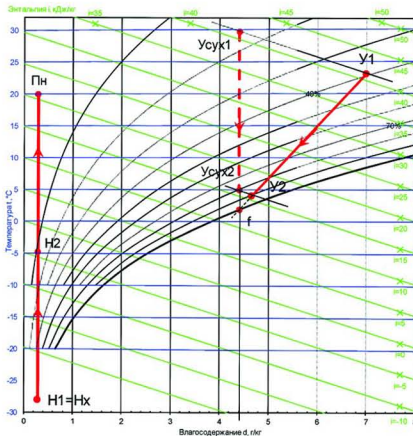
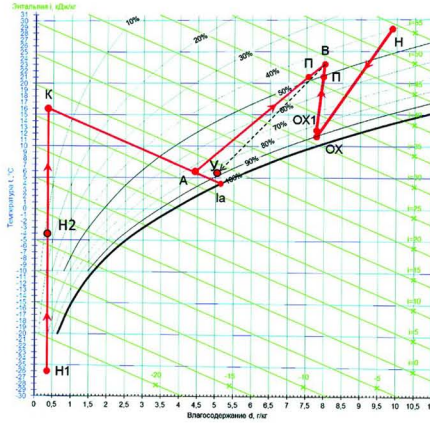


# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ



Точки на диаграмме		H1=Hx	H2	Пн	Усух1	Усух2	У1	У2	f
Температура	t °C	-28.0	-4.8	20.0	29.0	5.0	23.0	4.0	1.9
Влажность	φ %	100%	11%	2%	17%	80%	39%	91%	100%
Влажностное содержание	x дкг/кг	0.3	0.3	0.3	4.4	4.4	7.0	4.7	4.4
Энтальпия	i кДж/кг	-27.6	-4.1	20.9	41.1	16.1	41.0	15.7	12.9



**О.Я. Кокорин**

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ  
ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ,  
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**



Издательство АСВ  
Москва  
2013

УДК 628.(075.32)

ББК 38.762Я723

К 55

**Рецензенты:**

генеральный директор НПО «ХИМХОЛОДСЕРВИС», к.т.н. *Н.В. Товарас*;  
директор компании ООО «Экотерм», к.т.н. *А.П. Иньков*.

**Кокорин О.Я.**

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ:** Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 256 с.

**ISBN 978-5-93093-922-4**

Энергосбережение во всех сферах деятельности людей стало одной из самых актуальных задач, способствующих сохранению качества воздушной среды для всего живого на земле. Системы отопления, вентиляции, кондиционирования (ОВК) в разных модификациях имеются во всех типах зданий, в подземных сооружениях (метро, шахты), требуются в самолетах и на космических обитаемых спутниках. Задачей всех модификаций систем ОВК является создание комфортного микроклимата, способствующего сохранению здоровья и высокой трудоспособности. Системы ОВК потребляют на свое функционирование значительное количество энергии, получение которой в большинстве случаев ее производства требует значительных затрат природных ресурсов. Поэтому применение энергосберегающих технологий в системах ОВК является требованием времени и только усилится в будущем. В этой работе изложены современные методы обеспечения энергосбережения, которые необходимо осуществлять на стадии проектирования систем ОВК, их монтажа, наладки и эксплуатации. Содержание книги поможет студентам и действующим специалистам ознакомиться с новейшими методами энергосбережения в системах ОВК.

**ISBN 978-5-93093-922-4**

© Издательство АСВ, 2013

© Кокорин О.Я., 2013

Научное издание

**Олег Янович Кокорин**

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ,  
ВЕНТИЛЯЦИИ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**

Компьютерная верстка Е.М. Лютова

Дизайн обложки Н.С. Романова

Редактор В.Ш. Мерзлякова

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60-90/16. Бумага офс. Гарнитура Таймс.

Печать офсетная. Усл. 16 п.л. Заказ №

ООО «Издательство АСВ»

129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511  
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru/>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Охрана окружающей людей природной среды является важнейшей задачей человечества. Расточительность в потреблении природных ресурсов, таких как вода питьевого качества, нефть, газ, древесина и др., приводит к быстрому сокращению их запасов в природной среде и образованию загрязняющих выбросов, которые наносят непоправимый ущерб природе и вред здоровью людей.

Системы отопления и вентиляции (ОВ) имеются во всех обитаемых зданиях и требуют значительных затрат топлива и электроэнергии на их нормальное функционирование. В жилых, общественных и производственных зданиях проектирование систем ОВ, как правило, проводится по годами сложившимся правилам, без учета современных требований по повышению их энергетической и экологической эффективности.

Для создания современных энергосберегающих и экологических систем ОВ требуются новые подходы и требования к их проектированию. Это касается не только самих систем ОВ. Обязательно должны изыскиваться энергосберегающие и экологические способы выработки и доставки тепловой энергии к потребителям, пересматриваться принципы организации функционирования систем вентиляции в жилых зданиях.

В настоящее время основным типом систем вентиляции в жилых зданиях, являющихся наиболее массовым видом строительства, остается естественная вентиляция. Санитарная норма приточного наружного воздуха в прежних конструкциях окон в жилых зданиях обеспечивалась поступлением через щели в окнах и балконных дверях. За последние годы в жилых зданиях стали применяться пластиковые герметичные окна, что привело к прекращению вытяжки из кухонь, санузлов, ванных комнат загазованного и влажного воздуха. Из-за прекращения естественной вытяжки значительно повысилась загазованность воздуха в квартирах, от высокой влажности воздуха в ванных комнатах стали отваливаться от стен кафельные плитки. Для устранения этого в герметичных пластиковых окнах стали делать отрывающиеся форточки.

При этом в журнале «АВОК» появилась статья, что энергосбережение следует осуществлять, регулируя степень открытия форточки. Действительное энергосбережение может быть достигнуто только при замене естественной вентиляции в жилых зданиях на применение организованной приточно-вытяжной вентиляции с обязательным использованием теплоты вытяжного воздуха на нагрев санитарной приточного наружного воздуха. Это позволяет до 60% сократить расход тепла за отопительный период в системах ОВ по сравнению с традиционными системами ОВ.

Применение систем кондиционирования воздуха (СКВ) в настоящее время ограничивается общественными и промышленными зданиями, где круглогодично требуется поддержание в помещениях постоянных температуры, влажности и чистоты внутреннего воздуха, что, как правило, диктуется требованиями обеспечения высокой производительности труда или созданием наиболее комфортных условий для отдыха.

Пересмотр традиционных методов получения тепла для обеспечения систем ОВК позволяет получить энергосберегающие и экологичные системы тепло- и холодоснабжения зданий.

# Глава 1. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

## 1.1. Расход тепла в традиционных системах отопления и вентиляции жилых зданий

Система отопления должна обеспечивать в обитаемой людьми зоне помещения комфортные температуры воздуха и поверхностей, окружающих человека. Для холодного периода года комфортная температуры воздуха в зоне обитания людей нормируется  $t_{\text{вх}} = 20 - 22 \text{ }^\circ\text{C}$ . При температуре  $t_{\text{вх}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  обычно проводят расчеты потребности в тепле для работы системы отопления и вентиляции. Согласно новым климатическим нормам [8] в климате Москвы расчетная температура наружного воздуха в холодный период года равна  $t_{\text{нх}} = -28 \text{ }^\circ\text{C}$ . Отопительный период оценивается в 214 суток при средней температуре наружного воздуха в отопительный период  $t_{\text{н.ср.от}} = -3,1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

На *рис. 1.1* показана традиционная схема отопления и естественной вентиляции в жилом здании [16]. Под окном жилого помещения (ЖП) установлены отопительные приборы 3, в которые по трубопроводам подается горячая вода [4, 11]. В окне или в наружной стене установлено приточное устройство 1 для поступления в жилую комнату санитарной нормы наружного воздуха. Под потолком помещений кухни (К), санузлов, ванной установлены вытяжные устройства 2, соединенные с вытяжными каналами 4, которые присоединены к сборному вытяжному каналу 5, выходящему на чердак. Из чердака воздух удаляется в атмосферу через вытяжную шахту. Для увеличения вытяжки в ванной комнате дополнительно может быть применен индивидуальный вытяжной вентилятор 7, который включается в работу при зажигании света в ванной комнате.

Расход тепла в схеме отопления при естественной вентиляции по *рис. 1.1* определяется двумя составляющими:

– компенсация теплотерь через наружные ограждения здания от наличия разности температур между воздухом в помещении  $t_{\text{вх}}$  и наружным воздухом  $t_{\text{нх}}$ , т.е.  $(t_{\text{вх}} - t_{\text{нх}})$ ;

– расход тепла в отопительном приборе на нагрев поступающего в помещение наружного воздуха  $l_{\text{пн}}$  через организованные устройства или неплотности в окнах.

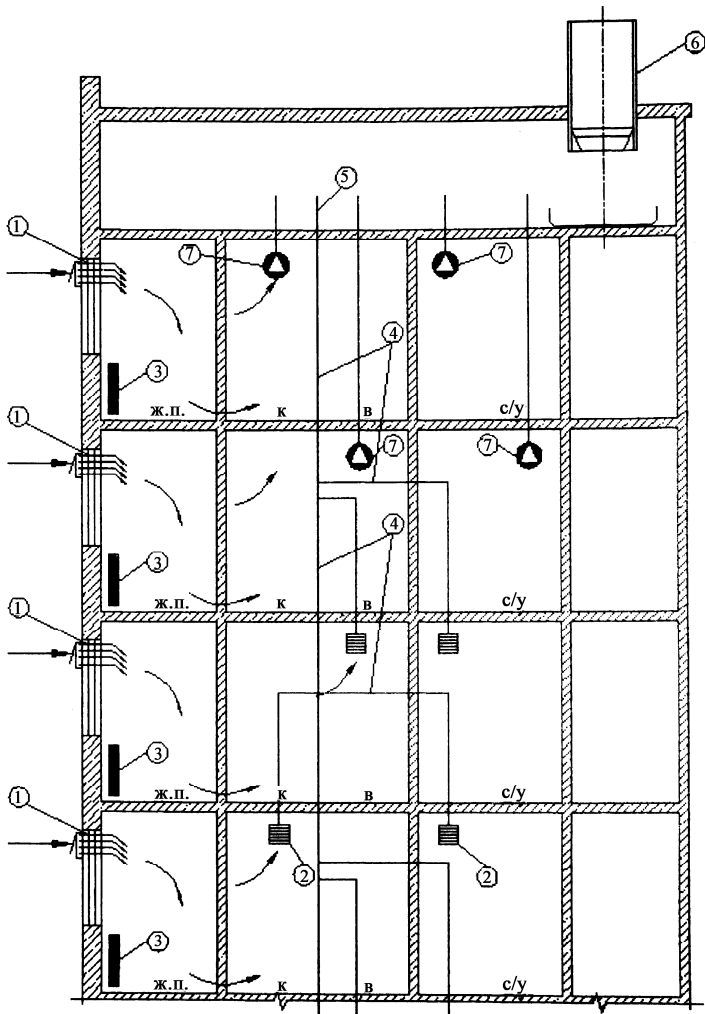


Рис. 1.1. Схема традиционной системы отопления и естественной вентиляции в жилом доме

Традиционные системы отопления и вентиляции в жилом доме, методы их расчета и определения расчетной потребности в тепле подробно изложены в учебниках и книгах, из которых можно рекомендовать [4, 11]. Расчет потребности в тепле для компенсации теплопотерь через наружные ограждения отапливаемого здания проводятся для каждого строительного элемента. Теплопотери, например, через наружные стены поверхностью  $F_{ст}$ ,  $m^2$ , вычисляются по формуле

$$Q_{\text{т.пот.ст}} = \frac{F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{нх}})}{R_{\text{ст}}}, \quad (1.1)$$

$R_{\text{ст}}$  – термическое сопротивление стены,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ .

Большое влияние на обеспечение энергосбережения в системах отопления зданий оказал действующий более 10 лет СНиП по тепловой защите зданий [7]. В табл. 4 [7] приведены нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций  $R$ ,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ , в зависимости от климатических условий строительства.

Влияние климатических условий оценивается по показателю градусо-суток отопительного периода, который вычисляется по формуле

$$D_d = (t_{\text{вх}} - t_{\text{ср.от}}) \cdot \tau_{\text{от.пер}}, \text{°C сут.от.пер.} \quad (1.2)$$

Вычислим по формуле (1.2) показатель  $D_d$  для климата Москвы:

$$D_d = (20 + 3,1) \cdot 214 = 4943, \text{°C сут.от.пер.}$$

По табл. 4 [7] находим нормируемые величины термического сопротивления ограждений для климата Москвы:

– стены  $R_{\text{ст}} = 3,15 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ ;

– перекрытия чердачные  $R_{\text{пер}} = 4,15 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ ;

– окна и балконные двери  $R_{\text{ок}} = 0,525 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ .

### Пример 1.1

Семейный дом в районе «большой Москвы». Угловая комната на верхнем третьем этаже. Площадь комнаты  $4 \cdot 5 = 20 \text{ м}^2$ . Наружная стена без окна  $F_{\text{ст}} = 5 \cdot 3 = 15 \text{ м}^2$ . Вторая наружная стена  $4 \cdot 3 = 12 \text{ м}^2$  с окном размером  $1,5 \cdot 1,8 = 2,7 \text{ м}^2$ . Перекрытие  $F_{\text{пер}} = 20 \text{ м}^2$  и сверху чердака с расчетной температурой воздуха  $t_{\text{н.нар}} = -10 \text{°C}$ . Вычисляем трансмиссионные теплопотери по формуле (1.1).



Через стену без окна:

$$q_{\text{ст}} = \frac{15 \cdot (20 + 28)}{3,15} = 228,6 \text{ Вт}\cdot\text{ч.}$$

Через часть стены с окном:

$$q_{\text{ст}} = \frac{(12 - 2,7) \cdot (20 + 28)}{3,15} = 142 \text{ Вт}\cdot\text{ч.}$$

Через окно:

$$q_{\text{ок}} = \frac{2,7 \cdot (20 + 28)}{0,525} = 247 \text{ Вт}\cdot\text{ч.}$$

Через перекрытие:

$$q_{\text{пер}} = \frac{20 \cdot (20 + 10)}{4,15} = 145 \text{ Вт}\cdot\text{ч.}$$

Общие трансмиссионные теплотери:

$$\Sigma q_{\text{пер}} = 228,6 + 142 + 247 + 145 = 617,6 \text{ Вт}\cdot\text{ч.}$$

По требованиям санитарных норм в обитаемое жилое помещение должен поступать наружный воздух в удельном количестве  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$ . Вычисляем минимально требуемый по саннормам приток в рассматриваемую обитаемую комнату наружного воздуха с расчетной температурой  $t_{\text{нх}} = -28 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$l_{\text{пн}} = F_{\text{от}} \cdot 3, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1.3)$$

По формуле (1.3) получим:

$$l_{\text{пн}} = 20 \cdot 3 = 60, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Расчетный расход тепла на нагрев приточного наружного воздуха до комнатной температуры  $t_{\text{вх}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  вычисляется по формуле

$$q_{\text{пн}} = l_{\text{пн}} \cdot \rho_{\text{пн}} \cdot c_p \cdot \frac{(t_{\text{вх}} - t_{\text{нх}})}{3,6}, \text{ Вт}\cdot\text{ч}, \quad (1.4)$$

$c_p = 1 \text{ кДж} / \text{кг}\cdot^\circ\text{С}$  – теплоемкость воздуха;  $\rho_{\text{пн}}$  – массовая плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Вычисляем по формуле (1.4):

$$q_{\text{пн}} = 60 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot \frac{(20 + 28)}{3,6} = 1040 \text{ Вт}\cdot\text{ч}.$$

Общая расчетная потребность в тепле для отопления и вентиляции обитаемой комнаты вычисляется по формуле

$$\Sigma q_{\text{т.ов}} = \Sigma q_{\text{т.пот}} + \Sigma q_{\text{т.пн}}, \text{ Вт}\cdot\text{ч}. \quad (1.5)$$

Вычислим по формуле (1.5) расчетный расход тепла на работу системы отопления в обитаемой комнате площадью  $20 \text{ м}^2$  как для компенсации теплопотерь, так и нагрева саннормы приточного наружного воздуха:

$$\Sigma q_{\text{пер}} = 617,6 + 1040 = 1657,6 \text{ Вт}\cdot\text{ч}.$$

Вычислим удельный показатель расхода тепла в традиционной системе отопления на нужды отопления и вентиляции по формуле

$$\bar{q}_{\text{т.ов}} = \frac{\Sigma q_{\text{т.о}}}{F_{\text{пом}}}, \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2. \quad (1.6)$$

По формуле (1.6) для комнаты площадью  $20 \text{ м}^2$  получим:

$$\bar{q}_{\text{т.ов}} = \frac{1657,6}{20} = 82,9 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Знание величины удельного показателя потребности тепла для систем отопления и вентиляции комнаты позволяет провести ориентировочную оценку потребности в тепле жилого дома с заданной площадью бытовых помещений. Примем, что намечено строительство семейного дома с площадью обитаемых помещений

$F_{\text{быт}} = 180 \text{ м}^2$ . Вычисляем ориентировочную потребность в тепле для традиционной системы отопления в расчетных условиях холодного периода года по формуле

$$Q_{\text{т.о}} = \frac{F_{\text{быт}} \cdot \bar{q}_{\text{т.об}}}{1000} \text{ кВт}\cdot\text{ч}. \quad (1.7)$$

По формуле (1.7) вычисляем расчетный расход тепла для проектируемого семейного дома:

$$Q_{\text{т.об}} = \frac{180 \cdot 82,9}{1000} = 14,918 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

В отопительный период года, как это следует из формул (1.1) и (1.4), изменение расхода тепла на цели отопления и вентиляции будет пропорционально изменению температур наружного воздуха, что можно учитывать показателем

$$K_{\text{н}} = \frac{t_{\text{вх}} - t_{\text{н.ср.от}}}{t_{\text{вх}} - t_{\text{н.х}}}. \quad (1.8)$$

По формуле (1.8) вычислим показатель

$$K_{\text{т}} = \frac{20 + 3,1}{20 + 28} = 0,48.$$

Расход тепла за отопительный период в здании на отопление и вентиляцию рассчитываем по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{т.об}} = Q_{\text{т.об}} \cdot \tau_{\text{от.пер}} \cdot K_{\text{т}} \cdot 24, \text{ кВт}\cdot\text{ч от.пер.}, \quad (1.9)$$

где 24 – время работы систем ОВ в сутки, ч.

По формуле (1.9) вычисляем расход тепла в семейном доме площадью обитаемых помещений  $180 \text{ м}^2$  и общей площадью  $290 \text{ м}^2$ :

$$\Sigma Q_{\text{т.об}} = 14,918 \cdot 214 \cdot 0,48 \cdot 24 = 36777, \text{ кВт}\cdot\text{ч от.пер.}$$

Удельные показатели расходов тепла на отопление и вентиляцию здания вычисляются по формулам:

по отношению площади обитаемых помещений  $F_{об}$ , м<sup>2</sup>:

$$\Sigma \bar{Q}_{т.об} = \frac{\Sigma Q_{т.об}}{F_{об}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2} \text{ от.пер.}; \quad (1.10)$$

по отношению общей площади отапливаемого здания  $F_{зд}$ , м<sup>2</sup>:

$$\Sigma \bar{Q}_{т.об} = \frac{\Sigma Q_{т.об}}{F_{зд}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2} \text{ от.пер.} \quad (1.11)$$

По формулам (1.10) и (1.11) вычислим удельные показатели расхода тепла на отопление и вентиляцию семейного дома с площадями  $F_{об} = 180 \text{ м}^2$  и  $F_{зд} = 290 \text{ м}^2$ :

по отношению к обитаемой площади

$$\Sigma \bar{Q}_{т.об} = \frac{36777}{180} = 204,3 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2} \text{ от.пер.};$$

по отношению общей площади отапливаемого здания

$$\Sigma \bar{Q}_{т.об} = \frac{36777}{290} = 126,8 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2} \text{ от.пер.}$$

В постановлении правительства РФ от 25 января 2011 г. №18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» в приложении приведены правила, из которых воспроизводим п. 7 и 11:

п. 7. К показателям, характеризующим выполнение требований энергетической эффективности относятся показатели, характеризующие годовые удельные величины расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении, в том числе нормируемые показатели суммарных удельных годовых расходов тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, включая расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию (отдельной

строкой), а также максимально допустимые величины от нормируемых показателей: показатель удельного годового расхода электроэнергии на общедомовые нужды;

п. 11. Показатели энергетической эффективности, указанные в п. 7 настоящих Правил, указываются в относительных данных на единицу площади или единицу объема отапливаемого здания, строения, сооружения в единицах учета энергии в зависимости от характеристик архитектурно-строительного решения и категории здания, строения, сооружения.

По п. 11 Правил установления требований энергетической эффективности определяющим для оценки систем ОВ является площадь отапливаемого здания. Выше для семейного дома вычислен показатель энергетической эффективности системы отопления и естественной вентиляции:

$$\Sigma \bar{Q}_{т.ов} = 126,8 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2} \text{ от.пер.}$$

Этот показатель может служить для оценки принимаемых энергосберегающих решений при проектировании систем ОВ.

## **1.2. Возможное снижение расхода тепла в системах отопления жилых зданий при автоматическом контроле теплоотдачи отопительных приборов**

Из формулы (1.5) следует, что расход тепла в системах отопления жилых зданий может быть снижен сокращением теплопотерь и сокращением расхода тепла на нагрев саннормы приточного наружного воздуха. Формула (1.9) при расчете расхода тепла за отопительный период не учитывает бытовые тепловыделения. По СНиП [7] рекомендуется бытовые тепловыделения для жилых зданий с плотностью заселения  $20 \text{ м}^2/\text{чел}$  принимать  $q_{т.быт} = 17 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$ , для жилых зданий с плотностью заселения  $45 \text{ м}^2/\text{чел}$  принимать  $q_{т.быт} = 10 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$ . Бытовые тепловыделения за отопительный период вычисляются по отношению площади обитаемых помещений  $F_{об}$  по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{т.ов}} = \frac{q_{\text{т.быт}} \cdot F_{\text{об}} \cdot \tau_{\text{от.пер}} \cdot \tau_{\text{л}}}{1000}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2 \text{ от.пер.}, \quad (1.12)$$

где  $\tau_{\text{л}}$  – количество часов в сутках, когда люди находятся постоянно в обитаемых помещениях. Принимаем  $\tau_{\text{л}} = 8$  ч.

В рассматриваемом семейном доме проживают постоянно 5 чел. и плотность заселения составляет  $\frac{180}{5} = 36 \frac{\text{м}^2}{\text{чел}}$ . Методом экстраполяции находим удельные теплопоступления в  $15 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$ . Для рассматриваемого дома  $F_{\text{об}} = 180 \text{ м}^2$  по формуле (1.12) находим:

$$Q_{\text{т.пр.быт}} = \frac{15 \cdot 180 \cdot 214 \cdot 8}{1000} = 4622 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2 \text{ от.пер.}$$

Вычисляем удельные бытовые теплопоступления в отопительный период:

$$\bar{Q}_{\text{т.пр.быт}} = \frac{4622}{180} = 25,7 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2} \text{ от.пер.}$$

В солнечные дни через остекление окон зданий поступает тепло проникающей солнечной радиации, которое вычисляется по рекомендациям СНиП [7]. Сокращение расхода тепла в системе отопления за отопительный период благодаря полезному использованию бытовых теплопоступлений и тепла проникающей солнечной радиации может быть достигнуто только при применении у отопительных приборов автоматических клапанов.

В пос. Нахабино Московской обл. датская компания «Данфос» построила современный завод по производству приборов автоматики для систем отопления, вентиляции, кондиционирования. В качестве автоматических клапанов у отопительных приборов монтируются клапаны прямого действия модели RTD. Обычно к отопительному прибору присоединяются трубы диаметром 1/2" (15 мм) и на трубопроводе входа воды в отопительный прибор монтируются клапаны RTD-G15. Ручной настройкой терморегулятора устанавливается контролируемая температура воздуха в помещении  $t_{\text{вх}} = 20^\circ\text{C}$ . При наличии бытовых теплопритоков температура воздуха в поме-

шении будет выше настроенного значения  $t_{\text{вх}} = 20^\circ\text{C}$  и терморегулятор, воздействуя на клапан, перекрывает сечение для прохода горячей воды в нагревательный прибор. В дневные часы активной жизнедеятельности жильцов могут иметь место удельные теплопритоки выше  $15 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$ . Натурные наблюдения показывают, что при работающих бытовых приборах, потребляющих электроэнергию (ТВ, компьютер, электроутюг, пылесос и др.), которая переходит в тепло, удельные бытовые теплопоступления могут достигать  $\bar{q}_{\text{т.быт}} > 35 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$ . В режиме дневного бытового теплопоступления  $\bar{q}_{\text{т.быт}} = 35 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$  в обитаемом помещении приток бытового тепла будет  $q_{\text{т.быт}} = 20 \cdot 35 = 700 \text{ Вт}\cdot\text{ч}$ . А в солнечные дни увеличится приток через окна и тепла солнечной радиации. Поэтому  $q_{\text{т.прит}}$  будут больше  $q_{\text{т.быт}}$ . В дневные часы температура наружного воздуха, по данным [8] повышается на  $10\text{--}12^\circ\text{C}$ . Расчетная потребность тепла для систем отопления и вентиляции в обитаемой комнате в примере 1.1 определена в  $1657,6 \text{ Вт}\cdot\text{ч}$ . Вычислим возможное снижение потребности в тепле для систем отопления и вентиляции при повышении температуры наружного воздуха до средней температуры в отопительный период (показатель снижения потребности в тепле вычислен выше по выражению (1.8) и равен  $K_{\text{н}} = 0,48$ ). При  $t_{\text{н.ср.от}} = -3,1^\circ\text{C}$  потребность в тепле для систем отопления и вентиляции обитаемой комнаты площадью  $20 \text{ м}^2$  сократится:

$$Q_{\text{т.ов}} = Q_{\text{т.ов}} \cdot K_{\text{н}} = 1657,6 \cdot 0,48 = 796 \text{ Вт}\cdot\text{ч}.$$

Это практически совпадает с дневными бытовыми теплопритоками. Терморегулятор у отопительного прибора почти перекроет подачу в него горячей воды. Дальнейшее повышение бытовых теплопритоков приводит к перегреву помещения и повышению температуры воздуха выше комфортного значения  $t_{\text{вх}} > 20^\circ\text{C}$ . Для устранения перегрева помещений целесообразно подавать в помещение приточный наружный воздух с температурой  $t_{\text{пн}} < t_{\text{вх}}$ .

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	<b>3</b>
<b>Глава I. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ</b> .....	<b>5</b>
1.1. Расход тепла в традиционных системах отопления и вентиляции жилых зданий .....	5
1.2. Возможное снижение расхода тепла в системах отопления жилых зданий при автоматическом контроле теплоотдачи отопительных приборов .....	12
1.3. Возможности сокращения расхода тепла в системе отопления при увеличении термического сопротивления наружных ограждений .....	15
1.4. Возможности снижения расходов тепла в системах отопления и вентиляции при применении в жилых домах механической приточно-вытяжной вентиляции .....	16
1.5. Возможное сокращение расхода тепла в системах отопления и вентиляции при изменении схемы организации воздухообмена в обитаемом помещении .....	26
1.6. Энергосберегающая система отопления и вентиляции в семейном доме .....	32
1.7. Энергосберегающие системы отопления и вентиляции в многоэтажных жилых домах .....	38
1.8. Нахождение показателей, характеризующих энергосберегающие системы отопления и вентиляции в жилых домах .....	48
1.9. Энергосберегающее теплоснабжение семейного дома .....	54
<b>Глава 2. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ (СИСТЕМЫ ОВК) В СОВРЕМЕННЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ</b> .....	<b>60</b>
2.1. Архитектурно-строительные особенности современных общественных зданий и их влияние на системы ОВК .....	60
2.2. Традиционные системы отопления, вентиляции, кондиционирования в современных по архитектурно-строительным решениям общественных зданиях .....	65



2.3. Общие принципы создания энергосберегающих систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в современных общественных зданиях .....	75
2.4. Энергосберегающие системы ОВК в современных по архитектурно-строительным решениям офисных зданиях .....	76
2.5. Традиционные и энергосберегающие системы ОВК в торговых центрах .....	86

**Глава 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРОВЕДЕНИЯ СПОРТИВНЫХ ТРЕНИРОВОК И СОРЕВНОВАНИЙ .....**

3.1. Системы ОВК в помещениях плавательных бассейнов .....	99
3.2. Снижение расхода энергии в системах ОВК в помещениях плавательных бассейнов .....	110
3.3. Системы СКВ в помещениях плавательных бассейнов с наличием трибун для зрителей .....	112
3.4. Системы кондиционирования воздуха в помещениях искусственных катков .....	121

**Глава 4. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ .....**

4.1. Системы кондиционирования воздуха в производственных помещениях, получивших название «чистые помещения» .....	131
4.2. Системы кондиционирования воздуха в помещениях текстильного производства .....	142
4.3. Системы ОВК в зданиях содержания в клетках кур или перепелок .....	152
4.4. Экологичные, энергосберегающие системы в помещениях ванн очистки сточных вод .....	158

**Глава 5. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ  
ИСПАРИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ  
ПРИТОЧНОГО НАРУЖНОГО ВОЗДУХА .....173**

5.1. Прямое испарительное охлаждение приточного наружного воздуха.....	173
5.2. Конвективное испарительное охлаждение приточного наружного воздуха.....	182
5.2.1. Тепло- и массообмен при раздельной схеме косвенного испарительного охлаждения приточного наружного воздуха.....	183
5.2.2. Совмещенное косвенное испарительное охлаждение приточного наружного воздуха .....	193
5.3. Многоступенчатое испарительное охлаждение приточного наружного воздуха.....	198
5.4. Совмещенные схемы двухступенчатого испарительного охлаждения приточного наружного воздуха.....	203

**Глава 6. ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ  
СЕМЕЙНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ  
(КОТТЕДЖЕЙ).....211**

6.1. Традиционные способы тепло- и холодоснабжения семейных домов.....	211
6.2. Тепло- и холодоснабжение семейного дома с применением грунтового теплового насоса и газового котла .....	219
6.3. Энергосберегающее тепло- и холодоснабжение семейного дома .....	223
6.4. Экологичное, энергосберегающее тепло- и холодоснабжение семейного дома.....	231

**Глава 7. МНОГОЭТАЖНЫЕ ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ.....236**

7.1. Традиционные методы теплоснабжения многоэтажных жилых зданий.....	236
7.2. Отечественный опыт применения тепловых насосов в жилых зданиях .....	238
7.3. Экологичное, энергосберегающее тепло- и холодоснабжение многоэтажных жилых зданий.....	244

**Литература .....253**