

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Архитектурно-строительный институт



М.Н. Кучеренко

# ВЕНТИЛЯЦИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Электронное учебно-методическое пособие

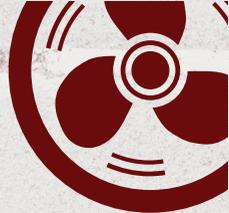
© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2020

ISBN 978-5-8259-1501-2



УДК 697.1(075.8)

ББК 31.76



Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства *К.О. Чичиров*;

канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение» Тольяттинского государственного университета *О.А. Сизенко*.

Кучеренко, М.Н. Вентиляция общественного здания : электронное учебно-методическое пособие / М.Н. Кучеренко. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1501-2.

В настоящем пособии содержится материал для определения состава, объема и последовательности выполнения курсовой работы «Вентиляция общественного здания». Приводится краткое содержание отдельных глав расчетно-пояснительной записки, даются разъяснения по выполнению необходимых расчетов, содержатся основные рекомендации по оформлению расчетно-пояснительной записки и чертежей.

Предназначено для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2020



Редактор *Т.Д. Савенкова*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *Г.В. Карасева*

Дата подписания к использованию 24.03.2020.

Объем издания 34 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-39-17.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

тел. 8(8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
I. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....	6
II. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ .....	7
III. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ .....	8
IV. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	33
Рекомендуемая литература .....	36
Приложение 1 .....	38
Приложение 2 .....	39
Приложение 3 .....	40
Приложение 4 .....	41
Приложение 5 .....	46
Приложение 6 .....	47
Приложение 7 .....	48

## ВВЕДЕНИЕ

Целью курсового проектирования систем вентиляции общественного здания является приобретение студентами навыков по конструированию и расчету систем вентиляции на основе приобретенных в процессе изучения курса «Вентиляция» теоретических знаний, а также обучение студентов умелому пользованию справочными и нормативными материалами.

В результате выполнения курсовой работы должно быть получено рациональное решение основных вопросов вентиляции заданного объекта. Все принципиальные положения проекта должны быть увязаны с требованиями действующих норм и экономически обоснованы.

Курсовая работа представляет собой самостоятельную работу, выполняемую после изучения основного теоретического материала и посвященную расчету и конструированию систем вентиляции современных зданий.

В процессе выполнения курсовой работы следует использовать дополнительную литературу, а также публикации в технических журналах, технические и рекламные материалы фирм — производителей климатического оборудования (в том числе на сайтах Интернет), пресс-релизы и т. п.

Ниже в определенной последовательности, соответствующей содержанию расчетно-пояснительной записки, приводятся краткие методические указания по выполнению курсовой работы.

## I. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Задание на курсовое проектирование выдается преподавателем и включает следующие сведения:

- планы здания;
- разрез здания;
- экспликация помещений;
- район строительства;
- ориентация объекта по сторонам света.

При получении задания внимательно изучите план и разрез здания. Уясните конструкцию помещений по высоте: что принято за отметку чистого пола, какова высота коридоров, есть ли в помещениях подшивной потолок (это влияет на конструктивные решения по вентиляции). Выясните место расположения помещений под вентиляционное оборудование (венткамер). Если таких помещений нет или их площадь явно мала, то изменение планировки помещений или новые предполагаемые места расположения венткамер следует обсудить с преподавателем. Определите основное помещение, для которого будет составляться тепловой баланс и определяться воздухообмен (зрительный зал, спортивный зал, конференц-зал, зал совещаний, читальный зал). Разберитесь с составом вспомогательных помещений и их назначением, особенностью временного режима их работы, возможными выделяющимися вредностями.

После завершения курсовой работы задание вкладывается в пояснительную записку, чтобы преподаватель мог проверить правильность его выполнения.

## II. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа включает пояснительную записку (ПЗ), которая содержит описание и результаты проведенных расчетов, и графическую часть.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

Введение

1. Исходные данные для проектирования
    - 1.1. Описание проектируемого объекта
    - 1.2. Описание района строительства
    - 1.3. Источники тепло- и холодоснабжения
    - 1.4. Выбор параметров внутреннего микроклимата
  2. Расчет теплопотерь и теплопоступлений. Тепловой баланс
    - 2.1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций
    - 2.2. Расчет теплопотерь через наружные ограждения
    - 2.3. Расчет теплопоступлений
    - 2.4. Тепловой баланс
  3. Расчет воздухообменов
    - 3.1. Расчет воздухообмена основного помещения
    - 3.2. Определение воздухообмена по кратности. Воздушный баланс.
  4. Конструирование и расчет систем вентиляции
    - 4.1. Выбор принципиальных решений по вентиляции здания
    - 4.2. Выбор и расчет воздухораспределительных устройств
    - 4.3. Аэродинамический расчет систем вентиляции
      - 4.3.1. Аэродинамический расчет систем механической вентиляции
      - 4.3.2. Аэродинамический расчет систем естественной вентиляции
  5. Расчет и подбор оборудования
    - 5.1. Расчет и подбор калорифера
    - 5.2. Расчет и подбор оборудования приточной камеры
    - 5.3. Подбор вентиляторов
- Библиографический список

Графическая часть выполняется на двух листах формата А1 и включает планы этажей, разрез здания, план и разрез приточной камеры, спецификацию оборудования приточной камеры, аксонометрические схемы систем вентиляции, экспликацию помещений.

### **III. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

#### **Введение**

Во введении следует обосновать актуальность тематики работы, то есть важность вентиляции общественного здания для обеспечения требуемого микроклимата, комфортного состояния людей.

#### **1. Исходные данные для проектирования**

##### **1.1. Описание проектируемого объекта**

Описывается конструктивное решение проектируемого объекта: размеры в осях, высота этажей, общая высота здания, строительный объем, общая площадь помещений, ориентация фасада, назначение помещений, характеристика ограждающих конструкций.

##### **1.2. Описание района строительства**

В соответствии с требованиями п. 5.13 СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» заданные параметры микроклимата в помещениях жилых, общественных, административно-бытовых и производственных зданий следует обеспечивать в пределах расчетных параметров наружного воздуха для соответствующих районов строительства по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»:

- параметров А – для систем вентиляции и воздушного душирования для теплого периода года;
- параметров Б – для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования в холодный период года, а также для систем кондиционирования в теплый и холодный периоды года.

##### **1.3. Источники тепло- и холодоснабжения**

Теплоснабжение общественных и административных зданий, как правило, предусматривается от наружной тепловой сети. Теплоносителем служит вода с параметрами 150–70 °С. При наличии иных источников теплоснабжения описывается их месторасположение, мощность, дается краткая характеристика оборудования и теплоносителя.

##### **1.4. Выбор параметров внутреннего микроклимата**

Согласно п. 5.1 СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений (кроме помещений, для кото-

рых параметры микроклимата установлены другими нормативными документами) следует принимать по ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.1.2.2645 для обеспечения параметров воздуха в пределах допустимых норм в обслуживаемой или рабочей зоне помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах):

а) в холодный период года в обслуживаемой зоне жилых зданий (кроме жилых помещений), а также общественных и административно-бытовых зданий температуру воздуха — минимальную из допустимых температур при отсутствии избытков явной теплоты (далее — теплоты) в помещениях; экономически целесообразную температуру воздуха в пределах допустимых норм в помещениях с избытками теплоты;

б) в теплый период года в обслуживаемой или рабочей зоне помещений при наличии избытков теплоты — температуру воздуха в пределах допустимых температур, но не более чем на 3 °С для общественных и административно-бытовых помещений выше расчетной температуры наружного воздуха (по параметрам А) и не более максимально допустимой температуры по приложению А СП 60.13330.2012, а при отсутствии избытков теплоты — температуру воздуха в пределах допустимых температур;

в) скорость движения воздуха — в пределах допустимых норм;

г) относительную влажность воздуха — в пределах допустимых норм (при отсутствии специальных требований) по заданию на проектирование.

Параметры микроклимата или один из параметров допускается принимать в пределах оптимальных норм вместо допустимых, если это экономически обосновано или требуется по заданию на проектирование.

В холодный период года в помещениях отапливаемых зданий, когда они не используются и в нерабочее время, можно принимать температуру воздуха ниже нормируемой, но не ниже:

15 °С — в жилых помещениях;

12 °С — в помещениях общественных и административно-бытовых зданий.

Метеорологические условия для помещений различного назначения могут быть установлены следующими нормативными документами:

СП 44.13330.2011 «СНиП 2.09.04-87\* Административные и бытовые здания»;

СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения» и др.

## **2. Расчет теплопотерь и теплопоступлений. Тепловой баланс**

Расчет теплопотерь и теплопоступлений ведется только для основного помещения.

### **2.1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций**

Значения сопротивлений теплопередаче для ограждающих конструкций в данном проекте принимаются равными значениям требуемых сопротивлений, которые следует определять в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с учетом значения градусосуток отопительного периода. Подробный расчет конструкций ограждений с определением толщины слоев утеплителя выполнять не следует. Для оконных проемов значения сопротивлений следует принимать равными стандартным значениям для выбранных конструкций.

### **2.2. Расчет теплопотерь через наружные ограждения**

Расчет рекомендуется выполнять подробным способом по стандартной методике, которая изучалась в курсе «Тепловая защита зданий». При наличии в зале окон и наружных дверей следует дополнительно учесть затраты теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха. Тепловая нагрузка на нагрев инфильтрующегося воздуха рассчитывается согласно методикам, изучаемым в курсе «Тепловая защита зданий».

### **2.3. Расчет теплопоступлений**

#### *Теплопоступления от людей*

Поступление тепла от людей зависит от интенсивности выполняемой работы и параметров окружающего воздуха.

Количество тепла, Вт, поступающее в помещение от людей, определяется по формуле

$$Q_{\text{л}} = q \cdot n, \quad (2.1)$$

где  $q$  – удельное выделение тепла одним человеком, Вт/чел, принимается по прил. 1;  $n$  – количество человек, одновременно находящихся в помещении (по заданию или норме площади на 1 человека).

Тепловыделения от источников искусственного освещения определяются как

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (2.2)$$

где  $E$  – освещенность, Лк, принимаемая по прил. 2;  $F$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;  $q_{\text{осв}}$  – удельные тепловыделения, Вт/м<sup>2</sup> · Лк, определяемые по прил. 3;  $\eta_{\text{осв}}$  – доля тепла, поступающего в помещение;  $\eta_{\text{осв}} = 1$ .

Теплопоступления от солнечной радиации через вертикальное остекление оконных проемов рассчитывают для теплого периода года по формуле

$$Q_{\text{сол}} = (q_{\text{вп}} + q_{\text{вп}}) F_0 k_1 k_2 k_a \beta_{\text{сз}}, \quad (2.3)$$

где  $q_{\text{вп}}$  – поступление тепла от прямой солнечной радиации в июле через вертикальное и горизонтальное одинарное остекление световых проемов со стеклом толщиной 2,5–3,5 мм (прил. 4, табл. П4.1);  $q_{\text{вп}}$  – поступление тепла от рассеянной солнечной радиации в июле через вертикальное и горизонтальное одинарное остекление световых проемов со стеклом толщиной 2,5–3,5 мм (прил. 4, табл. П4.1);  $F_0$  – поверхность остекления, м;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий затенение остекления и загрязнения атмосферы (прил. 4, табл. П4.2);  $k_2$  – коэффициент, учитывающий загрязнение стекла (прил. 4, табл. П4.3);  $\beta_{\text{сз}}$  – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств, при отсутствии солнцезащитных устройств  $\beta_{\text{сз}} = 1$ , при наличии штор, жалюзи  $\beta_{\text{сз}} = 0,4–0,6$ ;  $k_a$  – коэффициент, учитывающий аккумуляцию тепла внутренними ограждающими конструкциями помещения.

При наличии средств солнцезащиты в помещении или межстекольном пространстве  $k_a = 1$ , при их отсутствии и отсутствии наружных средств солнцезащиты световых проемов

$$k_a = \frac{F_1 m_1 + F_2 m_2 + F_3 m_3 + 0,5 F_4 m_4 + 1,5 F_5 m_5}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}, \quad (2.4)$$

где  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$  – площади соответственно трех внутренних стен, потолка и пола помещения, м<sup>2</sup>;  $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5$  – коэффициенты, учитывающие аккумуляцию тепла соответственно тремя внутренними стенами, потолком и полом помещения и принимаемые в зависимости от материала ограждающей конструкции и ее тол-

щины (прил. 4, табл. П4.4). При этом в многослойной ограждающей конструкции учитывается только основной слой, ближайший к облучаемой поверхности; расчетная толщина стен и перегородок, разделяющих два смежных нагреваемых солнцем помещения, принимается равной половине их фактической толщины, а если одно из смежных помещений нагревается солнцем, а другое нет — то их фактической толщине.

Расчет теплопоступлений от солнечной радиации сводят в таблицу. Пример оформления расчета теплопоступления от солнечной радиации приведен в прил. 5.

#### *Теплопоступления от системы отопления*

Количество тепла, сообщаемое отоплением в нерабочее время  $Q_{с.о.}$ , Вт, компенсирует теплотери через ограждающие конструкции  $Q_{отр}$  с учетом потерь тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха и рассчитывается по формуле

$$Q_{с.о.} = \frac{\sum Q_{пот.}}{t_{в} - t_{н}} \cdot (12 - t_{н}), \quad (2.5)$$

где  $t_{в}$  — расчетная температура воздуха в помещении, °С;  $t_{н}$  — расчетная температура наружного воздуха в холодный период года.

#### **2.4. Тепловой баланс**

Тепловой баланс расчетного помещения составляется для определения избытков или недостатков тепла, которые должна компенсировать система вентиляции.

В помещении, где поддерживается постоянный (стационарный, не меняющийся во времени) тепловой режим, должен наблюдаться тепловой баланс (это следует из закона сохранения теплоты):

$$\sum Q = 0 \text{ или } Q_{пост} - Q_{пот} = 0 \text{ или } Q_{изб} = 0.$$

Наличие систем отопления и вентиляции позволяет обеспечить тепловой баланс при требуемой температуре внутреннего воздуха. Таким образом, если при расчетной температуре внутреннего воздуха баланс не наблюдается, то есть имеют место избытки или недостатки теплоты, система вентиляции должна скорректировать баланс, введя в помещение точно такое же количество теплоты, но с противоположным знаком

$$Q_{вент} = -Q_{изб}.$$

Уравнение теплового баланса помещения в общем случае имеет вид:

– по полному теплу

$$Q_{\text{изб}}^{\text{п}} + \sum_1^n G_{\text{П}i} I_{\text{П}i} - \sum_1^m G_{\text{У}j} I_{\text{У}j} = 0; \quad (2.6)$$

– по явному теплу

$$Q_{\text{изб}}^{\text{я}} + c_{\text{в}} \sum_1^n G_{\text{П}i} t_{\text{П}i} - c_{\text{в}} \sum_1^m G_{\text{У}j} t_{\text{У}j} = 0, \quad (2.7)$$

где  $G_{\text{П}i}$  – расход воздуха, подаваемого в помещение  $i$ -й приточной системой (при общем их числе  $n$ ), кг/ч;  $G_{\text{У}j}$  – расход воздуха, удаляемого из помещения  $j$ -й вытяжной системой (при общем их числе  $m$ ), кг/ч;  $I_{\text{П}i}$ ,  $I_{\text{У}j}$ ,  $t_{\text{П}i}$ ,  $t_{\text{У}j}$  – соответственно энтальпия, кДж, и температура, °С, приточного или удаляемого воздуха;  $c_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг · °С).

Таким образом, для определения расчетной тепловой (холодильной или отопительной) способности системы следует произвести расчет избытков теплоты в помещении путем суммирования всех теплопоступлений и теплопотерь с учетом знака (теплопотери учитываются со знаком «минус»).

$$\pm Q_{\text{п}}^{\text{вент}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{сол}} + Q_{\text{проч}} - Q_{\text{огр}} - Q_{\text{инф}} + Q_{\text{с.о.}} - Q_{\text{проч}}, \quad (2.8)$$

где  $Q_{\text{проч}}$  – прочие (неучтенные) теплопотери и теплопоступления, принимаемые в размере 5–10 % от суммы теплопотерь или теплопоступлений.

При наличии знака «минус» перед значением тепловых потерь результат суммирования теплопоступлений и теплопотерь может оказаться как положительным, так и отрицательным. В первом случае говорят об *избытках* теплоты в помещении, а во втором случае – о *недостатках* теплоты.

### 3. Расчет воздухообменов

#### 3.1. Расчет воздухообмена основного помещения

При одновременном выделении в помещении тепла и влаги определение воздухообмена, необходимого для их поглощения, производится, как правило, графо-аналитическим способом с помощью  $I$ - $d$ -диаграммы.

Расчет воздухообмена в этом случае ведется следующим образом.

Направление процесса ассимиляции в помещении тепла и влаги характеризуется тепловлажностным отношением  $\varepsilon$ , кДж/кг, рассчитываемым по формуле

$$\varepsilon = Q_{\text{п}}/W, \quad (3.1)$$

где  $Q_{\text{п}}$  – избытки полного тепла в помещении, кДж/ч;  $W$  – влагоизбытки в помещении, кг/ч.

Величина полного избыточного тепла  $Q_{\text{п}}$  для каждого периода года определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = 3,6Q_{\text{я}} + (2500 + 1,8t_{\text{в}})W, \quad (3.2)$$

где  $Q_{\text{я}}$  – избытки явной теплоты (по тепловому балансу с учетом количества теплоты на отопление), Вт;  $t_{\text{в}}$  – температура внутреннего воздуха в помещении.

Источниками влаговыделений в общественном здании являются люди, находящиеся в помещениях.

Количество влаги, кг/ч, поступающее в помещение от людей, зависит от интенсивности выполняемой работы и параметров внутреннего воздуха, определяется по формуле

$$W = w \cdot n, \quad (3.3)$$

где  $w$  – количество влаги, выделяемой одним человеком, кг/ч (прил. 1);  $n$  – количество человек, одновременно находящихся в помещении.

Температура удаляемого воздуха определяется по формуле

$$t_{\text{у}} = t_{\text{в}} + \text{grad } t(H_{\text{пом}} - h_{\text{р.з}}), \quad (3.4)$$

где  $\text{grad } t$  – градиент температуры по высоте помещения, °С/м;  $H_{\text{пом}}$  – высота помещения, м;  $h_{\text{р.з}}$  – высота рабочей зоны, м.

Величину градиента температуры рекомендуется определять, исходя из теплонапряженности помещения:

$$q = Q_{\text{изб.я}}/V_{\text{пом}},$$

где  $Q_{\text{изб.я}}$  – расчетные избытки явного тепла в помещении, Вт;  $V_{\text{пом}}$  – объем помещения, м<sup>3</sup>.

Рекомендуемые значения градиентов температуры приведены в табл. 1.

Рекомендуемые значения градиента температуры  
в помещении в общественных зданиях

Теплонапряженность помещения (удельные избытки явного тепла) $q$ , Вт/м <sup>3</sup>	Градиент температуры $grad t$ , °С/м
Более 23	0,8–1,5
11,6–23	0,3–1,2
Менее 11,6	0–0,5

*Примечание.* Меньшие значения градиента следует принимать при подаче воздуха в верхнюю зону помещения, а большие – при подаче в рабочую или обслуживаемую зону.

В общественных зданиях в теплый период года практически всегда имеются тепловые избытки. Поэтому температуру приточного воздуха принимают минимально возможной:

а) для систем с естественным побуждением – равной температуре наружного воздуха ( $t_{пр} = t_{н}$ );

б) для систем с механическим побуждением – на 0,5–1° выше температуры наружного воздуха, учитывая предполагаемый подогрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах ( $t_{пр} = t_{в} + \Delta t_{нагр}$ ).

В холодный период года при наличии тепловых избытков, что бывает наиболее часто, в помещение подается воздух, имеющий температуру ниже температуры внутреннего воздуха. При наличии недостатков теплоты в помещение будет подаваться перегретый воздух, имеющий температуру выше температуры внутреннего воздуха. Таким образом, температура приточного воздуха будет равна:

$$t_{п} = t_{в} \pm \Delta t_{р}, \quad (3.5)$$

где  $\Delta t_{р}$  – рабочая разность температур между приточным и внутренним воздухом, принимаемая в общественных зданиях 2–5 °С.

Знак «минус», если количество тепла в помещении с учетом дежурного отопления избыточное, знак «плюс», если недостаточное.

Порядок построения процессов обработки воздуха для каждого периода года следующий (рис. 1):

1) по температуре наружного воздуха  $t_{н}$  и его энтальпии  $I_{н}$  строят точку Н наружного воздуха;

2) из точки Н по линии  $d = \text{const}$  проводят линию процесса нагрева воздуха в калорифере и вентиляторе Н–П до линии принятой температуры притока  $t_{п}$  и на пересечении ставят точку П;

3) из точки П проводят линию с угловым коэффициентом  $\varepsilon$  и на пересечении ее с линиями температур внутреннего и удаляемого воздуха ставят соответственно точки В и У.

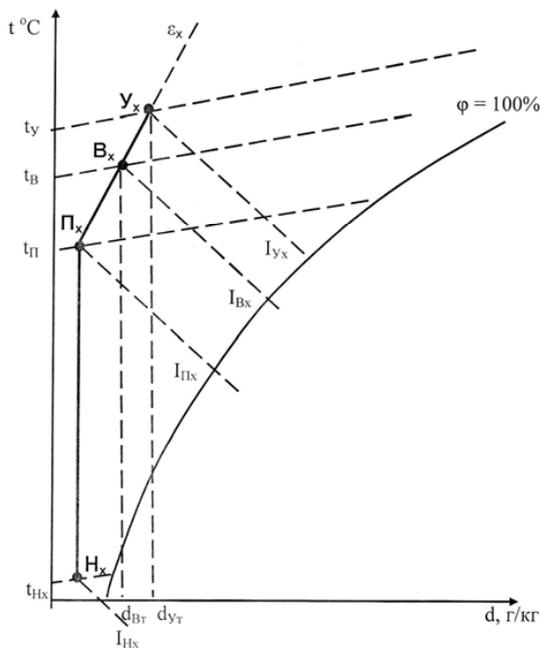


Рис. 1. Процесс изменения параметров воздуха в холодный период года

Для теплого периода производить нагрев воздуха в калорифере бессмысленно, поэтому построение процесса производится так же, как для холодного периода. Линия нагрева Н–П отображает нагрев воздуха на  $0,5-1^{\circ}$  только в вентиляторе. Пример построения процесса приведен на рис. 2.

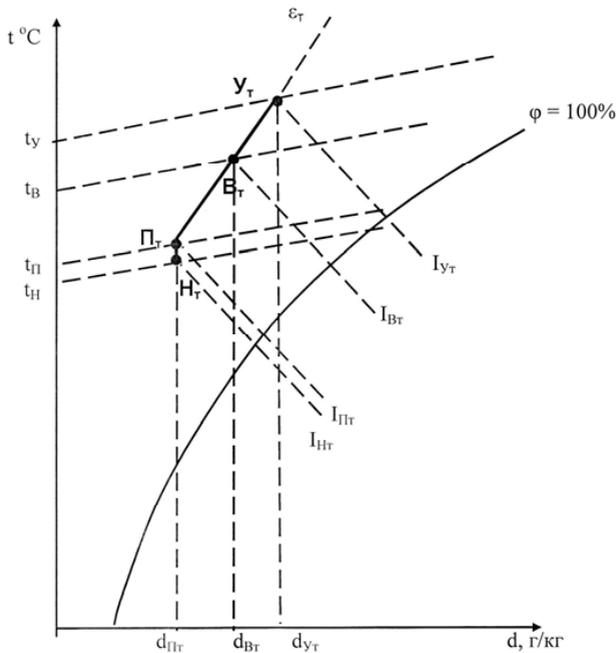


Рис. 2. Процесс изменения параметров воздуха в теплый период года

Количество приточного воздуха, м<sup>3</sup>/ч, который должен быть подан в помещение, на разбавление полных избытков теплоты определяется по формуле

$$L_n = \frac{Q_n}{1,2(I_y - I_n)}, \quad (3.6)$$

где  $I_y, I_n$  — энтальпии уходящего и приточного воздуха в теплый период года (по  $I-d$ -диаграмме).

Необходимый воздухообмен для разбавления избытков явной теплоты:

$$L_{я} = \frac{3,6 \cdot Q_{я}}{c(t_y - t_n)}, \quad (3.7)$$

где  $c$  — объемная теплоемкость воздуха, равная 1,2 кДж/(м<sup>3</sup> · °С).

Необходимый воздухообмен для разбавления влагоизбытков:

$$L_{вл} = \frac{1000W}{1,2(d_y - d_n)}. \quad (3.8)$$

Следует отметить, что при правильном расчете и аккуратном снятии параметров воздуха с  $I-d$ -диаграммы требуемые воздухообмены по явному теплу, полному теплу и по влаге должны получиться примерно одинаковыми, так как базируются на одних и тех же исходных данных и одних и тех же построениях на  $I-d$ -диаграмме.

В реальной практике обычно не считают все три воздухообмена, а рассчитывают только один, который, согласно построениям на диаграмме, может быть определен с наибольшей точностью. Выбор расчетной формулы зависит от величины углового коэффициента луча процесса, то есть направления линии на  $I-d$ -диаграмме:

а) если луч близок к вертикали ( $\varepsilon > 6000$  кДж/кг), это означает, что влаговыведения малы, а превалируют выделения явного тепла. Поэтому максимальную точность обеспечивает расчет по избыткам явного тепла (по температуре);

б) если наклон луча близок к  $45^\circ$  ( $3000 < \varepsilon < 6000$  кДж/кг), это означает, что выделения явного и скрытого тепла соизмеримы. Поэтому максимальную точность обеспечивает расчет по избыткам полного тепла (по энтальпии);

в) если луч близок к горизонтали ( $0 < \varepsilon < 3000$  кДж/кг), это означает, что выделения явного тепла невелики, а превалируют влаговыведения. Поэтому максимальную точность обеспечивает расчет по избыткам влаги (по влагосодержанию).

Требуемый воздухообмен по санитарной норме определяется в соответствии с количеством людей в помещении и минимальным расходом наружного воздуха, который требуется подавать в расчете на одного человека. Нормативные удельные воздухообмены приведены в Приложении К СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

$$L_{\text{сан.норм}} = L_{\text{уд}} \cdot n. \quad (3.9)$$

В курсовой работе в учебных целях студенты выполняют расчет воздухообменов по всем формулам и за расчетный воздухообмен принимают максимальное из получившихся значений.

Из условия стабильной работы воздухораспределительных устройств расход приточного воздуха в холодный и теплый периоды года принимают равными следующим образом:

1) если  $L^x < L^t$  и в помещении нет окон, то за расчетный принимают  $L^t$  и уточняют  $t_{п}$  в холодный период года;

2) если  $L^x > L^t$  и в помещении нет окон, то за расчетный принимают  $L^x$  и уточняют  $t_{в}$  в теплый период года;

3) если  $L^x < L^t$  и в помещении есть окна, то за расчетный принимают  $L^x$ , а недостающее количество воздуха в теплый период года подают в помещение за счет аэрации (открытия оконных проемов);

4) если  $L^x > L^t$  и в помещении есть окна, то за расчетный принимают  $L^t$  и уточняют  $t_{п}$  в холодный период года.

### **3.2. Определение воздухообмена по кратности. Воздушный баланс**

В данном разделе приводится таблица расчета воздухообменов по кратности для остальных (нерасчетных) помещений здания.

Расход вентилируемого воздуха по нормируемой кратности,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , рассчитывается по формуле

$$L = k \cdot V, \quad (3.10)$$

где  $k$  – кратность воздухообмена,  $\text{ч}^{-1}$ ;  $V$  – внутренний объем помещения,  $\text{м}^3$ .

Результаты расчета воздухообменов сводят в таблицу воздушно-го баланса (табл. 2). В ней приводится перечень помещений с указанием нормативной кратности по притоку и вытяжке и результирующего воздухообмена по притоку и вытяжке. Расчет выполняется поэтажно с обязательным уравниванием воздухообменов по притоку и вытяжке на каждом этаже.

Значения кратностей воздухообмена  $k$ ,  $\text{ч}^{-1}$ , для помещений по притоку и вытяжке рекомендуется принимать в соответствии с главами СП, посвященными зданиям подобного типа, или по справочной литературе. При невозможности найти в списке помещение требуемого типа следует просмотреть списки для зданий похожего назначения и выбрать аналогичное по режиму помещение, имеющееся в списке.

## Воздушный баланс

Наименование помещения	$t_v, ^\circ\text{C}$	Объем помещения, $V, \text{м}^3$	Приток		Вытяжка	
			$k, \text{ч}^{-1}$	$L, \text{м}^3/\text{ч}$	$k, \text{ч}^{-1}$	$L, \text{м}^3/\text{ч}$
1	2	3	4	5	6	7

**4. Конструирование и расчет систем вентиляции****4.1. Выбор принципиальных решений по вентиляции здания**

В данном разделе на основе литературного обзора необходимо описать и обосновать выбор принципиальных решений по проектированию систем вентиляции в здании. Описываются схемы подачи и удаления воздуха в помещениях, места прокладки воздуховодов, типы и количество применяемого вентиляционного оборудования (количество приточных и вытяжных установок, количество и тип воздухораспределительных устройств и т. д.), указывается необходимость установки воздушно-тепловых завес и дополнительного оборудования (установок очистки воздуха, осушителей, воздушно-тепловых агрегатов и т. п.).

Выбор систем вентиляции для создания в помещениях воздушной среды, удовлетворяющей установленным санитарно-гигиеническим нормам и технологическим требованиям, зависит от назначения здания, его этажности, характера помещений и наличия вредных выделений.

В справочной и нормативной литературе приводятся следующие рекомендации по проектированию систем вентиляции в зданиях общественного и административного назначения.

Приток воздуха рекомендуется предусматривать непосредственно в помещения, где постоянно работают или находятся люди. При организации вентиляции следует иметь в виду, что часть приточного воздуха, предназначенного для помещения, допускается подавать в коридоры или смежные помещения, но не более 50 % количества воздуха, предназначенного для обслуживаемого помещения.

При организации приточной вентиляции в холодный и переходный периоды года подачу подогретого воздуха следует предусматривать в верхнюю зону:

- непосредственно в помещения;
- сосредоточенно в коридор для помещений, воздухообмен в которых установлен по вытяжке;
- в помещения гардеробных для возмещения воздуха, удаляемого из душевых.

В помещениях общественных и административно-бытовых зданий приточный воздух рекомендуется подавать из воздухораспределителей (ВР), расположенных в верхней зоне. Следует применять воздухораспределители, изменяющие аэродинамические и тепловые характеристики приточных струй, а также радиус обслуживаемой зоны при изменении количества и температуры приточного воздуха.

Удаление воздуха следует предусматривать, как правило, непосредственно из помещений системами с естественным или механическим побуждением. В душевых и уборных при трех санитарных приборах и более системы с естественным побуждением использовать не допускается.

*Здания административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций*

Для конференц-залов, помещений общественного питания и помещений киноаппаратного комплекса следует предусматривать самостоятельные системы приточной вентиляции с механическим побуждением. Для остальных помещений проектируется единая система приточной вентиляции.

Удаление воздуха самостоятельными вытяжными системами вентиляции с механическим побуждением следует предусматривать для следующих групп помещений:

- санузлы и курительные;
- проектные залы, служебные помещения, кабинеты площадью 35 м<sup>2</sup> и более;
- холлы и коридоры;
- помещения предприятий общественного питания;
- аккумуляторные.

Для конференц-залов и залов совещаний рекомендуется проектировать системы вытяжной вентиляции с естественным побуждением.

Удалять воздух из служебных помещений и кабинетов площадью менее 35 м<sup>2</sup> следует за счет перетекания воздуха в коридор, а из служебных комнат и кабинетов более 35 м<sup>2</sup> — непосредственно из помещений.

Воздухообмен в помещениях проектных залов, служебных помещениях и кабинетах следует, как правило, организовывать по схеме «сверху — вниз» или «сверху — вверх», а в конференц-залах «сверху — вниз — вверх».

#### *Культурно-зрелищные учреждения*

Для помещений зрительского и клубного комплексов, помещений обслуживания сцены, а также административно-хозяйственных помещений следует предусматривать отдельные системы приточно-вытяжной вентиляции. В кинотеатрах с непрерывным показом фильмов и в клубах разделение можно не предусматривать.

Самостоятельные вытяжные системы должны быть предусмотрены для помещений: курительных, санузлов, подсобных при буфетах, светопроекционной, звукоаппаратной, кабин дикторов, мастерских, складов, аккумуляторной.

Вентиляцию курительной комнаты и санузлов допускается объединять в одну систему (с механическим побуждением).

В служебно-хозяйственных помещениях допускается предусматривать вентиляцию с естественным побуждением.

При проектировании зрительных залов кинотеатров следует предусматривать в теплый период года возможность ночного проветривания. Для этих целей в нижней зоне залов проектируют проемы, оборудованные неподвижными решетками и утепленными дверцами.

В кинотеатрах со зрительным залом до 200 человек допускается устройство вытяжной вентиляции без организованного притока, если внутренний объем зала на 1 место составляет не менее 3,5 м<sup>3</sup>. В кинотеатрах с залом вместимостью до 600 человек можно ограничиться приточно-вытяжной вентиляцией. При вместимости более 600 человек для обеспечения комфортных условий рекомендуются системы кондиционирования воздуха.

В зрительных залах кинотеатров проектируют механическую приточную вентиляцию и вытяжную вентиляцию с естественным побуждением через шахты с дефлекторами и расположением вытяжных отверстий в потолке или в верхней зоне зала.

При устройстве приточной вентиляции с механическим побуждением, как правило, применяют сосредоточенную подачу воздуха с направлением на экран или от экрана. В залах вместимостью 800–1000 человек и более предпочтительнее рассредоточенная подача воздуха.

В зрительных залах кинотеатров рекомендуются следующие схемы организации воздухообмена.

Схема «сверху – вверх» применяется для залов высотой до 10 м и вместимостью 200–600 человек. Воздух подается через отверстия с решетками в торцевой стене со стороны кинопроекционной на отметке 0,75 высоты помещения. Удаляется воздух как наружу, так и на рециркуляцию через отверстия с решетками в верхней части наружной стены или в потолке за экраном.

Схема «сверху – вниз – вверх» применяется для залов высотой 10–17 м и вместимостью более 600 человек. Воздух подается как и в схеме 1, а удаляется наружу через отверстия в верхней части стены или в потолке за экраном и через отверстия с решетками под сценой.

Схемы «сверху – вниз – вверх» применяются для залов высотой 4–10 м. Воздух подается через потолочные воздухораспределители в центре участка размером 6×6 м. Удаляется воздух наружу и на рециркуляцию через отверстия с решетками под сценой или под креслами задних рядов партера.

Схема «снизу – вниз» применяется при конфигурации зала, близкой к квадрату, и высоте зала 7–10 м. Воздух раздается через отверстия с регулируемыми решетками в боковых стенах или в напольных тумбочках на высоте от 1 м (тумбочки) до 2 м (отверстия) от пола. Воздух удаляется через отверстия с решетками, установленными под креслами задних рядов и под сценой.

Схема «снизу – вверх» применяется для залов с конфигурацией, близкой к квадратной. Воздух подается через отверстия с регулируемые решетками под сценой, а удаляется через отверстия в потолке или в верхней части боковых стен со стороны кинопроекционной.

Схема «сверху — снизу — вниз — вверх» применяется в залах при наличии балкона и гладкого потолка. Воздух подается через отверстия с регулируемыми решетками под балконом и над балконом на высоте не ниже 2 м от пола. Удаляется воздух через отверстия в верхней части стены или в потолке за экраном и через отверстия с решетками под сценой.

Схема «сверху — вниз — вверх» применяется для залов с балконом. Воздух подается через отверстия с решетками, расположенными в барьере балкона. Удаление воздуха происходит через отверстия под сценой, под креслами задних рядов (в объеме, пропорциональном количеству зрителей под балконом) и из верхней зоны помещения (потолок, стена) со стороны кинопроекционной.

В зрительных залах кинотеатров вместимостью до 800 мест подачу воздуха следует осуществлять компактными струями с максимальной скоростью, нормируемой подвижностью воздуха в рабочей зоне.

При проектировании воздухораспределения в зрительных залах необходимо соблюдать следующее: приточные отверстия в стенах зрительного зала для подачи воздуха в партер располагать на высоте 3–6 м от пола; приточные отверстия в задней стене балкона и подбалконного пространства располагать на высоте не менее 2 м от пола и снабжать решетками с регулирующими устройствами.

В фойе устраивают отдельную или общую со зрительным залом систему приточной вентиляции. Приточный воздух следует направлять в верхнюю зону в объеме суммарного объема удаляемого воздуха из прилегающих помещений: буфета, санитарных узлов, административных помещений и др.

В помещениях кинопроекционной кроме общеобменной механической вентиляции с подачей и удалением воздуха в верхнюю и из верхней зон предусматривается местная вытяжная вентиляция от кинопроекторов. Вытяжная система кинопроекционной может быть объединена только с вытяжной системой из перемоточной. Прокладка транзитных воздуховодов через кинопроекционную не допускается.

В зрительном зале клуба или театра с глубинной колосниковой сценой необходимо обеспечивать вентиляционный подпор в размере 10 % объема приточного воздуха. Количество удаляемого воздуха

соответственно принимается равным 90 % приточного, из них 20 % удаляется через сцену.

Для зрительных залов театров эффективной является схема вентиляции «снизу – вверх» с подачей воздуха через спинки кресел и переднюю стенку сцены. Удаление воздуха следует производить из верхней зоны вблизи карниза стен зала по всему периметру (кроме сцены) и через сцену. Следует предусматривать мероприятия, препятствующие опрокидыванию тяги и поступлению холодного наружного воздуха во время спектакля через потолочные решетки вследствие значительного разрежения из-за удаления воздуха через высокие сценические коробки.

Все приточные отверстия зрительного зала оборудуются устройствами для изменения направления движения воздуха. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха должны иметь: устройства виброшумоглушения; автоматическое регулирование; дистанционный и местный контроль и сигнализацию.

#### *Спортивные комплексы*

Самостоятельные системы приточно-вытяжной вентиляции предусматриваются:

- для спортивных залов и залов крытых катков;
- душевых, раздевален для занимающихся и массажных;
- служебных помещений для административного и инженерно-технического персонала, инструкторско-тренерского состава, бытовых помещений;
- технических помещений.

Спортивные залы без мест для зрителей, имеющие объем, при котором на каждого одновременно занимающегося приходится не менее 80 м<sup>2</sup> объема зала, допускается проектировать с естественной приточно-вытяжной вентиляцией с обеспечением однократного воздухообмена в 1 ч.

Компенсация вытяжки из помещений душевых осуществляется за счет дополнительного притока воздуха из помещений раздевален, куда предусматривается организованная подача воздуха в пятикратном объеме душевых, но не менее двукратного объема раздевален. Удаление воздуха из раздевален предусматривается в двукратном объеме через помещения душевых. В случаях, когда количество

воздуха, удаляемого из душевых (с учетом помещений раздевален), превышает 10-кратный воздухообмен, разница объемов воздуха удаляется непосредственно из помещения раздевален.

#### **4.2. Выбор и расчет воздухораспределительных устройств**

Целью расчета воздухораспределительных устройств (ВР) является выбор наиболее рационального количества и типа воздухо-распределителей, а также расчет максимальной скорости движения воздуха на основном участке приточной струи и максимального отклонения температуры в приточной струе от нормируемой температуры воздуха в рабочей зоне.

Расчет воздухораспределительных устройств проводится для основного помещения для холодного периода года.

Порядок расчета следующий:

1. В зависимости от конструктивных характеристик помещения и принятой схемы воздухообмена выбираются тип, количество и место установки ВР. По справочным данным определяют площадь живого сечения воздухораспределителя  $F_0$ , м<sup>2</sup>, скоростной коэффициент  $m$  и температурный коэффициент  $n$ .

2. Определяют скорость воздуха на выходе из ВР, м/с, по формуле

$$v_0 = L_0 / 3600 \cdot F_0. \quad (4.1)$$

3. Определяют значения коэффициента стеснения струи  $k_c$ , коэффициента взаимодействия струй  $k_b$  и коэффициент неизотермичности струи  $k_n$ .

4. Определяют максимальную скорость воздуха на основном участке струи по формуле

$$v_x = \frac{mv_0 \sqrt{F_0}}{x} \cdot k_c k_b k_n, \quad (4.2)$$

где  $x$  – расстояние от воздухораспределителя до геометрической оси струи, м.

5. Согласно требованиям Приложения Б СП 60.13330.2012 при выполнении расчетов должно выполняться условие:

$$v_x \leq K_n v_n,$$

где  $K_n$  – коэффициент перехода от нормируемой скорости движения воздуха в помещении к максимальной скорости в струе, опре-

деляемый по Приложению Б СП 60.13330.2012;  $v_n$  – нормируемая подвижность воздуха внутри помещения (см. п. 1.4).

6. Определяют максимальную разность температур между температурой воздуха на основном участке струи и температурой воздуха в рабочей зоне по формуле

$$\Delta t_x = \frac{n \Delta t_0 \sqrt{F_0}}{x} \cdot \frac{k_b}{k_c k_n}, \quad (4.3)$$

где  $\Delta t_0$  – избыточная температура приточного воздуха:

$$\Delta t_0 = t_b - t_0, \quad (4.4)$$

$t_0$  – температура приточного воздуха на выходе из ВР, °С;  $t_b$  – температура воздуха в рабочей зоне помещения, °С.

7. Максимальная разность температур не должна превышать допустимое отклонение, величина которого определяется по Приложению В СП 60.13330.2012.

### **4.3. Аэродинамический расчет систем вентиляции**

#### **4.3.1. Аэродинамический расчет систем механической вентиляции**

Аэродинамический расчет вентиляционных систем выполняют с целью выбора диаметров воздуховодов, регулирующих устройств и побудителей движения воздуха.

Расчет начинают с расчета магистрального воздуховода, а затем увязывают все ответвления.

#### *Порядок расчета*

1. Компонуют вентиляционную систему.
2. Строят аксонометрическую схему и на ней проставляют номера участков, расходы воздуха и длины участков.
3. Предварительно намечают скорости движения воздуха, м/с: в магистральных воздуховодах до 8 м/с, в ответвлениях до 5 м/с.
4. Используя справочные таблицы или монограммы, по скоростям и расходам воздуха намечают диаметры воздуховодов.
5. Рассчитывают действительную скорость воздуха, м/с, на участках по формуле

$$v = \frac{L}{3600F}, \quad (4.5)$$

где  $L$  – расход воздуха на участке, м<sup>3</sup>/ч;  $F$  – площадь поперечного сечения воздуховода, м<sup>2</sup>.

6. По значению действительной скорости и диаметру по справочным таблицам определяют потери давления по длине  $R$ , Па/м<sup>2</sup>, динамическое давление  $P_{\text{дин}}$ , Па.

7. Определяют сумму коэффициентов местных сопротивлений  $\Sigma\xi$  по справочным таблицам.

8. Определяют потери давления на трение по длине участка  $RI$ .

9. Потери давления на местные сопротивления на участке, Па, определяются как

$$Z = \Sigma\xi P_{\text{дин}}. \quad (4.6)$$

10. Далее определяют полные потери, Па:

$$RI + Z.$$

11. Увязывая ответвления, определяют невязку потерь давления по формуле

$$\frac{\Delta p_{\text{м}} - \Delta p_{\text{от}}}{\Delta p_{\text{м}}} 100 \leq 15 \%. \quad (4.7)$$

12. Если невязка более 15 %, для уравнивания расчетных потерь давления на магистрали  $\Delta p_{\text{м}}$  и ответвлении  $\Delta p_{\text{от}}$  устанавливается диафрагма, коэффициент местного сопротивления которой определяется по формуле

$$\xi_{\text{д}} = \frac{\Delta p_{\text{м}} - \Delta p_{\text{от}}}{P_{\text{д}}}. \quad (4.7)$$

По значению  $\xi_{\text{д}}$  по справочным таблицам определяют диаметр отверстия диафрагмы.

Аэродинамические расчеты приточных и вытяжных систем сводятся в таблицу. Пример заполнения таблицы аэродинамического расчета представлен в прил. 6.

#### **4.3.2. Аэродинамический расчет систем естественной вентиляции**

Методика аэродинамического расчета систем естественной вентиляции аналогична рассмотренной методике расчета систем механической вентиляции (см. п. 4.3.1). Отличие состоит, во-первых, в малых значениях рекомендуемых скоростей движения воздуха, во-вторых, в заданном значении располагаемого давления.

В качестве расчетной температуры наружного воздуха в аэродинамическом расчете вытяжных систем с естественным побуждением движения воздуха принимается  $t_{\text{н}} = +5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Расчетное гравитационное давление, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{расп}} = h(\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}})g, \quad (4.8)$$

где  $h$  – высота воздушного столба, м;  $\rho_{\text{н}}$  и  $\rho_{\text{в}}$  – плотность наружного воздуха при  $t = 5^\circ\text{C}$  и внутреннего воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Высоту воздушного столба  $h$  для вытяжных воздуховодов следует принимать: при наличии в помещении только вытяжки – от середины вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты; при наличии притока – от середины высоты помещения до устья вытяжной шахты.

Величину запаса при определении потери давления в основном расчетном направлении принимают от 5 до 10 %, т. е.

$$5 \leq \frac{P_{\text{расп}} - (Rl + Z)_{\text{сист}}}{P_{\text{расп}}} 100 \leq 10 \%$$

На участках и в элементах систем с естественным движением воздуха рекомендуются следующие скорости движения воздуха: для вытяжных жалюзийных решеток 0,5–1,0 м/с, горизонтальных и вертикальных воздуховодов и каналов 1–1,5 м/с, вытяжных шахт 1,5–2,0 м/с.

## 5. Расчет и подбор оборудования

В рамках курсовой работы производится расчет и подбор калориферной установки, воздухозаборных решеток, утепленного клапана, а также приточных и вытяжных вентилаторов.

### 5.1. Расчет и подбор калорифера

Калориферы вентиляционных систем общественных зданий, как правило, обогреваются водой. Калориферные установки необходимо проектировать, составляя их из минимального числа калориферов с устройствами, обеспечивающими регулирование производительности по теплу.

Калориферную установку подбирают в следующем порядке:

1. Определяют общий максимальный расход теплоты на вентиляцию:

$$Q_{\text{в}} = 0,278Gc_{\text{в}}(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \quad (5.1)$$

где  $c_{\text{в}} = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$  – удельная массовая теплоемкость воздуха;  $G$  – расход воздуха, кг/ч;  $t_{\text{к}}$ ,  $t_{\text{н}}$  – соответственно конечная и начальная температуры воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

2. Определяем площадь живого сечения калориферной установки по воздуху, м<sup>2</sup>:

$$f_1 = \frac{G}{3600(v\rho_1)}, \quad (5.2)$$

где  $v\rho_1$  – массовая скорость воздуха в калорифере, м/с, принимаемая равной 8 м/с.

3. По ориентировочной величине живого сечения по воздуху, пользуясь техническими данными, подбирают тип и количество калориферов, устанавливаемых параллельно по воздуху.

4. Для принятых калориферов в соответствии с техническими данными определяют действительную величину живого сечения калориферов по воздуху  $f_{ж.с}$  и действительную площадь поверхности нагрева  $F_d$ .

5. Определяют действительную массовую скорость воздуха в живом сечении калориферов:

$$v\rho = \frac{G}{3600 \cdot f_{ж.с} \cdot m}, \quad (5.3)$$

где  $m$  – количество калориферов, устанавливаемых параллельно по воздуху.

6. Определяют способ соединения калориферов по воде и количество воды, м<sup>3</sup>/ч, проходящей через каждый калорифер:

$$W = \frac{0,86Q}{1000(T_1 - T_2)n}, \quad (5.4)$$

где  $n$  – число калориферов, соединяемых параллельно по воде.

7. Скорость воды в трубках калорифера:

$$w = \frac{W}{3600 \cdot f_{тр}}. \quad (5.5)$$

8. По справочным данным определяют коэффициент теплопередачи калориферов Вт/(м<sup>2</sup> · °С).

9. Определяем требуемую площадь поверхности нагрева калориферной установки, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{треб}} = \frac{Q}{k \left( \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \right)}. \quad (5.6)$$

10. Определяем запас площади поверхности нагрева, %, который должен составлять 10–20 %:

$$\frac{F_d - F_{\text{треб}}}{F_d} 100 \%$$

11. По справочным данным определяем аэродинамическое сопротивление caloriferной установки  $P_{\text{кал}}$ .

### 5.2. Расчет и подбор оборудования приточной камеры

Скорость воздуха в живом сечении воздухозаборных решеток и утепленных клапанов принимаем 4 м/с.

Площадь живого сечения воздухозаборных решеток и утепленных клапанов определяется по формуле

$$F_{\text{треб}} = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (5.7)$$

где  $v$  – допустимая скорость, м/с;  $L$  – расход приточного воздуха, м<sup>3</sup>/ч.

Количество воздухозаборных решеток, шт. (округляется до целого значения):

$$n = \frac{F_{\text{треб.реш}}}{f_{\text{ж.с}}}, \quad (5.8)$$

где  $f_{\text{ж.с}}$  – площадь живого сечения одной решетки, м<sup>2</sup>.

Из полученного количества воздухозаборных решеток составляют конструкцию решетки прямоугольной формы.

Определяют действительную скорость воздуха в живом сечении воздухозаборных решеток:

$$v_{\text{дейст}} = \frac{L}{3600 f_{\text{ж.с}} n}. \quad (5.9)$$

Потери давления в жалюзийной решетке определяются по формуле

$$P_{\text{реш}} = \xi \frac{\rho v_{\text{дейст}}^2}{2}. \quad (5.10)$$

где  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления решетки (принимается по справочным данным);  $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость движения воздуха, м/с.

По требуемой площади живого сечения по справочным данным принимают к установке утепленный клапан. Сопротивление утепленного клапана принимается  $P_{\text{клап}} = 20$  Па.

### 5.3. Подбор вентиляционных агрегатов

Подбор вентилятора производят по заданной производительности и значению полного давления по сводным графикам аэродинамических характеристик, которые приводятся в каталогах вентиляционного оборудования.

Полное давление, создаваемое вентилятором, определяется по формуле

$$P_v = 1,1(P_{\text{сист}} + P_{\text{кал}} + P_{\text{клап}} + P_{\text{реш}}), \quad (5.11)$$

где  $P_{\text{сист}}$  — потери давления в системе, Па;  $P_{\text{кал}}$  — потери давления в калорифере, Па;  $P_{\text{клап}}$  — потери давления в утепленном клапане, Па;  $P_{\text{реш}}$  — потери давления в воздухозаборных решетках, Па; 1,1—10 % запас на неучтенные потери.

Правила подбора вентиляторов, в том числе при последовательной или параллельной установке двух и более вентагрегатов, изучаются в курсе «Насосы, вентиляторы, компрессоры».

#### **IV. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Учитывая большой объем излагаемого материала и сопутствующих ему вычислений, пояснительную записку (ПЗ) следует писать кратко и конкретно, избегая пустых общих фраз и лишнего переписывания текста из учебников, справочников или нормативной литературы.

Все повторяющиеся вычисления и расчеты следует оформлять в виде таблиц. Если отсутствует типовая форма таблицы, ее следует придумать самостоятельно. Избегайте многочисленных подстановок в формулу различных значений и записи их текстом, так как такая запись, в отличие от таблицы, зрительно значительно хуже воспринимается.

Рекомендуется для выполнения расчетов активно использовать электронные таблицы, так как это значительно облегчает внесение последующих исправлений в выполненные расчеты, если руководителем проекта будут найдены неточности и потребуется вносить в расчеты определенные коррективы.

При наборе ПЗ на компьютере следует соблюдать требования действующих ГОСТов. Не допускается использование подчеркивания, выделения цветом, использование различных по типу шрифтов, курсивов и других нестандартных элементов. Рекомендуется избегать слишком сложного форматирования текста. В заголовках граф таблиц предпочтительнее горизонтальное расположение текста, а не вертикальное.

Пояснительную записку представляют на листах формата А4 (210×297) компьютерным (через 1,5 интервала) шрифтом Times New Roman размером 14 либо рукописным с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм на одной стороне листа. При рукописном оформлении листы должны иметь рамку, имеющую отступления от границ листа: слева – 20 мм; справа, снизу и сверху – 5 мм. Текст должен отступать от границ рамки: сверху и снизу не менее чем на 10 мм, слева – 5 мм, справа – 5 мм. При оформлении на компьютере устанавливаются следующие поля: слева, сверху, снизу – 20 мм, справа – 10 мм.

Каждый раздел в пояснительной записке начинают с новой страницы, подраздел нет. Заголовки представляются в виде абзаца строчными буквами, кроме первой – прописной. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят.

Текст документа должен быть кратким, четким, не допускающим различных толкований.

В тексте должны быть указаны ссылки на используемые источники в соответствии с библиографическим списком. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

Графическая часть проекта выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.602-2003 СПДС «Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования». Состав графической части приводится ниже.

Все изображения графической части рекомендуется выполнять вначале на миллиметровке. Для студента такие изображения являются своеобразным рабочим документом. На миллиметровке первоначально отрабатывается трассировка воздухопроводов систем и компоновка оборудования приточных камер, вычерчиваются аксонометрические схемы систем.

*Планы этажей* вычерчиваются в масштабе 1:100. Подписываются они «План на отм. ...». На планах наносятся утолщенными линиями все воздухопроводы и каналы в соответствии с полученными размерами. На воздухопроводах систем должны быть указаны их размеры, обозначение систем, привязки к строительным конструкциям. Следует особо отметить, что подписан должен быть каждый вентиляционный канал, приточный или вытяжной, даже если он проходит транзитом. Диаметры воздухопроводов не рассчитанных систем определяются по рекомендуемым скоростям без увязки ответвлений. Вырисовываются все детали воздухопроводов (отводы, тройники, переходы, воздухораспределители). Оборудование приточных и вытяжных камер на планах этажей вычерчивают без подробной детализации с указанием только основных размеров и привязок.

По ГОСТу не требуется наносить на планы размеры приточных и вытяжных решеток, так как эта информация должна наноситься на листах с изображениями аксонометрических схем систем. Тем не менее большинство проектных организаций наносят на планы раз-

меры решеток, идя навстречу интересам монтажников, для которых подобные данные на планах уменьшают необходимость параллельного использования листов планов с листами аксонометрических схем. В проекте также рекомендуется нанести на планы размеры приточных и вытяжных решеток, хотя их отсутствие на планах не является ошибкой.

*Разрез здания* выполняется в самом нагруженном воздуховодами месте плана. Чертится в масштабе 1:100. На разрезе показываются утолщенными линиями все элементы систем вентиляции, попавшие в разрез. Проставляются высотные отметки элементов систем и строительных конструкций, привязки воздуховодов к осям здания или внутренним поверхностям стен.

На листах вычерчиваются аксонометрические схемы всех систем с механическим и естественным побуждением. Системы обозначаются П1, В1, ВЕ1. Если конструкция нескольких естественных систем одинакова и одинаковы расходы в системах, допускается на листах помещать одно изображение, а в его заголовке указывать обозначения всех систем, к которым оно относится.

На схемах указываются размеры воздуховодов, отметки, регулирующие устройства, воздухораспределительные устройства, диаметры диафрагм, вытяжные решетки и другие элементы систем.

*План и разрез приточной камеры* выполняются в масштабе 1:50. Вычерчивается все оборудование приточной камеры по соответствующим размерам. Проставляются размеры оборудования и элементов систем, размеры проходов, привязка осей вентиляторов к внутренним поверхностям стен. Проходы между оборудованием и строительными конструкциями, обслуживаемыми людьми, должны быть не менее 0,7 м. Тип оборудования указывается в спецификации, которая оформляется в соответствии с требованием ГОСТ. Нумерация оборудования проставляется, начиная с вентилятора.

## Рекомендуемая литература

1. Зеликов В.В. Справочник инженера по отоплению, вентиляции и кондиционированию. – М. : Инфра-Инженерия, 2011. – 624 с.
2. Конструирование и расчет вентиляционных воздуховодов и каналов : метод. указания к выполнению курсовых и дипломных работ для студентов бакалавриата очной и очно-заочной формы обучения / сост. Е.И. Тертичник. – М. : МГСУ : ЭБС АСВ, 2016. – 74 с. – (Отопление и вентиляция).
3. Вентиляция. Оборудование и технологии : учеб.-практ. пособие / Р.Ф. Афанасьева [и др.]. – М. : Стройинформ, 2007. – 418 с. – (Застройщик).
4. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция : учебник для вузов. – М. : АСВ, 2008. – 615 с.
5. Вентиляция : учеб. пособие для вузов / В.И. Полушкин [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 414 с. – (Высшее профессиональное образование. Строительство).
6. Теплогазоснабжение и вентиляция : учебник для студентов учреждений высш. проф. образования / О.Н. Брюханов [и др.] ; под ред. О. Н. Брюханова. – М. : Академия, 2011. – (Высшее профессиональное образование).
7. Хрусталева, Б.М., Кувшинов Ю.Я., Копко В.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. – М. : АСВ, 2005. – 576 с.
8. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена. Стандарт АВОК. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2002.
9. СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87\* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084087>.
10. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525>.
11. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 и СНиП 31-05-2003. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200092705>.

12. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>.
13. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / ГПКНИИ СантехНИИпроект ; НИИстройфизики ; ЦНИИЭПжилища ; ЦНИИЭП учеб. зданий ; АВОК. – Изд. офиц. ; введ. 01.03.99. – М. : Госстрой России : ГУП ЦПП, 1999. – 14 с.
14. ГОСТ Р ЕН 13779–2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200062568>.
15. Каталоги вентиляционного и климатического оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.veza.ru](http://www.veza.ru), [www.arktos.ru](http://www.arktos.ru), [www.eurovent.ru](http://www.eurovent.ru).

Приложение 1

Количество тепла, Вт, влаги, г/ч, и двуокиси углерода, л/ч,  
выделяемых человеком

Параметры	Значения параметров при температуре воздуха в помещениях, °С				
	15	20	25	30	35
Состояние покоя					
Тепло явное	116	87	58	40	16
полное	145	116	93	93	93
Влага	40	40	50	75	115
Двуокись углерода	23	23	23	23	23
Легкая работа					
Тепло явное	122	99	64	40	8
полное	157	151	145	145	145
Влага	55	75	115	150	200
Двуокись углерода	25	25	25	25	25
Работа средней тяжести					
Тепло явное	133	104	70	40	8
полное	208	203	197	197	197
Влага	110	140	185	230	280
Двуокись углерода	35	35	35	35	35
Тяжелая работа					
Тепло явное	162	128	93	52	16
полное	290	290	290	290	290
Влага	185	240	295	355	415
Двуокись углерода	45	45	45	45	45

## Приложение 2

### Уровень общего освещения помещений

Помещение	Освещенность рабочих поверхностей, Лк
Читальные залы, проектные кабинеты, рабочие и классные комнаты, аудитории	300
Проектные залы, конструкторские бюро	500
Залы заседаний, спортивные, актовые и зрительные залы клубов, фойе театров	200
Крытые бассейны, фойе клубов и кинотеатров	150
Зрительные залы кинотеатров	75
Палаты и спальные комнаты санатория	75
Обеденные залы, буфеты	200
Номера гостиниц	100
Торговые залы магазинов	
продовольственных	400
промышленных товаров	300
хозяйственных товаров	200

Удельные тепловыделения от люминесцентных ламп

Тип светильника	Распределение потока света, %		Средние удельные выделения тепла, Вт/(м <sup>2</sup> · лк), для помещений площадью, м <sup>2</sup>					
	вверх	вниз	> 200		50–200		<50	
			при высоте помещения, м					
			3,6	4,2	3,6	4,2	3,6	4,2
Прямого света	5	95	0,067	0,056	0,074	0,058	0,102	0,077
Преимущественно прямого света	25	75	0,082	0,071	0,087	0,073	0,122	0,190
Диффузного рассеянного света	50	50	0,094	0,077	0,102	0,079	0,166	0,116
Преимущественно отраженного света	75	25	0,140	0,108	0,152	0,114	0,232	0,166
Отраженного света	95	5	0,145	0,108	0,154	0,264	0,264	0,161

Данные для расчета тепlopоступлений от солнечной радиации

Таблица П4.1

Количество теплоты солнечной радиации, поступающей на вертикальную и горизонтальную поверхности в июле (для северной широты) и в январе (для южной широты) при безоблачном небе

Географическая широта, град	Истинное солнечное время, ч		Количество теплоты, Вт/м <sup>2</sup> , поступающей на поверхность									
			вертикальную с ориентацией до полудня									горизонтальную
	до полудня	после полудня	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
			С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		
0	6-7	17-18	105/42	258/35	264/49	112/52	-28	-21	-21	-21	84/17	
	7-8	16-17	244/84	488/107	462/144	198/140	-98	-63	-56	-63	451/116	
	8-9	15-16	290/84	507/126	517/160	198/167	-132	-88	-81	-76	451/116	
	9-10	14-15	312/84	558/119	479/147	105/160	-132	-98	-91	-93	628/140	
	10-11	13-14	317/81	430/105	317/128	7/143	-133	-108	-98	28/96	754/143	
	11-12	12-13	321/77	291/101	119/116	-133	-126	-105	154/96	154/96	826/148	
4	6-7	17-18	115/49	293/42	281/63	128/62	-42	-23	-21	-24	105/26	
	7-8	16-17	227/87	505/112	473/149	209/144	-101	-65	-57	-64	279/75	
	8-9	15-16	259/90	575/128	516/160	220/167	-130	-88	-81	-72	465/116	
	9-10	14-15	270/90	530/119	472/148	150/157	-130	-98	-91	-92	657/140	
	10-11	13-14	272/86	391/103	314/128	21/140	-130	-107	-98	10/95	783/143	
	11-12	12-13	268/79	254/100	117/116	-130	-130	-123	-105	112/95	842/148	
8	5-6	18-19	7/1	-	14/1	-	-	-	-	-	-	
	6-7	17-18	126/56	324/49	307/70	137/71	-49	-26	-24	-28	119/32	
	7-8	16-17	209/91	510/116	485/154	223/149	-105	-66	-58	-66	300/84	
	8-9	15-16	231-95	564/130	516/162	241/169	-128	-87	-81	-77	489/122	
	9-10	14-15	226/93	501/119	465/149	185/155	-128	-96	-91	-91	672/140	
	10-11	13-14	417/86	355/102	311/128	45/136	-128	-106	-94	-94	802/143	
11-12	12-13	219/79	211/99	116/116	-129	-128	-121	70/94	70/94	856/149		
12	5-6	18-19	12/5	35/3	23/6	10/2	-5	-1	-	-	9/1	
	6-7	17-18	130/65	345/56	326/81	145/80	-58	-28	-31	-31	137/38	
	7-8	16-17	198/94	523/121	492/158	236/154	-106	-67	-63	-69	314/90	
	8-9	15-16	198/96	555/133	516/163	263/169	-126	-86	-83	-77	508/126	
	9-10	14-15	179/95	471/119	463/151	220/151	-126	-95	-91	-90	691/143	
	10-11	13-14	160/88	326/101	307/128	87/131	-127	-105	-96	-93	814/145	
11-12	12-13	151/84	174/98	116/116	-128	-127	-119	-105	35/98	865/149		
16	5-6	18-19	22/8	42/7	45/10	21/7	-7	-2	-2	-1	14/2	
	6-7	17-18	136/70	369/63	345/91	155/81	-58	-30	-35	-35	154/47	
	7-8	16-17	185/98	518/124	500/162	249/456	-108	-68	-66	-69	333/97	
	8-9	15-16	162/99	536/135	516/163	285/169	-124	-86	-83	-78	523/129	
	9-10	14-15	131/98	438/117	459/151	256/148	-124	-94	-91	-88	706/143	
	10-11	13-14	108/91	291/100	304/127	126/128	-125	-104	-95	-92	829/145	
11-12	12-13	90/87	140/96	115/115	14/126	-125	-116	-105	21/92	872/151		
20	5-6	18-19	31/13	70/10	58/15	28/13	-10	-5	-5	-5	23/7	
	6-7	17-18	137/74	391/70	363/102	163/32	-62	-33	-37	-38	170/51	
	7-8	16-17	167/100	516/128	507/166	262/158	-109	-70	-67	-71	347/102	
	8-9	15-16	126/101	520/138	515/166	307/170	-122	-85	-84	-78	531/129	
	9-10	14-15	81/100	405/117	456/151	291/144	-122	-93	-90	-87	729/143	
	10-11	13-14	47/93	524/100	302/127	167/125	-122	-102	-95	-91	835/145	
11-12	12-13	28/91	98/95	114/115	42/122	-122	-113	-105	-91	877/151		

Географическая широта, град	Истинное солнечное время, ч		Количество теплоты, Вт/м <sup>2</sup> , поступающей на поверхность									
			вертикальную с ориентацией до полудня									горизонтальную
	до полудня	после полудня	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
			С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		
24	5-6	18-19	41/18	105/14	70/23	33/17	-14	-9	-9	-7	37/9	
	6-7	17-18	237/80	409/78	389/112	172/84	-65	-35	-42	-42	179/56	
	7-8	16-17	148/101	516/133	515/170	276/160	-110	-72	-70	-72	358/102	
	8-9	15-16	88/105	498/142	515/169	329/171	-118	-85	-85	-79	533/129	
	9-10	14-15	31/101	370/117	454/154	323/140	-118	-93	-88	-86	723/143	
	10-11	13-14	-95	213/99	300/126	213/122	14/119	-100	-94	-89	836/146	
	11-12	12-13	-94	59/94	112/115	79/119	35/119	-109	-05	-98	878/151	
28	5-6	18-19	53/23	119/19	91/31	41/22	-16	-14	-10	-13	46/15	
	6-7	17-18	137/86	430/86	398/122	180/92	-65	-37	-44	-47	279/64	
	7-8	16-17	119/104	516/137	520/174	288/164	-109	-73	-72	-74	358/105	
	8-9	15-16	49/105	465/143	515-174	351/172	-116	-85	-86	-80	533/130	
	9-10	14-15	1/102	337/116	451/154	345/137	2/116	-93	-87	-85	723/143	
	10-11	13-14	-97	174/98	297/126	256/121	52/116	-99	-93	-88	835/145	
	11-12	12-13	-93	32/93	110/114	129/116	98/116	14/107	-105	-88	878/151	
32	5-6	18-19	70/29	151/23	112/41	56/27	-19	-17	-10	-19	46/23	
	6-7	17-18	132/91	440/94	415/137	190/100	-66	-40	-44	-55	170/70	
	7-8	16-17	84/107	505/142	327/177	300/169	-109	-76	-72	-76	345/105	
	8-9	15-16	7/105	436/145	515/174	371/173	10/114	-84	-86	-80	522/130	
	9-10	14-15	-102	300/115	450/150	364/135	66/114	-92	-87	-84	688/143	
	10-11	13-14	-93	143/97	293/126	278/119	135/114	-98	-93	-87	802/145	
	11-12	12-13	-93	-92	108/114	165/114	157/114	35/105	-105	-87	787/151	
36	5-6	18-19	79/32	183/28	151/45	60/31	-21	-21	-17	-23	48/35	
	6-7	17-18	128/93	454/102	442/147	212/108	-70	-42	-47	-63	164/77	
	7-8	16-17	58/107	188/146	535/177	314/172	-107	-77	-72	-77	334/105	
	8-9	15-16	-99	393/147	515/174	315/174	28/109	-84	-85	-81	521/133	
	9-10	14-15	-93	265/114	440/147	384/133	119/111	-91	-86	-82	654/143	
	10-11	13-14	-91	98/97	286/120	308/116	188/112	-96	-91	-94	770/149	
	11-12	12-13	-91	-91	105/108	200/112	217/112	80/104	-98	-87	849/151	
40	5-6	18-19	105/43	193/63	243/63	66/46	-27	-27	-28	-29	56/42	
	6-7	17-18	104/95	398/130	476/151	225/116	-72	-56	-59	-63	168/84	
	7-8	16-17	52/106	428/154	561/179	364/148	-95	-76	-73	-77	338/105	
	8-9	15-16	-96	335/140	542/164	425/146	60/106	-81	-81	-81	509/119	
	9-10	14-15	-86	200/108	442/134	417/129	150/106	-85	-84	-84	635/126	
	10-11	13-14	-82	55/96	276/110	352/112	229/109	-91	-88	-87	743/135	
	11-12	12-13	-81	-91	101/99	254/104	257/110	119/98	101/99	-87	788/140	
44	5-6	18-19	125/52	252/72	332/79	95/53	-31	-30	-30	-31	77/49	
	6-7	17-18	99/94	419/133	514/151	256/116	-73	-59	-59	-60	181/84	
	7-8	16-17	20/104	424/149	527/177	395/148	7/96	-74	-73	-74	349/102	
	8-9	15-16	-96	324/137	563/163	467/146	99/106	-81	-80	-81	509/112	
	9-10	14-15	-86	170/108	452/135	460/136	199/110	-85	-81	-84	621/126	
	10-11	13-14	-81	38/96	279/108	380/116	276/113	19/91	-81	-86	718/131	
	11-12	12-13	-80	-91	105/98	297/107	314/114	150/104	-83	-87	761/133	
48	4-5	19-20	45/8	70/19	90/16	2/10	-7	-6	-6	-8	16/13	
	5-6	18-19	141/60	191/81	371/88	125/62	-36	-35	-34	-35	91/56	
	6-7	17-18	90/93	437/133	536/155	286/116	-73	-58	-59	-59	209/84	
	7-8	16-17	-101	420/144	590/174	427/148	28/99	-74	-72	-72	356/99	
	8-9	15-16	-94	305/134	565/164	497/151	137/110	-81	-78	-80	499/112	
	9-10	14-15	-86	143/109	454/135	492/144	242/116	-88	-79	-84	593/126	
	10-11	13-14	-81	22/96	279/110	429/127	327/118	41/94	-81	-86	685/129	
11-12	12-13	-80	-91	105/98	335/113	370/120	190/105	-87	-87	733/133		

Географическая широта, град	Истинное солнечное время, ч		Количество теплоты, Вт/м <sup>2</sup> , поступающей на поверхность									
			вертикальную с ориентацией до полудня								горизонтальную	
	до полудня	после полудня	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
			С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		
52	4-5	19-20	100/17	108/32	160/29	5/20	-/10	-/12	-/13	-/12	33/21	
	5-6	18-19	155/73	342/93	442/99	154/71	-/43	-/35	-/39	-/37	119/56	
	6-7	17-18	77/93	449/131	664/160	316/122	-/80	-/58	-/59	-/59	223/84	
	7-8	16-17	-/96	418/143	607/174	457/149	58/102	-/73	-/72	-/72	364/100	
	8-9	15-16	-/91	281/130	572/166	521/154	171/114	-/85	-/77	-/79	495/112	
	9-10	14-15	-/85	119/107	457/135	518/149	283/119	-/92	-/77	-/81	586/119	
	10-11	13-14	-/81	8/93	280/113	465/131	378/121	65/98	-/81	-/84	666/126	
	11-12	12-13	-/80	-/87	105/98	373/116	424/123	230/105	-/87	-/85	719/133	
56	4-5	19-20	136/26	187/44	258/36	23/27	-/16	-/17	-/17	-/16	62/27	
	5-6	18-19	159/76	391/95	482/101	184/77	-/46	-/37	-/41	-/41	140/56	
	6-7	17-18	64/90	460/125	594/156	346/121	-/78	-/56	-/58	-/59	231/11	
	7-8	16-17	-/87	414/133	621/165	488/142	83/101	-/72	-/65	-/72	359/96	
	8-9	15-16	-/83	260/119	579/155	551/145	207/114	-/86	-/74	-/76	482/105	
	9-10	14-15	-/78	93/95	461/121	551/138	327/120	-/92	-/76	-/77	572/119	
	10-11	13-14	-/77	-/84	283/102	502/124	428/122	91/98	-/79	-/78	650/122	
	11-12	12-13	-/74	-/80	105/91	413/107	479/124	260/102	-/85	-/79	691/126	
60	3-4	20-21	59/8	73/13	108/10	12/9	-/7	-/5	-/5	-11	23/6	
	4-5	19-20	159/38	310/53	328/49	76/35	-/21	-/23	-/20	-/24	83/31	
	5-6	18-19	157/50	442/96	509/105	198/79	-/46	-/37	-/41	-/44	160/55	
	6-7	17-18	53/80	469/116	623/144	377/115	5/72	-/53	-/54	-/58	251/77	
	7-8	16-17	-/77	412/112	632/149	512/130	108/94	-/66	-/62	-/67	359/87	
	8-9	15-16	-/73	236/104	586/134	579/133	250/109	-/81	-/87	-/71	468/91	
	9-10	14-15	-/70	65/32	461/104	582/124	369/116	-/88	-/69	-/72	544/105	
	10-11	13-14	-/62	-/73	285/88	534/113	481/122	128/93	-/72	-/72	615/105	
11-12	12-13	-/67	-/73	105/81	448/101	534/123	295/96	-/76	-/72	663/105		
64	2-3	21-22	12/13	17/7	17/5	-	-/10	-	-	-	15/7	
	3-4	20-21	110/23	163/29	166/27	58/16	-/28	-/3	-/14	-/16	57/21	
	4-5	19-20	174/52	395/67	363/66	140/46	-/49	-/26	-/27	-/30	105/41	
	5-6	18-19	160/71	490/101	535/115	267/84	9/71	-/38	-/42	-/48	174/56	
	6-7	17-18	37/74	473/112	635/141	430/115	136/93	-/52	-/50	-/59	258/77	
	7-8	16-17	-/71	395/112	655/143	541/129	279/106	-/63	-/57	-/64	363/84	
	8-9	15-16	-/69	221/99	597/129	622/129	412/114	-/78	-/63	-/67	468/84	
	9-10	14-15	-/66	41/78	463/101	624/123	518/121	2/86	-/63	-/67	523/98	
10-11	13-14	-/65	-/70	285/84	570/112	582/121	169/92	-/66	-/69	588/92		
11-12	12-13	-/65	-/70	106/77	483/100	340/94	-/70	-/70	-/70	621/91		
68	1-2	22-23	12/6	29/9	41/2	-	-/6	-	-	-/7	-	
	2-3	21-22	96/23	169/19	163/16	35/12	-/10	-/9	-/9	-/12	48/21	
	3-4	20-21	163/37	320/43	297/39	105/24	-/17	-/19	-/21	-/23	97/42	
	4-5	19-20	186/60	465/79	436/85	174/58	-/31	-/30	-/31	-/35	233/50	
	5-6	18-19	166/71	541/106	572/129	314/90	-/51	-/38	-/42	-/52	216/63	
	6-7	17-18	20/73	483/112	663/143	456/120	14/73	-/52	-/50	-/60	212/11	
	7-8	16-17	-/70	366/112	669/143	576/134	145/93	-/63	-/57	-/64	363/84	
	8-9	15-16	-/69	204/100	611/131	663/134	320/106	-/79	-/63	-/66	461/84	
9-10	14-15	-/67	29/77	480/101	669/123	465/115	23/87	-/63	-/66	523/91		
10-11	13-14	-/65	-/70	297/84	616/114	568/121	198/93	-/66	-/67	570/92		
11-12	12-13	-/64	-/70	106/77	529/101	637/121	378/95	-/70	-/70	607/91		

Таблица П4.2

Значение коэффициента  $k_1$ 

Заполнение светового проема	Незагрязненная атмосфера. Для световых проемов, облучаемых в расчетный час солнцем или находящихся в тени	Загрязненная атмосфера промышленных районов при расположении объекта строительства на широте, °с.ш.			
		36–40	44–68	36–40	44–68
		Для световых проемов, облучаемых в расчетный час солнцем		Для световых проемов, находящихся в расчетный час в тени	
Остекление одинарное без переплетов, заполнение проема стеклоблоками или стеклопрофилитом	1	0,7	0,75	1,6	1,75
Остекление двойное без переплетов	0,9	0,63	0,68	1,45	1,58
Остекление в металлических переплетах:					
одинарных	0,8	0,56	0,6	1,28	1,4
двойных	0,72	0,51	0,54	1,15	1,26
Остекление в деревянных переплетах:					
одинарных	0,65	0,46	0,48	1,04	1,14
двойных	0,6	0,42	0,45	0,96	1,05

Таблица П4.3

Значение коэффициента  $k_2$ 

Содержание в воздушной среде помещения частиц пыли, дыма или копоти, мг/м <sup>3</sup>	Степень загрязнения остекления	Значение $k_2$	
		при $80^\circ < \gamma \leq 90^\circ$	при $0^\circ \leq \gamma \leq 80^\circ$
10 и более	Значительное	0,85	0,75
От 5 до 10	Умеренное	0,9	0,80
Не более 5	Незначительное	0,95	0,85
	Чистое стекло	1	0,95

Таблица П4.4

Значение коэффициента  $t$  для различных внутренних ограждающих конструкций

Материал ограждающей конструкции	Расчетная толщина, мм	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м·К	Значения $t$ при продолжительности периода поступления прямой солнечной радиации на фасад здания, ч			
			12	10	8	6
Бетон, железобетон, естественные камни	35	1,05–1,74	0,78	0,71	0,64	0,54
	50		0,7	0,64	0,55	0,45
	100		0,6	0,53	0,45	0,38
	150		0,53	0,48	0,42	0,36
	280		0,45	0,41	0,36	0,31
	≥400		0,42	0,4	0,35	0,3
Кирпичная кладка, легкие бетоны	60	0,7–0,93	0,74	0,65	0,57	0,49
	130		0,6	0,55	0,49	0,43
	190		0,58	0,53	0,47	0,42
	≥260		0,55	0,5	0,45	0,41
Гипсовые материалы Древесные материалы Тепло- и звукоизолирующие материалы, пористые пластмассы и полимеры	50	0,23–0,47	0,88	0,84	0,79	0,72
	25	0,23–0,29	0,84	0,81	0,75	0,69
	≥50	0,06–0,12	1	0,99	0,98	0,95

Пример оформления расчета теплоступлений от солнечной радиации

	Часы суток														
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	
	<b>Снортыл</b>														
	<b>С</b>														
$q_{\text{ан}}$	102	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	26	102
$q_{\text{ар}}$	55	69	71	67	63	60	59	59	60	63	67	71	69	69	55
$F, \text{M}''$	102,9														
$k_1$	0,45	0,45	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	0,45	0,45
$k_2$	0,95														
$\beta_{\text{сз}}$	1														
$k_{\text{а}}$	0,9														
$Q_{\text{сп}}$	6215	3761	6559	6189	5819	5543	5450	5450	5543	5819	6189	6559	3761	6215	6215
	<b>Ю</b>														
$q_{\text{ан}}$	–	–	13	94	206	299	344	344	299	206	94	13	–	–	–
$q_{\text{ар}}$	31	59	76	85	87	90	91	91	90	87	85	76	59	31	31
$F, \text{M}''$	102,9														
$k_1$	1,05	1,05	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	1,05	1,05
$k_2$	0,95														
$\beta_{\text{сз}}$	1														
$k_{\text{а}}$	0,9														
$Q_{\text{сп}}$	2864	5450	3524	7087	11600	15401	17222	17222	15401	11600	7087	3524	5450	2864	2864
$Q_0$	9079	9211	10083	13276	17419	20944	<b>22672</b>	22762	20944	17419	13276	10083	9211	9079	9079

Приложение 6

Пример оформления аэродинамического расчета механической вентиляции

№ уч-ка	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l, \text{ м}$	Воздуховоды		$R, \text{ Па/м}$	$Rl, \text{ Па}$	$\Sigma \xi$	$P_d, \text{ Па}$	$Z, \text{ Па}$	$Rl + Z, \text{ Па}$	$\Sigma(Rl + Z), \text{ Па}$	Примечание	
			$d, \text{ мм}$	$f, \text{ м}^2$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>III</b>													
<i>магистраль</i>													
ВР	2167	–		0,13	4,63			1,4	12,9	18,1	18,1		
1	2167	10,3	400	0,126	4,8	0,618	6,4	1,1	13,8	15,2	21,6	39,7	2 отв. 90° + тр. на проходе
2	4334	5	500	0,196	6,1	0,738	3,7	0,25	22,4	5,6	9,3	49	тр. на проходе
3	6500	22,2	630	0,312	5,8	0,514	11,4	1,9	20,2	38,4	49,8		2 отв. 45° + отв. 90°
	6500	1,5	600×1000	0,6	3	0,133	0,2	0,35	5,4	1,9	2,1	100,9	тр. на проходе
4	13000	21	600×1000	0,6	6	0,475	10	7,29	21,6	157,5	167,5	268,4	2 отв. 45° + гл. + отв. 90° + тр. на проходе
5	13366	2	600×1000	0,6	6,2	0,505	1,0	–	23,1	–	1,0	269,4	–
6	14366	7,5	600×1000	0,6	6,7	0,582	4,4	0,95	27	25,7	30,1	299,5	отв. 45° + отв. 90° + отв. 90°
<i>ответвления</i>													
ВР	2167	–		0,13	4,63			1,4	12,9	18,1	18,1		
7,12	2167	1,3	400	0,126	4,8	0,618	0,8	1,85	13,8	25,5	26,3	44,4	тр. на ответвлении + отв. 90°
$\frac{39,7 - 44,4}{39,7} 100\% = -11,8\%$													
невязка													

Пример оформления расчетной схемы

