротивле- ние теплопе- редаче $R_0^{пр}, \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	Основные теп- лопотери
				$Q = \frac{F}{R_0^{пр}} (t_{в} - t_{н}) n$ Вт
7	8	9	10	11

продолжение

Добавки в долях от основных теплопотерь, $\beta$		Суммарный коэф- фициент добавоч- ных теплопотерь $(1 + \sum \beta)$	Теплопоте- ри $Q(1 + \sum \beta),$ Вт
на ориентацию	на врывание холод- ного воздуха		
12	13	14	15

**Приложение № 4**  
**Бланк для расчета общих теплопотерь помещения**

№ помеще- ния	Наименование помещения	$Q,$ Вт	$Q_{и},$ Вт	$Q_{в},$ Вт	$Q_{быт},$ Вт	$Q_{р},$ Вт
1	2	3	4	5	6	7

**Приложение № 5**  
**Бланк для расчёта отопительных приборов**

№ помещения	Тепловой поток отопительного прибора $Q_{пр}$ , Вт	Температура воздуха в помещении $t_{в}$ , °C	Температура теплоносителя на входе $t_{вх}$ , °C	Температура теплоносителя на выходе $t_{вых}$ , °C	Температурный напор $\Delta t_{ср}$ , °C
1	2	3	4	5	6
Продолжение таблицы					
Расход теплоносителя $G$ , кг/с	Плотность теплового потока прибора $q_{пр}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Расчетная площадь прибора $F_p$ , м <sup>2</sup>	Расчетное число секций, $N_p$	Установочное число секций, $N_{уст}$	
7	8	9	10	11	

**Приложение № 6**  
**Основные данные стандартных жалюзийных  
вентиляционных решеток**

Таблица № 1

Размер, мм	Площадь живого сечения, м <sup>2</sup>	Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч, при скорости воздуха в живом сечении, м/с						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
100 x100	0,0087	12,5	15,6	18,7	21,8	25	28	31
150x 150	0,0130	18,7	23,4	28,0	32,7	37	42	47
150x200	0,0173	24,9	31,2	37,4	43,6	50	56	-62
150x250	0,0217	31,4	38,0	46,8	54,6	62	70	78
150 x 300	0,0260	37,4	46,8	56,2	65,6	75	84	94
200 x 200	0,0231	33,2	41,6	49,8	58,2	67	75	83
200 x 250	0,0289	41,6	52,0	62,4	72,8	83	94	104
200 x 300	0,0346	49,9	62,3	74,8	87,0	100	112	125
250 x 250	0,0361	52,0	65,0	78,0	91,0	104	117	130
250 x 350	0,0405	58,3	73,0	87,0	102	117	132	146

**Поправочные коэффициенты  $\beta$  на потери давления на трение, учитывающие шероховатость материала воздуховодов**

Таблица № 2

$V_{\text{кан}}, \text{ м/с}$	$\beta$ , при $K_s$ , мм			
	1,0	1,5	4	10
0,2	1,04	1,06	1,15	1,33
0,4	1,08	1,11	1,25	1,48
1,0	1,19	1,23	1,46	1,77
2,0	1,25	1,36	1,65	2,04
3,0	1,32	1,43	1,75	2,2

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Абсолютная эквивалентная шероховатость материалов  $K_s$ , мм:  
 листовая сталь - 0,1; асбестоцементные трубы - 0,11; шлакогипсовые плиты - 1,0; шлакобетонные плиты - 1,5; кирпич - 4,0; штукатурка (по сетке) - 10,0.

**Приложение №7**

**Бланк для расчета системы вентиляции**

Таблица №1

№ квартиры и этажа	$L$ , м <sup>3</sup> /ч	$V_{\text{жр}}, \text{ м/с}$	$V_{\text{кан}}, \text{ м/с}$	Размеры канала, ахб, ммхмм	Размеры ж.р., ммхмм	$d_s$ , мм
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы

l, м	R, Па/м	$\beta$	$\beta R l$ , Па	Z, Па	$\beta R l + Z$ , Па	$P_{\text{гр}}, \text{ Па}$
8	9	10	11	12	13	14

## Литература

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 – М.: Минрегион России, 2012.-108 с.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 – М.: Минрегион России, 2012.-95 с.
3. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.- М.:1999.
4. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учеб. для вузов.- 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1991.- 480 с.
5. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 – М.: Минрегион России, 2012.-75 с.
6. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. I. Отопление. Под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. - 4-е изд. – М.: Стройиздат, 1990.- 344 с.
7. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий: Проектирование. Справочник/ Г.В. Русланов и др. – Киев: Будивельник, 1983. – 272 с.
8. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник/ В.И. Манюк и др. – 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
9. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя. М.: Министерство топлива и энергетики РФ, 1995.- 66с.
10. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. – М.: ФГУП ЦПП, 1996. – 92 с.

Учебное издание

Воронков Сергей Семенович

## **ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**

### **Отопление и вентиляция гражданского здания**

Методические указания к курсовой работе для студентов на-  
правления 270800 «Строительство»  
профили  
«Промышленное и гражданское строительство»,  
«Автомобильные дороги»

Компьютерная верстка: А.А. Шупилко  
Технический редактор: С.С. Воронков  
Корректор: С.Н. Емельянова

---

Подписано в печать 00.00.2014. Формат 60х90/16.  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. п. л. 3,75.  
Тираж 100 экз. Заказ № 0000.

Адрес издательства:  
Россия 180000, г. Псков, ул. Л. Толсто, д. 4  
Издательство ПсковГУ