

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
56503—  
2015

---

# СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

## Расчет затрат энергии

ISO 13790:2008 (E)  
(NEQ)

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2015

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 июня 2015 г. № 837-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения международного стандарта ИСО 13790:2008 (Е) «Энергетические характеристики зданий. Расчет расхода энергии для отопления и охлаждения помещений» [ISO 13790:2008 (E) «Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling», NEQ] в части идеологии методики годового и месячного расчета энергопотребления системами кондиционирования зданий

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет ([www.gost.ru](http://www.gost.ru))*

## Содержание

1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки .....	1
3 Термины, определения и сокращения .....	1
4 Общие положения .....	2
5 Деление области возможных сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха на погодные зоны .....	5
6 Методика расчета потребления теплоты, холода, электроэнергии и воды системами кондиционирования воздуха .....	14
Приложение А (справочное) Повторяемости сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха в г. Москве за год (вероятностно-статистическая модель климата) .....	21
Приложение Б (справочное) Примеры определения потребления теплоты, холода, электроэнергии и воды за год различными ЦСКВ в г. Москве .....	36

## Введение

Настоящий стандарт разработан с учетом требований федеральных законов от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В документе рассмотрена методика расчета потребления теплоты, холода, воды и электроэнергии на обработку наружного воздуха при кондиционировании воздуха помещений в течение года. Методика расчета энергопотребления системами отопления и вентиляции приведена в СП 50.133300.2012 «СНиП 23-02—2003. Тепловая защита зданий».

Настоящий стандарт содержит методику, позволяющую выполнить расчет по вероятностно-статистической модели климата, содержащей в себе сочетания энтальпии и влагосодержания наружного воздуха за последние 30 лет, относящиеся к различным временным отрезкам суток, и по данным климатологического «типового» года, содержащим в себе почасовые данные о температуре, энтальпии и влагосодержании наружного воздуха в течение года.

## СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

## Расчет затрат энергии

Energy performance of buildings. Calculation of energy use

Дата введения — 2015—09—01

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методику расчета годовых затрат теплоты, холода, воды и электроэнергии на обработку наружного воздуха при кондиционировании.

Стандарт распространяется на жилые, общественные и производственные здания.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 16350—80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей

ГОСТ 30494—2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

СП 50.13330.2012 СНиП 23-02—2003 Тепловая защита зданий

СП 60.13330.2012 СНиП 41-01—2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование

СП 131.13330.2012 СНиП 23-01—99\* Строительная климатология

**Примечание** — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

## 3 Термины, определения и сокращения

### 3.1 Термины и определения

В настоящем документе применены термины по ГОСТ 30494, СП 131.13330, СП 50.13330, СП 60.13330, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1.1 вероятно-статистическая модель климата:** Таблица фактических повторяемостей в среднем многолетнем разрезе различных сочетаний температуры и относительной влажности, либо

энтальпии и влагосодержания наружного воздуха, относящаяся к определенному временному интервалу суток, обладающая полнотой климатической информации (желательно не менее чем за 30 лет) для расчета процессов кондиционирования воздуха.

**3.1.2 потребление воды системой кондиционирования воздуха (водопотребление):** Количество воды, кг/г, расходуемой системой на увлажнение приточного воздуха и растворение солей, осаждающихся на внутренних элементах в поддоне воздухоувлажнителя за определенный период времени, чаще за год.

**3.1.3 потребление пара системой кондиционирования воздуха:** Количество пара, кг/г, расходуемого системой на увлажнение приточного воздуха за определенный период времени, чаще за год.

**3.1.4 потребление теплоты (теплотребление) системой кондиционирования воздуха:** Количество тепловой энергии, расходуемой системой на нагревание приточного воздуха, Дж/г или МВт·ч/г, за определенный период времени, чаще за год.

**3.1.5 потребление холода (холодотребление) системой кондиционирования воздуха:** Количество холода, расходуемого системой на обработку приточного воздуха, Дж/г или МВт·ч/г, за определенный период времени, чаще за год.

**3.1.6 потребление электроэнергии (электропотребление) системой кондиционирования воздуха:** Количество электроэнергии расходуемой системой на привод электропотребляющего оборудования, кВт·ч/г или МВт·ч/г, за определенный период времени, чаще за год.

**3.1.7 «типовой» год:** Набор почасовых значений параметров наружной среды, состоящий из реально наблюдавшихся в рассматриваемом географическом пункте значений параметров за отдельные месяцы с наиболее близкими к средним многолетним за последние 30 лет.

#### Примечания

1 «Типовой» год, как правило, предназначается для расчетов среднего многолетнего энергопотребления различными системами, поддерживающими микроклимат в помещениях зданий.

2 Для расчетов энергопотребления различными системами составляются « типовые » года с разным набором параметров.

3 Для расчетов энергопотребления ЦСКВ на обработку приточного воздуха используется « типовый » год, отражающий изменения температуры и влажности наружного воздуха и состоящий из температуры и относительной влажности наружного воздуха, либо из энтальпии и влагосодержания наружного воздуха. Второй набор удобнее, т. к. не требует применения для расчетов энергопотребления использования дополнительного параметра — атмосферного давления (при пересчете энтальпии наружного воздуха по температуре и относительной влажности атмосферное давление уже задействовано).

## 3.2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

с.в. — сухой воздух;

ТП — теплый период года;

ХМ — холодильная машина;

ХП — холодный период года;

ЦСКВ — центральная система кондиционирования воздуха.

## 4 Общие положения

**4.1** В настоящем стандарте приведена методика расчета потребления теплоты, холода, воды и электроэнергии на обработку наружного воздуха для подачи в помещение в качестве приточного в прямоточных ЦСКВ:

- прямоточная с 1-м и 2-м подогревом, а также адиабатным процессом в блоке увлажнителя в ХП и охлаждением в поверхностном воздухоохладителе в ТП (далее — ЦСКВ со 2-м подогревом);

- с 1-м подогревом и адиабатным процессом в блоке увлажнителя, оборудованным обводом воздуха (байпасом) в ХП, и управляемым процессом охлаждения в поверхностном воздухоохладителе в ТП (далее — ЦСКВ с байпасом). По результатам увлажнения воздуха и, следовательно, по затратам энергии эта система близка к ЦСКВ с управляемым процессом увлажнения воздуха;

- с 1-м подогревом и пароувлажнением в ХП, и управляемым процессом охлаждения в поверхностном воздухоохладителе в ТП (далее — ЦСКВ с пароувлажителем);

- с 1-м подогревом в ХП, и управляемым процессом охлаждения в поверхностном воздухоохладителе в ТП (далее — ЦСКВ без увлажнителя).

4.2 Методика реализуется на персональном компьютере.

4.3 Основными исходными данными для настоящего стандарта служат:

- конфигурация (состав, обеспечивающий обработку воздуха по определенной схеме) ЦСКВ;
- режим работы ЦСКВ (в какие часы суток и сколько дней в году работает ЦСКВ);
- общий расход приточного воздуха;
- климатическая модель района строительства: вероятностно-статистическая для интервала времени, относящегося к времени работы расчетной ЦСКВ (для Москвы модель приведена в таблицах А.1—А.6 приложения А настоящего стандарта, для некоторых других городов — в ГОСТ 16350), либо «типовой» год;
- барометрическое давление района строительства;
- требования к внутренним условиям в помещениях здания (температуре, относительной влажности воздуха);
- тепловлажностное отношение процесса изменения состояния воздуха в помещении для ТП и ХП. Если в помещении имеются местные аппараты отопления и/или охлаждения, то задается тепловлажностное отношение изменения состояния воздуха в помещении с учетом их работы. Если климатической базой расчета принят «типовой» год, то возможен помесечный расчет с установлением тепловлажностного отношения для каждого месяца дифференцированно;
- расчетный расход воды, проходящий через блок воздухонагревателя;
- расчетный расход воды, проходящий через блок сотового увлажнителя;
- потери напора в гидравлической сети блоков обработки воздуха;
- полный напор, обеспечиваемый работой вентилятора (определяется как сумма потерь напора в аэродинамической сети и в ЦСКВ);
- коэффициенты полезного действия электродвигателей насосов и вентиляторов;
- электрические мощности электродвигателей вентиляторов и насосов воздухонагревателей и увлажнителей;
- электрические мощности электродвигателей вентиляторов, насосов и компрессоров, входящих в состав холодильной машины;
- температура холодной воды, поступающей в секцию воздухоохлаждителя;
- коэффициент отвода, определяемый качеством воды, поступающей в блок сотового увлажнителя, если неизвестна, принимается 0,3, что соответствует воде средней жесткости;
- средний за год или помесечный холодильный коэффициент холодильной машины;
- энтальпия точки росы для ТП и ХП (при регулировании по методу «точки росы»);
- энтальпия точки  $K_s$  на линии насыщения при  $\phi = 100\%$  и при средней температуре поверхности стенки воздухоохлаждителя.

4.4 В качестве расчетных внутренних условий принимают оптимальные или допустимые температуру и относительную влажность воздуха по ГОСТ 30494.

4.5 Основными результатами расчетов являются:

- годовое или помесечное тепло- и холодопотребление ЦСКВ, обслуживающими помещение (при помесечном расчете);
- продолжительность теплотребления, холодопотребления, электропотребления и потребления воды в часах работы системы за год в целом при годовом расчете и за каждый месяц при помесечном расчете.

4.6 Результаты расчета обеспечивают:

- а) выяснение уровня энергетических характеристик вновь проектируемых, реконструируемых и эксплуатируемых зданий;
- б) возможность сравнения энергетических характеристик различных альтернативных решений проектируемого здания и конфигураций систем кондиционирования воздуха;
- в) оценку предполагаемых мероприятий по энергосбережению в эксплуатируемых зданиях с помощью расчета энергопотребления с и без принятия мер по энергосбережению;
- г) прогнозирование потребности в энергии на региональном или национальном уровне с помощью расчета энергопотребления типичных зданий — представителей рынка строительства.

4.7 Полученные результаты энергопотребления ЦСКВ следует рассматривать как достаточно вероятные. В каждом конкретном году они могут быть меньше или больше. В расчетах применяют среднюю за многолетний период климатическую информацию, разброс которой от года к году может быть достаточно большим, поэтому использование данных, усредненных за последние 30 лет, не гарантирует близости принятых климатических условий к тем, которые будут наблюдаться в конкретном году.

4.8 Точность расчетов, связанных с усреднением энергопотребления за месяц или даже за сезон, зависит от того, насколько колебания тепловлажностных нагрузок уравниваются друг друга (насколько принято в расчете тепловлажностное отношение изменения параметров воздуха в помещении отражает среднее значение). Задание среднего за теплый или холодный период времени тепловлажностного отношения воздуха в помещении в некоторых случаях может снижать точность расчета. При изменении тепловлажностного отношения от 30000 кДж/кг до 80000 кДж/кг энергозатраты изменяются в пределах 13%. В помесечном расчете есть возможность коррекции тепловлажностного отношения для каждого месяца и даже часа (при исходной климатической информации в форме «типового» года) при установлении границ между погодными зонами для каждого месяца (или часа) дифференцированно.

4.9 Для пересчета параметров состояния воздуха по известным температуре и относительной влажности воздуха сначала определяют давление насыщенного пара для каждой из указанных точек по формуле (8.8) СП 50.13330:

$$p_{\text{н.н}} = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273+t}\right) \quad (1)$$

Значение влагосодержания  $d$ , г/(кг с.в.) рассчитывают по формуле

$$d = \frac{622 \cdot p_{\text{н.н}} \cdot \varphi}{P_0 - p_{\text{н.н}} \cdot \varphi} = \frac{622 \cdot p_n}{P_0 - p_n} \quad (2)$$

Энтальпию  $i$ , кДж/(кг с.в.), влажного воздуха для диапазона температур от минус 50 °С до плюс 50 °С определяют по формуле

$$i = 1006 \cdot t + (2501 + 1,805 \cdot t) \cdot d / 1000, \quad (3)$$

где  $t$  — температура воздуха, °С;

$\varphi$  — относительная влажность воздуха, %;

$p_{\text{н.н}}$  — давление насыщенного водяного пара, Па;

$P_0$  — барометрическое атмосферное давление, Па;

$p_n$  — парциальное давление водяного пара в воздухе, Па.

4.10 Определение энтальпии воздуха с известными влагосодержанием и относительной влажностью выполняют в такой последовательности: сначала по формуле (2) находят парциальное давление водяного пара в воздухе

$$p_n = \frac{P_0 d}{P_0 - 622} \quad (4)$$

Затем по формуле (1) определяют температуру воздуха, °С:

$$t = 273 - \frac{5330}{\ln p_n - 25,9282}, \quad (5)$$

где  $p_n$  — то же, что в формуле (2);

$t$  — рассчитываемая температура воздуха, °С;

$d, P_0$  — то же, что в формулах (1)–(3).

После этого по формуле (3) определяют энтальпию воздуха.

4.11 Расчет влагосодержания воздуха с известными энтальпией  $i$  и относительной влажностью  $\varphi$  выполняют в такой последовательности: сначала принимают температуру воздуха  $t_1$ , зная которую по формуле (1) можно определить давление насыщенного водяного пара  $p_{\text{н.н}}$  и далее по формулам (2) и (3) найти влагосодержание  $d_1$  и энтальпию  $i_1$  воздуха. Если  $i_1 < i$ , следует значение температуры  $t_1$  увеличить (если  $i_1 > i$ , уменьшить). Последовательное приближение к истинным значениям температуры и влагосодержанию воздуха следует продолжать до тех пор, пока значения заданной энтальпии и полученной по предполагаемой температуре не будут отличаться друг от друга более чем на 0,05 кДж/(кг с.в.).

4.12 Влагосодержание воздуха, г/(кг с.в.), с заданной энтальпией и с параметрами, лежащими на линии процесса с известным тепловлажностным отношением, исходящей из точки с известными параметрами, находят по формуле



$$d = \frac{\varepsilon d_T - (i_T - i) \cdot 1000}{\varepsilon}, \quad (6)$$

где  $i$  — энтальпия воздуха, г/(кг с.в.);

$\varepsilon$  — тепловлажностное отношение изменения состояния воздуха, кДж/г;

$i_T, d_T$  — энтальпия, кДж/(кг с.в.), и влагосодержание, г/(кг с.в.), воздуха точки, из которой исходит линия с тепловлажностным отношением  $\varepsilon$ .

4.13 Влагосодержание воздуха, г/(кг с.в.), с параметрами, соответствующими пересечению изотермы с известной температурой и линии процесса изменения состояния воздуха с известным тепловлажностным отношением, идущей от точки 1 выше пересечения, находят по формуле

$$d = \frac{1000i_1 - \varepsilon d_1 - 1006t}{2501 + 1,805t - \varepsilon}, \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  — известное тепловлажностное отношение изменения состояния воздуха от точки 1 до точки с искомым влагосодержанием, кДж/(кг влаги);

$i_1, d_1$  — значения энтальпии, кДж/(кг с.в.) и влагосодержания, г/(кг с.в.), воздуха в точке 1 рассматриваемого процесса изменения состояния воздуха;

$t$  — температура изотермы, °С.

## 5 Деление области возможных сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха на погодные зоны

5.1 Расчет выполняется с предварительным (по 5.3) построением на  $I-d$ -диаграмме погодных зон, в каждой из которых работает определенное оборудование обработки приточного воздуха.

5.2 Продолжительность работы ЦСКВ при конкретном сочетании энтальпии и влагосодержания наружного воздуха  $\tau$ , ч, определяют по формулам (8) или (9):

- в расчете по вероятностно-статистической модели

$$\tau = p \cdot T, \quad (8)$$

где  $T$  — продолжительность работы ЦСКВ за год, ч;

$p$  — повторяемость текущего сочетания параметров климата по климатической модели;

- в расчете по «типовому» году для каждого сочетания параметров наружного воздуха (в период действия ЦСКВ):

$$\tau = 1. \quad (9)$$

При этом учитывают, к какой погодной зоне относится каждое сочетание параметров наружного воздуха.

5.3 Область возможных сочетаний температуры и относительной влажности в районе строительства приблизительно на  $I-d$ -диаграмме можно очертить линиями постоянной относительной влажности  $\varphi = 100\%$  и  $\varphi = 15\%$ , а также линией постоянной расчетной энтальпии наружного воздуха в теплый период года. В зависимости от принятой схемы обработки воздуха в установке ЦСКВ эту область на  $I-d$ -диаграмме следует разделить на погодные зоны. Нанесение границ погодных зон начинается с вычерчивания на  $I-d$ -диаграмме косоугольного четырехугольника  $B_1B_2B_3B_4$  области оптимальных или допустимых параметров внутреннего воздуха, образованного изотермами нормируемых СП 60.13330 значений температуры и линиями нормируемых значений максимальной и минимальной относительной влажности.

Через точки  $B_2$  и  $B_3$ , ограничивающие четырехугольник максимальным нормируемым значением относительной влажности в ТП года, следует провести линию тепловлажностного отношения процесса в помещении в теплый период года  $\varepsilon_{23}$ , а через точки  $B_1$  и  $B_4$ , ограничивающие снизу четырехугольник минимальным нормируемым значением относительной влажности в холодный период года, провести линию тепловлажностного отношения процесса в помещении в холодный период года  $\varepsilon_{14}$ , и на этих линиях отложить соответствующие рабочие разности температур между температурой внутреннего и приточного воздуха. Результатом будет область параметров приточного воздуха  $P_1P_2P_3P_4$  (рисунок 1, рисунок 2, рисунок 3, рисунок 4). На рисунках точки  $B_1, B_2, B_3, B_4$  не показаны.

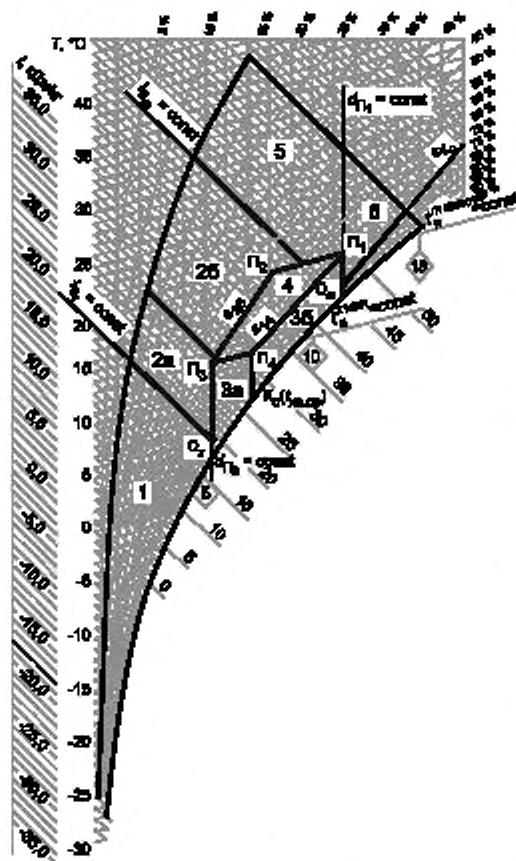


Рисунок 1 — Деление на погодные зоны области возможных сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха для ЦСКВ со 2-м подогревом

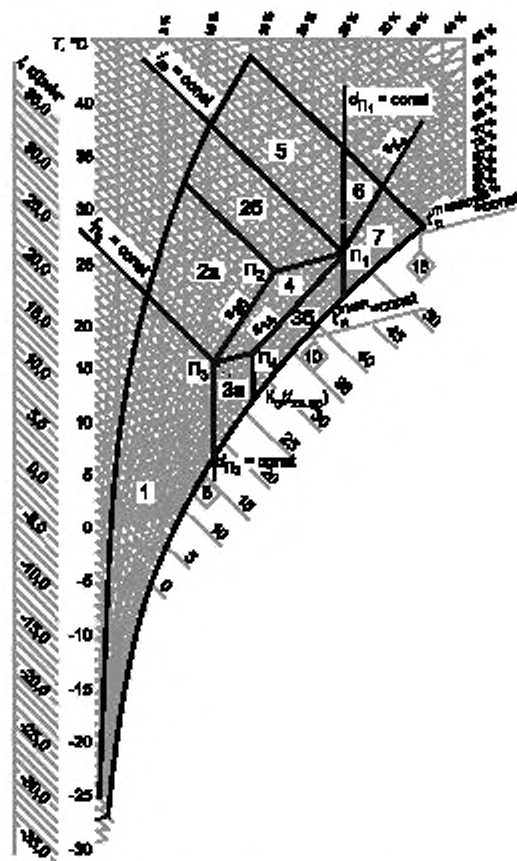


Рисунок 2 — Деление на погодные зоны области возможных сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха для ЦСКВ с байпасом и управляемым увлажнением

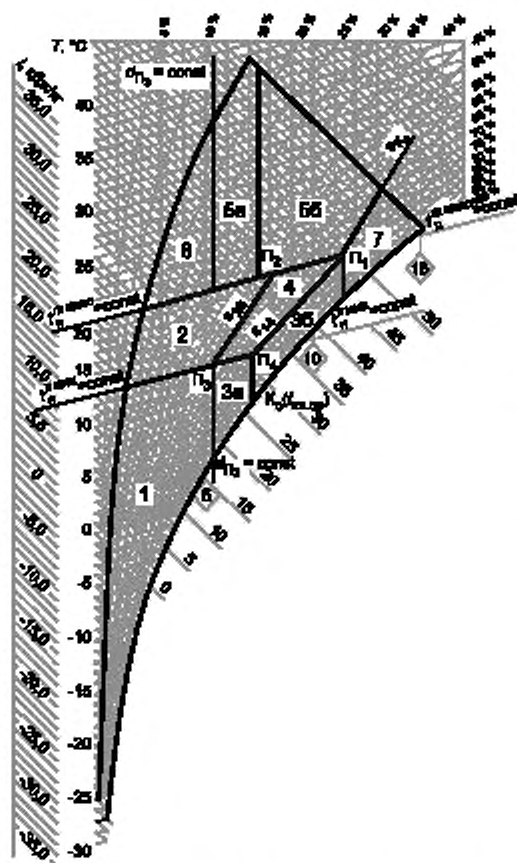


Рисунок 3 — Деление на погодные зоны области возможных сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха для ЦСКВ с пароувлажителем

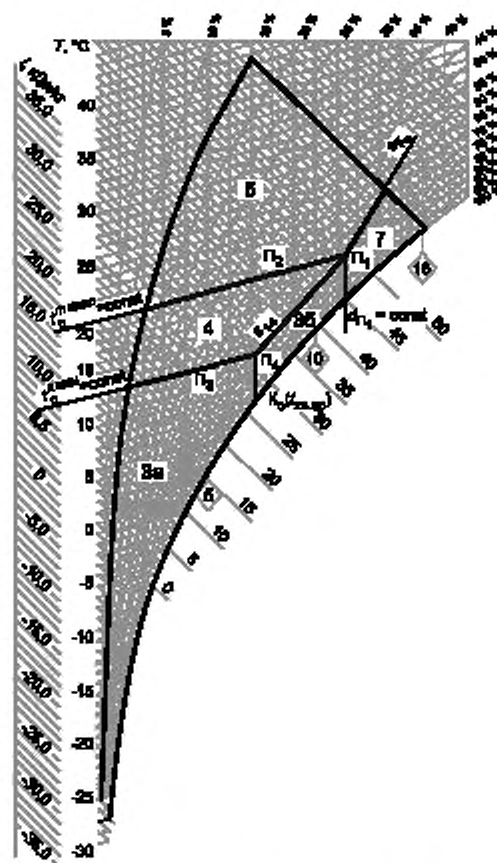


Рисунок 4 — Деление на погодные зоны области возможных сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха для ЦСКВ без увлажнения

5.4 Для точек  $P_1, P_2, P_3, P_4$  по известным температуре и относительной влажности следует определить влагосодержание и энтальпию по формулам (1)—(3).

5.5 Границы погодных зон и состав оборудования, работающего в конкретной погодной зоне, устанавливаются для каждой схемы обработки приточного воздуха в ЦСКВ. Описание границ погодных зон и состав оборудования, работающего в каждой погодной зоне, приведены в таблицах 1—4.

Таблица 1 — Определение границ погодных зон сочетаний энгалгии и влагосодержания наружного воздуха при прямой схеме обработки воздуха со вторым подогревом

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
1 Зона 1	- Воздухонагреватель 1-го подогрева; - камера адiabатного увлажнения; - воздухонагреватель 2-го подогрева	1 Зона 3 2 Зона 2	1 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку $P_3$ 2 Изотерма, проведенная через точку $O_x$ (на пересечении $d_{п, \text{мин}} = \text{const}$ в ХП и $\varphi = 90\%$ ) максимального увлажнения воздуха в блоке увлажнения	1 $d_{п3} = \text{const}$ . 2 $i_{O_x} = \text{const}$
2 Зона 2а	- Камера адiabатного увлажнения; - воздухонагреватель 2-го подогрева	1 Зона 3а 2 Зона 1 3 Зона 4 4 Зона 2б	1 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку $P_3$ . 2 Изотерма, проведенная через точку $O_x$ (см. показатель 2 в зоне 1) 3 Прямая, соединяющая точки с максимальной относительной влажностью приточного воздуха: $P_2$ в ТП и $P_3$ в ХП. 4 Изотерма, проведенная через точку $O_1$ (на пересечении линии влагосодержания приточного воздуха $d_{п4} = \text{const}$ через точку $P_4$ и $\varphi = 90\%$ ) — максимального увлажнения в блоке увлажнения в ПП года	1 $d_{п3} = \text{const}$ . 2 $i_{O_x} = \text{const}$ . 3 $\varepsilon_{23} (P_2 - P_3) = \text{const}$ . 4 $i_{O_1} (d_{п4}) = \text{const}$
3 Зона 2б	- Камера адiabатного увлажнения; - воздухонагреватель 2-го подогрева	1 Зона 4 2 Зона 2а 3 Зона 5 4 Зона 4	1 Прямая, соединяющая точки с максимальной относительной влажностью приточного воздуха: $P_2$ в ТП и $P_3$ в ХП. 2 Изотерма, проведенная через точку $O_1$ (на пересечении линии влагосодержания приточного воздуха $d_{п4} = \text{const}$ через точку $P_4$ и $\varphi = 90\%$ ) — максимального увлажнения в блоке увлажнения в ПП года; 3 Изотерма, проведенная через точку $O_m$ (на пересечении линии максимального влагосодержания приточного воздуха $d_{п, \text{макс}} = \text{const}$ через точку $P_1$ и $\varphi = 90\%$ ) — максимального увлажнения в блоке увлажнения в ТП. 4 Изотерма, проведенная через точки $P_1$ и $P_2$ с максимальной температурой приточного воздуха в ТП	1 $\varepsilon_{23} (P_2 - P_3) = \text{const}$ . 2 $i_{O_1} (d_{п4}) = \text{const}$ . 3 $i_{O_m} = \text{const}$ . 4 $t_{п, \text{макс}} = \text{const}$
4 Зона 3	- Воздухонагреватель 2-го подогрева	1 Зона 2 2 Зона 4 3 Зона 4 4 Зона 6	1 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку $P_3$ . 2 Прямая, соединяющая точки с максимальной относительной влажностью приточного воздуха: $P_1$ в ТП и $P_4$ в ХП. 3 Изотерма, проведенная через точки $P_3$ и $P_4$ с минимальной температурой приточного воздуха в ХП. 4 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $P_1$	1 $d_{п3}^{\text{мин}} = \text{const}$ . 2 $\varepsilon_{14} (P_1 - P_4) = \text{const}$ . 3 $t_{п, \text{мин}} = \text{const}$ . 4 $d_{п, \text{макс}} = \text{const}$

Окончание таблицы 1

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
5 Зона 4	Без обработки	1 Зона 2 2 Зона 3 3 Зоны 5 и 2 4 Зона 3	1 Прямая, соединяющая точки с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: $P_2$ в ТП и $P_3$ в ХП. 2 Прямая, соединяющая точки с максимальной относительной влажностью приточного воздуха: $P_1$ в ТП и $P_4$ в ХП. 3 Изотерма, проведенная через точки $P_1$ и $P_2$ с максимальной температурой приточного воздуха в ТП. 4 Изотерма, проведенная через точки $P_3$ и $P_4$ с минимальной температурой приточного воздуха в ХП	1 $e_{23} (P_2 - P_3) = \text{const.}$ 2 $e_{14} (P_1 - P_4) = \text{const.}$ 3 $f_{\text{п}}^{\text{м макс}} = \text{const.}$ 4 $f_{\text{п}}^{\text{х мин}} = \text{const}$
6 Зона 5	- Воздухоохладитель; - камера адиабатного увлажнения; - воздушонагреватель 2-го подогрева	1 Зона 6 2 Зона 26 3 Зона 4	1 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $P_1$ в ТП. 2 Изотермальная, проведенная через точку $O_m$ (на пересечении максимального влагосодержания приточного воздуха $d_{\text{п макс}} = \text{const}$ и $\varphi = 90\%$ ) — максимального увлажнения в блоке увлажнения в ТП. 3 Изотерма, проведенная через точки $P_1$ и $P_2$ с максимальной температурой приточного воздуха в ТП	1 $d_{\text{п макс}} = \text{const.}$ 2 $f_{\text{п макс}} = \text{const.}$ 3 $f_{\text{п макс}} = \text{const}$
7 Зона 6	- Воздухоохладитель; - воздушонагреватель 2-го подогрева	1 Зоны 3 и 5 2 Зона 7	1 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $P_1$ в ТП. 2 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку $O_m$ (см. показатель 2 к зоне 5) и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t^{\text{мин}}$ (на 3 °С ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$	1 $d_{\text{п макс}} = \text{const.}$ 2 $e_{\text{кб}} = \text{const}$
8 Зона 7	- Воздухонагреватель 1-го подогрева; - воздухоохладитель; - воздушонагреватель 2-го подогрева	1 Зона 3 2 Зона 6	1 Максимальное влагосодержание приточного воздуха в ТП в точке $P_1$ . 2 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку $O_m$ (см. показатель 2 к зоне 5) и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t^{\text{мин}}$ (на 3 °С ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$	1 $d_{\text{п макс}} = \text{const.}$ 2 $e_{\text{кб}} = \text{const}$

\* Приточный вентилятор устанавливается в каждой погодной зоне, включая зону 4.

\*\* Описание границ зон опирается на построение на  $t$ - $d$ -диаграмме области параметров приточного воздуха  $P_1, P_2, P_3, P_4$  по 5.3.

Таблица 2 — Определение логичных зон сочетаний энthalпии и влагосодержания наружного воздуха при прямой схеме обработки воздуха с обводом камеры увлажнения (байпас) или с управляемым процессом и управляемым процессом осушения в воздухоохладителе

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
1 Зона 1	- Воздухонагреватель 1-го подогрева; - камера адиабатного увлажнения; - линия байпаса, обвод камеры увлажнения	1 Зона 3 2 Зона 2а	1 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку $\Pi_3$ . 2 Изогипсальная, проведенная через точку $\Pi_3$ с минимальным температурным содержанием приточного воздуха в ХП	1 $d_{\Pi_3} = \text{const.}$ 2 $t_{\Pi_3} = \text{const.}$
2 Зона 2а	- Камера адиабатного увлажнения; - линия байпаса, обвод камеры увлажнения	1 Зона 1 2 Зона 4 3 Зона 2б	1 Изогипсальная, проведенная через точку $\Pi_3$ с минимальным температурным содержанием приточного воздуха в ХП. 2 Прямая, соединяющая точки с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: $\Pi_2$ в ТП и $\Pi_3$ в ХП. 3 Изогипсальная, проведенная через точку $\Pi_2$ с минимальным температурным содержанием приточного воздуха в ТП	1 $t_{\Pi_3} = \text{const.}$ 2 $e_{23} (\Pi_2 - \Pi_3) = \text{const.}$ 3 $t_{\Pi_2} = \text{const.}$
3 Зона 2б	- Камера адиабатного увлажнения; - линия байпаса, обвод камеры увлажнения	1 Зона 2а 2 Зона 5 3 Зона 4	1 Изогипсальная, проведенная через точку $\Pi_2$ с минимальным температурным содержанием приточного воздуха в ТП. 2 Изогипсальная, проведенная через точку $\Pi_1$ с максимальным температурным содержанием приточного воздуха в ХП. 3 Изотерма, проведенная через точки $\Pi_1$ и $\Pi_2$ с максимальной температурой приточного воздуха в ТП	1 $t_{\Pi_2} = \text{const.}$ 2 $t_{\Pi_1} = \text{const.}$ 3 $t_{\Pi}^{\text{max}} = \text{const.}$
4 Зона 3а	- Воздухонагреватель 1-го подогрева	1 Зона 1 2 Зона 4 3 Зона 3б	1 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку $\Pi_3$ . 2 Прямая, соединяющая точку с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: $\Pi_2$ в ТП и $\Pi_4$ в ХП. 3 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку $\Pi_4$	1 $d_{\Pi_3} = \text{const.}$ 2 $e_{14} (\Pi_1 - \Pi_4) = \text{const.}$ 3 $d_{\Pi_4} = \text{const.}$
5 Зона 3б	- Воздухонагреватель 1-го подогрева	1 Зона 2б 2 Зона 4 3 Зона 7	1 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку $\Pi_4$ . 2 Изотерма минимальной температуры приточного воздуха в ХП, проведенная через точки $\Pi_3$ и $\Pi_4$ . 3 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $\Pi_1$	1 $d_{\Pi_4} = \text{const.}$ 2 $t_{\Pi}^{\text{min}} = \text{const.}$ 3 $d_{\Pi_1} = \text{const.}$
6 Зона 4	Без обработки	1 Зона 2а 2 Зона 3б 3 Зона 2б 4 Зона 3а	1 Прямая, соединяющая точки с максимальной относительной влажностью приточного воздуха: $\Pi_2$ в ТП и $\Pi_3$ в ХП. 2 Прямая, соединяющая точки с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: $\Pi_1$ в ТП и $\Pi_4$ в ХП. 3 Изотерма максимальной температуры приточного воздуха в ТП, проведенная через точки $\Pi_1$ и $\Pi_2$ . 4 Изотерма, проведенная через точки $\Pi_3$ и $\Pi_4$ с минимальной температурой приточного воздуха в ХП	1 $e_{23} (\Pi_2 - \Pi_3) = \text{const.}$ 2 $e_{14} (\Pi_1 - \Pi_4) = \text{const.}$ 3 $t_{\Pi}^{\text{max}} = \text{const.}$ 4 $t_{\Pi}^{\text{min}} = \text{const.}$

Окончание таблицы 2

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
7 Зона 5	- Воздухоохладитель; - камера адiabатного увлажнения; - линия байпаса, обвод камеры увлажнения	1 Зона 2б 2 Зона 6	1 Изогипсанталя, проведенная через точку П <sub>1</sub> с максимальной энтальпией приточного воздуха в ТП. 2 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку П <sub>1</sub>	1 $t_{П1} = \text{const}$ 2 $d_{П1} = \text{const}$
8 Зона 6	- Воздухоохладитель	1 Зона 5 2 Зона 7	1 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку П <sub>1</sub> . 2 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку П <sub>1</sub> и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t_{\text{мин}}$ (на 3 °С — 5 °С ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$	1 $d_{П1} = \text{const}$ . 2 $\varphi_{\text{кв}} = \text{const}$
9 Зона 7	- Воздухонагреватель 1-го подогрева; - воздухоохладитель	1 Зона 3б 2 Зона 6	1 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку П <sub>1</sub> . 2 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку П <sub>1</sub> и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t_{\text{мин}}$ (на 3 °С — 5 °С ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$ .	1 $d_{П1} = \text{const}$ . 2 $\varphi_{\text{кв}} = \text{const}$

\* Приточный вентилятор установлен и работает в каждой погодной зоне, включая зону 4.

\*\* Описание границ зон опирается на построение на  $t-d$  диаграмме области параметров приточного воздуха П<sub>1</sub>, П<sub>2</sub>, П<sub>3</sub>, П<sub>4</sub> по 5.3.

Таблица 3 — Определение границ погодных зон сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха при прямой схеме обработки воздуха с применением парувлажнителя

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
1 Зона 1	- Воздухонагреватель 1-го подогрева; - парувлажнитель	1 Зона 3а 2 Зона 2	1 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку П <sub>3</sub> . 2 Изотерма, проведенная через точки П <sub>3</sub> и П <sub>4</sub> с минимальной температурой приточного воздуха в ХП	1 $d_{П3} = \text{const}$ . 2 $t_{П\text{мин}}^{\text{ХП}} = \text{const}$
2 Зона 2	- Парувлажнитель	1 Зона 1 2 Зона 4 3 Зона 5а 4 Зона 8	1 Изотерма, проведенная через точки П <sub>3</sub> и П <sub>4</sub> с минимальной температурой приточного воздуха в ХП. 2 Прямая, соединяющая точки с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: П <sub>2</sub> в ТП и П <sub>3</sub> в ХП. 3 Изотерма, проведенная через точки П <sub>1</sub> и П <sub>2</sub> с максимальной температурой приточного воздуха в ТП. 4 Изотерма, проведенная через точки П <sub>1</sub> и П <sub>2</sub> с максимальной температурой приточного воздуха в ТП	1 $t_{П\text{мин}}^{\text{ХП}} = \text{const}$ . 2 $e_{23} (\text{П}_2 - \text{П}_3) = \text{const}$ . 3 $t_{П\text{макс}}^{\text{ТП}} = \text{const}$ . 4 $t_{П\text{макс}}^{\text{ТП}} = \text{const}$

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
3 Зона 3а	- Воздухонагреватель 1-го подогрева	1 Зона 1 2 Зона 4 3 Зона 3б	1 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку П <sub>3</sub> . 2 Изотерма, проведенная через точки П <sub>3</sub> и П <sub>4</sub> с минимальной температурой приточного воздуха в ХП. 3 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку П <sub>4</sub> .	1 $d_{P3} = \text{const}$ 2 $t_{P3}^{\text{мин}} = \text{const}$ 3 $d_{P4} = \text{const}$
4 Зона 3б	- Воздухонагреватель 1-го подогрева	1 Зона 4 2 Зона 3б 3 Зона 7	1 Прямая, соединяющая точку с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: П <sub>1</sub> в ТП и П <sub>4</sub> в ХП. 2 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку П <sub>4</sub> . 3 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку П <sub>1</sub> .	1 $e_{1,4} (P_1 - P_4) = \text{const}$ 2 $d_{P4} = \text{const}$ 3 $d_{P1} = \text{const}$
5 Зона 4	Без обработки	1 Зона 2 2 Зона 3б 3 Зона 2 4 Зона 3а	1 Прямая, соединяющая точки с максимальной относительной влажностью приточного воздуха: П <sub>2</sub> в ТП и П <sub>3</sub> в ХП. 2 Прямая, соединяющая точки с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: П <sub>1</sub> в ТП и П <sub>4</sub> в ХП. 3 Изотерма, проведенная через точки П <sub>1</sub> и П <sub>2</sub> с максимальной температурой приточного воздуха в ТП. 4 Изотерма, проведенная через точки П <sub>3</sub> и П <sub>4</sub> с минимальной температурой приточного воздуха в ХП	1 $e_{2,3} (P_2 - P_3) = \text{const}$ 2 $e_{1,4} (P_1 - P_4) = \text{const}$ 3 $t_{P1}^{\text{макс}} = \text{const}$ 4 $t_{P3,4}^{\text{мин}} = \text{const}$
6 Зона 5а	- Воздухоохладитель	1 Зона 2 2 Зона 4 3 Зона 8 4 Зона 5б	1 Изотерма, проведенная через точки П <sub>1</sub> и П <sub>2</sub> с максимальной температурой приточного воздуха в ТП. 2 Изотерма, проведенная через точки П <sub>1</sub> и П <sub>2</sub> с максимальной температурой приточного воздуха в ТП. 3 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ХП, проведенная через точку П <sub>3</sub> . 4 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку П <sub>2</sub> .	1 $t_{P1}^{\text{макс}} = \text{const}$ 2 $t_{P2}^{\text{макс}} = \text{const}$ 3 $d_{P3} = \text{const}$ 4 $d_{P2} = \text{const}$
7 Зона 5б	- Воздухоохладитель	1 Зона 4 2 Зона 5а 3 Зона 7	1 Изотерма, проведенная через точки П <sub>1</sub> и П <sub>2</sub> с максимальной температурой приточного воздуха в ТП. 2 Линия постоянного минимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку П <sub>2</sub> . 3 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку П <sub>1</sub> и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t_{\text{мин}}^{\text{п}}$ (на 3 °С — 5 °С ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$	1 $t_{P1}^{\text{макс}} = \text{const}$ 2 $d_{P2} = \text{const}$ 3 $\% \varphi_0 = \text{const}$
8 Зона 7	- Воздухонагреватель 1-го подогрева;	1 Зона 3б	1 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку П <sub>1</sub> .	1 $d_{P1} = \text{const}$



Окончание таблицы 3

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
	- воздухоохладитель	2 Зона 5б	2 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку $P_1$ и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t_{p\text{мин}}$ (на $3^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}$ ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$	2 $\varepsilon_{\%} = \text{const}$
* Приточный вентилятор устанавливается работает в каждой погодной зоне, включая зону 4. ** Описание границ зон опирается на построение на $I-d$ -диаграмме области параметров приточного воздуха $P_1, P_2, P_3, P_4$ по 5.3.				

Таблица 4 — Определение границ погодных зон сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха при прямой схеме обработки воздуха без применения блока улаживания

№ зоны	Работающее оборудование*	Номер соседней зоны	Граница зоны**	Формула для определения границы
1 Зона 3а	- Воздухонагреватель 1-го подогрева	1 Зона 4 2 Зона 3б	1 Изотерма, проведенная через точки $P_3$ и $P_4$ с минимальной температурой приточного воздуха в ХП. 2 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $P_4$	1 $t_{p\text{мин}} = \text{const}$ . 2 $d_{p14} = \text{const}$
2 Зона 3б	- Воздухонагреватель 1-го подогрева	1 Зона 4 2 Зона 7 3 Зона 3а	1 Прямая, соединяющая точку с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: $P_2$ в ТП и $P_4$ в ХП. 2 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $P_1$ . 3 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $P_4$	1 $\varepsilon_{14} (P_1 - P_4) = \text{const}$ . 2 $d_{p1} = \text{const}$ 3 $d_{p14} = \text{const}$
3 Зона 4	Без обработки	1 Зона 3б 2 Зона 3а 3 Зона 5	1 Прямая, соединяющая точки с минимальной относительной влажностью приточного воздуха: $P_1$ в ТП и $P_4$ в ХП. 2 Изотерма, проведенная через точки $P_3$ и $P_4$ с минимальной температурой приточного воздуха в ХП. 3 Изотерма, проведенная через точки $P_1$ и $P_2$ с максимальной температурой приточного воздуха в ТП	1 $\varepsilon_{14} (P_1 - P_4) = \text{const}$ . 2 $t_{p\text{мин}} = \text{const}$ . 3 $t_{p\text{макс}} = \text{const}$
4 Зона 5	- Воздухоохладитель	1 Зона 4 2 Зона 7	1 Изотерма, проведенная через точки $P_1$ и $P_2$ с максимальной температурой приточного воздуха в ТП. 2 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку $P_1$ и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t_{p\text{мин}}$ (на $3^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}$ ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$	1 $t_{p\text{макс}} = \text{const}$ 2 $\varepsilon_{\%} = \text{const}$
5 Зона 7	- Воздухонагреватель 1-го подогрева; - воздухоохладитель	1 Зона 3 2 Зона 5	1 Линия постоянного максимального влагосодержания приточного воздуха в ТП, проведенная через точку $P_1$ . 2 Луч процесса обработки воздуха в воздухоохладителе, проведенный через точку $P_1$ и точку с минимальной температурой поверхности теплообмена $t_{p\text{мин}}$ (на $3^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}$ ниже температуры холодной воды) на линии $\varphi = 100\%$	1 $d_{p1} = \text{const}$ . 2 $\varepsilon_{\%} = \text{const}$
* Приточный вентилятор устанавливается работает в каждой погодной зоне, включая зону 4. ** Описание границ зон опирается на построение на $I-d$ -диаграмме области параметров приточного воздуха $P_1, P_2, P_3, P_4$ по 5.3.				

## 6 Методика расчета потребления теплоты, холода, электроэнергии и воды системами кондиционирования воздуха

6.1 Расчет энергопотребления различными ЦСКВ выполняется для каждого потока энергии и воды в каждой погодной зоне отдельно.

Расчет по вероятностно-статистической модели климата ведется последовательным построчным перебором повторяемостей сочетаний энтальпии и влагосодержания наружного воздуха. Расчет по «типовому» году — для всех часов работы ЦСКВ в году (с учетом режима работы в сутки и числом рабочих дней в году).

С учетом границ погодных зон, указанных в таблицах 1—4, определяют, к какой погодной зоне относится каждое сочетание параметров климата, и по соответствующим ей формулам выполняют расчет энергопотребления ЦСКВ. Продолжительность потребления каждого ресурса определяют по формуле (8) при использовании вероятностно-статистической модели климата или по формуле (9) при использовании «типового» года.

Расходы энергетического ресурса (каждого из: теплоты, холода, электроэнергии, воды), определенные по всем сочетаниям параметров климата в пределах одной погодной зоны, складывают. Полную сумму потребления каждого ресурса определяют сложением потребления этого ресурса во всех погодных зонах.

Вентилятор, перемещающий обрабатываемый воздух, работает при всех сочетаниях параметров климата во всех погодных зонах. Электропотребление вентилятора при каждом сочетании энтальпии и влагосодержания наружного воздуха определяют по формуле

$$N_{\text{вент}} = \frac{GP_{\text{вент}}}{3600\rho_{\text{в}}\eta_{\text{вент}}} \tau, \quad (10)$$

где  $G$  — расход воздуха в ЦСКВ, кг/ч;

$P_{\text{вент}}$  — аэродинамическое сопротивление вентиляционного тракта, Па;

$\rho_{\text{в}}$  — плотность перемещаемого воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta_{\text{вент}}$  — коэффициент полезного действия вентилятора ЦСКВ;

$\tau$  — время работы ЦСКВ при рассматриваемом сочетании параметров климата, определяемое по формулам (8), (9).

Ниже рассмотрено теплотребление, холодопотребление, электропотребление и водопотребление рассматриваемыми ЦСКВ при сочетаниях параметров наружного воздуха, относящихся ко всем погодным зонам. Расчет электропотребления основным вентилятором ЦСКВ при каждом сочетании параметров климата далее не повторяется. Так как в погодной зоне 4 работает только вентилятор, зону 4 далее не рассматривают.

6.2 В погодной зоне 1 (рисунки 1—3) определяют:

- теплотребление на нагрев воздуха в ЦСКВ со 2-м подогревом в первой ступени нагрева по формуле

$$q_{\tau_1} = 0,278G(i_{O_x} - i_n)\tau; \quad (11)$$

во второй ступени нагрева по формуле

$$q_{\tau_2} = 0,278G(i_{П_3} - i_{O_x})\tau; \quad (12)$$

- теплотребление на нагрев воздуха в ЦСКВ с байпасом, ЦСКВ с пароувлажнителем

$$q_{\tau} = 0,278G(i_{П_3} - i_n)\tau; \quad (13)$$

- электропотребление насосом в обвязке воздухонагревателя 1-го подогрева в ЦСКВ со 2-м подогревом, ЦСКВ с байпасом, ЦСКВ с пароувлажнителем

$$N_{\text{нас}_1} = \frac{G_f P_{\text{гидр}_1}}{3600\rho_1\eta_{\text{нас}_1}} \tau; \quad (14)$$

- водопотребление сотового увлажнителя в ЦСКВ со 2-м подогревом и ЦСКВ с байпасом

$$w_{\text{в}} = (1 + f_w)G(d_{П_3} - d_n) \cdot 10^{-3} \tau; \quad (15)$$

- электропотребление насосом в обвязке сотового увлажнителя в ЦСКВ со 2-м подогревом и ЦСКВ с байпасом

$$N_{\text{нас2}} = \frac{w_n P_{\text{гидр2}}}{3600 \rho_2 \eta_{\text{н2}}} \tau; \quad (16)$$

- паропотребление в ЦСКВ с пароувлажнителем

$$w_n = G(d_{\text{п3}} - d_n) \cdot 10^{-3} \tau; \quad (17)$$

- электропотребление на выработку пара

$$N_n = 0,278 w_n r \tau; \quad (18)$$

где  $G$ ,  $\tau$  — то же, что в формуле (10);

$G_1$  — массовый расход теплоносителя в воздухонагревателе соответствующего ЦСКВ при рассматриваемом сочетании параметров наружного воздуха, кг/ч;

$i_{\text{ок}}, i_n, i_{\text{п3}}$  — энтальпия точки росы в ХП, наружного воздуха, приточного воздуха в точке  $\text{П}_3$  соответственно, кДж/(кг с.в.);

$d_{\text{п3}}, d_n$  — влагосодержание воздуха приточного в точке  $\text{П}_3$  и наружного соответственно, г/(кг с.в.);

$f_w$  — коэффициент отвода засоленной воды из поддона воздухоувлажнителя;

$P_{\text{гидр1}}, P_{\text{гидр2}}$  — гидравлическое сопротивление обвязки воздухонагревателя и увлажнителя соответственно, Па;

$\rho_1, \rho_2$  — плотность перекачиваемой воды насосом воздухонагревателя и увлажнителя соответственно, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta_{\text{н1}}, \eta_{\text{н2}}$  — коэффициент полезного действия насоса в обвязке воздухонагревателя и увлажнителя соответственно;

$q_{\tau_1}, q_{\tau_2}, q_{\tau}$  — потребление теплоты на нагрев воздуха в 1-й и 2-й ступенях нагрева для ЦСКВ со 2-м подогревом и в воздухонагревателе ЦСКВ с байпасом и пароувлажнителем, кВт·ч, за время работы при рассматриваемом сочетании параметров климата;

$N_{\text{нас1}}, N_{\text{нас2}}, N_n$  — электропотребление насосами соответственно в обвязке воздухонагревателя и сотового увлажнителя, а также на выработку пара, кВт·ч, за время работы ЦСКВ при рассматриваемом сочетании параметров климата;

$w_w$  — водопотребление, кг, за время работы ЦСКВ при рассматриваемом сочетании параметров климата;

$w_n$  — паропотребление, кг, за время работы ЦСКВ при рассматриваемом сочетании параметров климата;

$r$  — удельная теплота парообразования, принимаемая в зависимости от температуры парообразования (по паспорту пароувлажнителя) при температуре 60 °С  $r = 2360$  кДж/кг, при 70 °С  $r = 2333$  кДж/кг, при 80 °С  $r = 2308$  кДж/кг, при 90 °С  $r = 2282$  кДж/кг, при 100 °С  $r = 2257$  кДж/кг.

6.3 Погодная зона 2 для ЦСКВ со 2-м подогревом (рисунок 1) и ЦСКВ с байпасом (рисунок 2) делится на две подзоны: 2а и 2б.

Для ЦСКВ со 2-м подогревом сначала находят энтальпию  $i$ , кДж/(кг с.в.), воздуха с параметрами, определяемыми пересечением линии постоянного влагосодержания точки  $\text{П}_3$  и линии предельного значения относительной влажности после блока увлажнения по 4.10. Если  $i_n \leq i$ , то параметры наружного воздуха соответствуют подзоне 2а, для которой определяются водопотребление сотовым увлажнителем по формуле

$$w_w = (1 + f_w) G(d_{\text{он}} - d_n) \cdot 10^{-3} \tau; \quad (19)$$

- потребление теплоты на нагрев воздуха во второй ступени нагрева по формуле

$$q_{\tau_2} = 0,278 G(i_{\text{п3п4}} - i_n) \tau. \quad (20)$$

Если  $i_n < i_{\text{п3}}$  для ЦСКВ с байпасом, то параметры наружного воздуха соответствуют подзоне 2а, для которой определяется потребление воды в сотовом увлажнителе по формуле

$$w_w = (1 + f_w) G(d_{\text{п2п3}} - d_n) \cdot 10^{-3} \tau. \quad (21)$$

Расход электроэнергии насосом в обвязке сотового увлажнителя для ЦСКВ со 2-м подогревом и ЦСКВ с байпасом определяется по формуле (14).

В подзоне 2б для ЦСКВ со 2-м подогревом определяют:

- потребление воды в сотовом увлажнителе по формуле (15);

- потребление теплоты на нагрев воздуха во второй ступени нагрева по формуле

$$q_{\tau_2} = 0,278G(i_{\Pi_1\Pi_4} - i_{\Pi})\tau. \quad (22)$$

Для ЦСКВ с байпасом расход воды в сотовом увлажнителе определяется по формуле

$$w_{\Pi} = (1 + f_w)G(d_{\Pi_1\Pi_2} - d_{\Pi}) \cdot 10^{-3} \tau, \quad (23)$$

где  $w_{\Pi}$ ,  $f_w$ ,  $G$ ,  $d_{\Pi}$ ,  $i_{\Pi}$ ,  $\tau$ ,  $q_{\tau_2}$  — то же, что и в формулах (10), (12), (14);

$d_{O_{\Pi}}$  — влагосодержание точки росы в переходный период года, г/(кг с.в.), определяемое пересечением линий постоянной энтальпии наружного воздуха и линии относительной влажности 90 % по 4.11;

$i_{\Pi_3\Pi_4}$  — энтальпия приточного воздуха, кДж/(кг с.в.), рассчитываемая по формуле (3) исходя из температуры точек  $\Pi_3$  и  $\Pi_4$  и влагосодержания точки росы в переходный период года  $d_{O_{\Pi}}$ , кДж/кг;

$d_{\Pi_2\Pi_3}$  — влагосодержание воздуха, г/(кг с.в.), с параметрами, описываемыми на  $I-d$ -диаграмме линией, соединяющей точки  $\Pi_2$  —  $\Pi_3$ , и энтальпией наружного воздуха  $i_{\Pi}$ ; определяют по формуле (6) исходя из известной энтальпии наружного воздуха, точки  $\Pi_2$ , из которой исходит линия  $\Pi_2$  —  $\Pi_3$  тепловлажностного отношения, кДж/(кг влаги), изменения параметров воздуха в помещении:

$$\varepsilon_x = \frac{i_{\Pi_2} - i_{\Pi_3}}{d_{\Pi_2} - d_{\Pi_3}} \cdot 1000; \quad (24)$$

Здесь  $\varepsilon_x$  — тепловлажностное отношение линии, соединяющей точки  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , кДж/кг;

$i_{\Pi_2}$  и  $i_{\Pi_3}$  — энтальпия воздуха с состоянием в точках  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , кДж/(кг с.в.);

$d_{\Pi_2}$  и  $d_{\Pi_3}$  — влагосодержание воздуха с состоянием в точках  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , кДж/(кг с.в.);

$i_{\Pi_1\Pi_4}$  — энтальпия воздуха, кДж/(кг с.в.), с параметрами, описываемыми на  $I-d$ -диаграмме изотермой, соединяющей точки  $\Pi_3$  —  $\Pi_4$ , и влагосодержанием точки росы в переходный период года  $d_{O_{\Pi}}$ , г/(кг с.в.), определяют по формуле (3);

$d_{\Pi_1\Pi_2}$  — влагосодержание воздуха, г/(кг с.в.), с температурой точек  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  и энтальпией наружного воздуха  $i_{\Pi}$ . Определяют по формуле (6) исходя из известной энтальпии наружного воздуха, точки  $\Pi_1$ , из которой исходит линия тепловлажностного отношения изменения параметров воздуха  $\Pi_1$  —  $\Pi_2$ :

$$\varepsilon = \frac{i_{\Pi_1} - i_{\Pi_2}}{d_{\Pi_1} - d_{\Pi_2}} \cdot 1000. \quad (25)$$

Электропотребление насосом в обвязке сотового увлажнителя для ЦСКВ со 2-м подогревом и ЦСКВ с байпасом определяют по формуле (16).

В зоне 2 у ЦСКВ с паровлажителем расход пара определяют по формуле

$$w_{\Pi} = G(d_{\Pi_2\Pi_3} - d_{\Pi}) \cdot 10^{-3} \tau, \quad (26)$$

где  $d_{\Pi_2\Pi_3}$  — влагосодержание воздуха, г/(кг с.в.), с параметрами, описываемыми на  $I-d$ -диаграмме линией, соединяющей точки  $\Pi_2$  —  $\Pi_3$ , и температурой наружного воздуха  $t_{\Pi}$ , определяют по формуле (7), тепловлажностное отношение линии  $\Pi_2$  —  $\Pi_3$  рассчитывают по формуле (24);

$i_{\Pi_1\Pi_4}$  — энтальпия воздуха, кДж/(кг с.в.), с параметрами, описываемыми на  $I-d$ -диаграмме линией, соединяющей точки  $\Pi_3$  —  $\Pi_4$ , и влагосодержанием точки росы в переходный период года  $d_{O_{\Pi}}$ , г/(кг с.в.).

Электропотребление парогенератора на выработку пара рассчитывают по формуле (18).

6.4 Погодная зона 3 для всех рассматриваемых ЦСКВ делится на подзоны: 3а и 3б по линии  $d_{п4} = \text{const}$ . Если  $d_n \leq d_{п4}$  (подзона 3а), то теплотребление воздухонагревателя определяют по следующим формулам:

- при ЦСКВ со вторым подогревом в воздухонагревателе второго подогрева:

$$q_{т2} = 0,278G(i_{п3п4} - i_n)\tau; \quad (27)$$

- при ЦСКВ с байпасом, с парувлажнителем, без увлажнителя:

$$q_t = 0,278G(i_{п3п4} - i_n)\tau. \quad (28)$$

Если  $d_n > d_{п4}$  (подзона 3б), потребление теплоты в воздухонагревателе определяют по формулам:

- при ЦСКВ со вторым подогревом в воздухонагревателе второго подогрева:

$$q_{т2} = 0,278G(i_{п1п4} - i_n)\tau; \quad (29)$$

- при ЦСКВ с байпасом, с парувлажнителем, без увлажнителя:

$$q_t = 0,278G(i_{п1п4} - i_n)\tau. \quad (30)$$

где  $q_{т2}$ ,  $q_t$ ,  $G$ ,  $i_n$  — то же, что и в формулах (10), (12), (14);

$i_{п3п4}$  — то же, что в формуле (20);

$i_{п1п4}$  — то же, что в формуле (22).

6.5 В погодной зоне 5 для ЦСКВ со вторым подогревом определяют:

- холодопотребление по формуле

$$q_x = 0,278G(i_n - i_{от})\tau; \quad (31)$$

- водопотребление в сотовом увлажнителе

$$w_n = (1 + f_w)G(d_{п1} - d_n) \cdot 10^{-3} \tau; \quad (32)$$

- электропотребление насосом сотового увлажнителя по формуле (15);

- теплотребление воздухонагревателем второй ступени:

$$q_{т2} = 0,278G(i_{п1} - i_{от})\tau. \quad (33)$$

Для ЦСКВ с байпасом определяют:

- потребление холода по формуле

$$q_x = 0,278G(i_n - i_{п1})\tau; \quad (34)$$

- потребление воды в сотовом увлажнителе по формуле (32);

- потребление электроэнергии насосом сотового увлажнителя по формуле (15).

Для ЦСКВ с парувлажнителем, если  $d_n \leq d_{п2}$  (подзона 5а), определяют:

- потребление холода по формуле

$$q_x = 0,278G(i_n - i_{п2п3})\tau. \quad (35)$$

Если  $d_n > d_{п2}$  (подзона 5б), определяют потребление холода по формуле

$$q_x = 0,278G(i_n - i_{п1п2})\tau. \quad (36)$$

Для ЦСКВ без увлажнителя определяют:

- потребление холода по формуле (36),

где  $q_{т2}$ ,  $q_t$ ,  $G$ ,  $i_n$  — то же, что в формулах (10), (12), (13);

$q_x$  — потребление холода соответствующей ЦСКВ в соответствующей погодной подзоне по одной из формул (31), (34), (35), (36), кВтч;

$i_{от}$  — энтальпия, кДж/(кг с.в.), точки росы в теплый период года для ЦСКВ со вторым подогревом;

$i_{п1}$  — энтальпия, кДж/(кг с.в.), приточного воздуха с параметрами точки  $П_1$ ;

$i_{\Pi_1\Pi_2}$  — энтальпия, кДж/(кг с.в.), воздуха, определяемая по формуле (3) исходя из температуры изотермы  $\Pi_1$  —  $\Pi_2$  и влагосодержания наружного воздуха  $d_n$ ;

$i_{\Pi_2\Pi_3}$  — энтальпия, кДж/(кг с.в.), воздуха с параметрами точки на пересечении линий тепло-влажностных отношений процессов изменения состояния воздуха от  $\Pi_1$  до  $\Pi_2$ :

$$\varepsilon_{\Pi_1 - \Pi_2} = \frac{i_{\Pi_1} - i_{\Pi_2}}{d_{\Pi_1} - d_{\Pi_2}} \cdot 1000; \quad (37)$$

и от точки с параметрами наружного воздуха до точки  $K_o$  (см. исходные данные):

$$\varepsilon_n \cdot K_o = \frac{i_n - i_{K_o}}{d_n - d_{K_o}} \cdot 1000; \quad (38)$$

определяют по формуле (3) исходя из известной температуры точек  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  и влагосодержания воздуха в точке пересечения указанных линий, которое находят по формуле

$$d = \frac{1000(i_{\Pi_1} - i_n) + \varepsilon_n \cdot K_o \cdot d_n - \varepsilon_{\Pi_1 - \Pi_2} \cdot d_{\Pi_1}}{\varepsilon_n \cdot K_o - \varepsilon_{\Pi_1 - \Pi_2}}; \quad (39)$$

здесь  $i_{\Pi_1}$ ,  $i_{\Pi_2}$  — энтальпия, кДж/(кг с.в.), приточного воздуха с параметрами точек  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ ;

$d_{\Pi_1}$ ,  $d_{\Pi_2}$  — влагосодержание, кДж/(кг с.в.), приточного воздуха с параметрами точек  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ ;

$i_n$  — то же, что в формуле (10);

$d_n$ ,  $d_{K_o}$  — влагосодержание воздуха с параметрами наружного воздуха и точки  $K_o$  на линии насыщения при  $\varphi = 100\%$  и при средней температуре поверхности стенки воздухоохладителя, г/(кг с.в.);

$\varepsilon_{\Pi_1 - \Pi_2}$ ,  $\varepsilon_n \cdot K_o$  — значения тепловлажностных отношений процессов от  $\Pi_1$  до  $\Pi_2$  и от точки с параметрами наружного воздуха до точки  $K_o$ , кДж/(кг влаги).

Электропотребление компрессором холодильной машины ЦСКВ со вторым подогревом, ЦСКВ с байпасом, ЦСКВ с пароувлажнителем, ЦСКВ без увлажнителя определяют по формуле

$$N_x = \frac{q_x}{\eta_x} \left( 1 + \frac{N_{в.к}^{\text{мощ}} + N_{\text{нас.в.о}}^{\text{мощ}}}{N_{\text{компр}}^{\text{мощ}}} \right); \quad (40)$$

— электропотребление вентилятором охлаждения конденсатора при воздухоохлаждаемой холодильной машине.

$$N_{в.к} = \frac{G_c P_c}{3600 \rho_{в.к} \eta_{в.к}} \tau; \quad (41)$$

— электропотребление насосом охлаждения конденсатора при водоохлаждаемой холодильной машине:

$$N_{\text{нас}3} = \frac{W_{н.к} P_{гидр3}}{3600 \rho_3 \eta_{н3}} \tau; \quad (42)$$

— электропотребление насосом в контуре испаритель — воздухоохладитель:

$$N_{\text{нас}4} = \frac{W_{н.к} P_{гидр4}}{3600 \rho_4 \eta_{н4}} \tau; \quad (43)$$

где  $\tau$  — то же, что в формулах (8), (9);

$N_x$  — потребление электроэнергии компрессором холодильной машины, кВт·ч;

$q_x$  — потребление холода соответствующей ЦСКВ в соответствующей погодной подзоне по одной из формул (31), (34), (35), (36), кВт·ч;

$N_{\text{нас.в.о}}^{\text{мощ}}$  — мощность потребления электроэнергии вентилятором (или насосом) охлаждения конденсатора, кВт;

$N_{в.к}^{\text{мощ}}$  — мощность потребления электроэнергии насосом контура испаритель — воздухоохладитель, кВт;

$N_{\text{компр}}^{\text{мощ}}$  — мощность потребления электроэнергии компрессором холодильной машины, кВт;

$\eta_x$  — коэффициент полезного действия компрессора холодильной машины;

- $N_{в.к}$  — потребление электроэнергии вентиляторами охлаждения конденсатора воздухоохлаждаемой холодильной машины, кВтч;
- $G_{в}$  — расход воздуха в вентиляторах охлаждения конденсатора холодильной машины, кг/ч;
- $P_{в}$  — аэродинамическое сопротивление воздушного тракта вентиляторов охлаждения конденсатора холодильной машины, Па;
- $\rho_{в.к}$  — плотность воздуха, перемещаемого вентиляторами охлаждения конденсатора холодильной машины, кг/м<sup>3</sup>;
- $\eta_{в.к}$  — коэффициент полезного действия вентиляторов охлаждения конденсатора холодильной машины;
- $N_{нас3}$  — потребление электроэнергии насосом охлаждения конденсатора водоохлаждаемой холодильной машины, кВтч;
- $w_{н.к}$  — расход жидкости в насосе охлаждения конденсатора водоохлаждаемой холодильной машины, кг/ч;
- $P_{гидр3}$  — гидравлическое сопротивление обвязки насоса охлаждения конденсатора холодильной машины, Па;
- $\rho_3$  — плотность жидкости, перемещаемой насосом охлаждения конденсатора холодильной машины, кг/м<sup>3</sup>;
- $\eta_{н3}$  — коэффициент полезного действия насоса охлаждения конденсатора холодильной машины;
- $N_{нас4}$  — потребление электроэнергии насосом в контуре испаритель — воздухоохладитель, кВтч;
- $w_{н.и}$  — расход воды, перемещаемой насосом в контуре испаритель — воздухоохладитель, кг/ч;
- $P_{гидр4}$  — гидравлическое сопротивление обвязки насоса в контуре испаритель — воздухоохладитель, Па;
- $\rho_4$  — плотность воды, перемещаемой насосом в контуре испаритель — воздухоохладитель, кг/м<sup>3</sup>;
- $\eta_{н4}$  — коэффициент полезного действия насоса в контуре испаритель — воздухоохладитель.

6.6 В погодной зоне 6 для ЦСКВ со вторым подогревом определяют:

- потребление холода по формуле (30);

- потребление теплоты воздухонагревателем второй ступени по формуле (33).

Для ЦСКВ с байпасом определяют:

- потребление холода по формуле (34).

Электропотребление компрессором ЦСКВ со вторым подогревом и ЦСКВ с байпасом определяют по формуле (40), насосом охлаждения конденсатора при водоохлаждаемой холодильной машине — по формуле (41), насосом охлаждения конденсатора при водоохлаждаемой холодильной машине — по формуле (42), насосом в контуре испаритель — воздухоохладитель — по формуле (43).

6.7 В погодной зоне 7 для ЦСКВ со вторым подогревом определяют:

- теплотребление в воздухонагревателе первой ступени по формуле

$$q_{т1} = 0,278G(i_{к_0} - i_n); \quad (44)$$

- электропотребление насосом в обвязке воздухонагревателя первого подогрева по формуле (14);

- холодопотребление по формуле

$$q_x = 0,278G(i_{к_0} - i_{от}); \quad (45)$$

- теплотребление в воздухонагревателе второй ступени по формуле (33).

Для ЦСКВ с байпасом, ЦСКВ с пароувлажнителем, ЦСКВ без увлажнения определяют:

- теплотребление в воздухонагревателе по формуле (44);

- электропотребление насосом в обвязке воздухонагревателя по формуле (14);

- холодопотребление по формуле

$$q_x = 0,278G(i_{к_0} - i_{п1}), \quad (46)$$

где  $q_x$  — потребление холода соответствующей ЦСКВ по одной из формул (45), (46), кВтч;

$i_{к_0}$  — энтальпия воздуха с параметрами точки  $K_0$ , кДж/(кг с.в.);

$i_n$  — энтальпия наружного воздуха, кДж/(кг с.в.);

$i_{от}$  — энтальпия воздуха с параметрами точки росы теплого периода, кДж/(кг с.в.);

$i_{п1}$  — энтальпия воздуха с параметрами приточного в точке  $P_1$ , кДж/(кг с.в.).

Электропотребление компрессором ЦСКВ со вторым подогревом, ЦСКВ с байпасом, ЦСКВ с пароувлажнителем, ЦСКВ без увлажнителя определяют по формуле (40), насосом охлаждения конденсатора при водоохлаждаемой холодильной машине — по формуле (41), насосом охлаждения конденсатора при водоохлаждаемой холодильной машине — по формуле (42), насосом в контуре испаритель — воздухоохладитель — по формуле (43).

6.8 В погодной зоне 8 для ЦСКВ с пароувлажителем определяют:

- потребление холода по формуле (36);
- потребление электроэнергии компрессором по формуле (31);
- паропотребление по формуле

$$w_n = G(d_{n_2} - d_n) \cdot 10^{-3} \tau; \quad (47)$$

- электропотребление на выработку пара по формуле (18),

где  $G$ ,  $\tau$  — то же, что в формуле (10);

$d_{n_2}$  — влагосодержание приточного воздуха, соответствующего точке  $П_2$ , г/(кг с.в.);

$d_n$  — влагосодержание наружного воздуха, г/(кг с.в.).

Электропотребление компрессором ЦСКВ с пароувлажителем определяют по формуле (40), насосом охлаждения конденсатора при водоохлаждаемой холодильной машине — по формуле (41), насосом охлаждения конденсатора при водоохлаждаемой холодильной машине — по формуле (42), насосом в контуре испаритель — воздухоохладитель — по формуле (43).



Приложение А  
(справочное)

Повторяемости сочетаний энгалгии и влагосодержания наружного воздуха  
в г. Москве за год (вероятностно-статистическая модель климата)

Таблица А.1 — Повторяемости сочетаний энгалгии и влагосодержания наружного воздуха в г. Москве за год с 8 до 20 часов (вероятностно-статистическая модель климата)

Энгалгия, °Дж/кг	Влагосодержание, г/кг																		Сум- ма, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,005	0	0,007
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0,002	0	0,004
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,002	0,007	0,002	0,013
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,014	0,014	0,009	0,002	0,048
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,011	0,018	0,050	0,022	0	0	0,101
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,007	0,027	0,055	0,056	0,021	0,003	0	0	0,171
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,011	0,016	0,052	0,084	0,057	0,013	0	0	0	0,233
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,014	0,039	0,095	0,137	0,045	0,010	0	0	0	0,347
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,030	0,133	0,200	0,115	0,031	0	0	0	0	0,514
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,007	0,066	0,192	0,222	0,107	0,016	0	0	0	0	0,612
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,069	0,219	0,346	0,211	0,087	0	0	0	0	0	0,937
57	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,030	0,170	0,314	0,346	0,159	0,033	0	0	0	0	0	1,057
55	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,094	0,265	0,443	0,325	0,160	0	0	0	0	0	0	1,305
53	0	0	0	0	0	0,002	0,002	0,046	0,194	0,472	0,472	0,329	0,084	0	0	0	0	0	0	1,591
51	0	0	0	0	0,002	0	0,007	0,100	0,416	0,576	0,439	0,246	0	0	0	0	0	0	0	1,786
49	0	0	0	0	0	0	0,018	0,225	0,586	0,646	0,435	0,110	0	0	0	0	0	0	0	2,02
47	0	0	0	0	0	0	0,084	0,524	0,740	0,705	0,372	0	0	0	0	0	0	0	0	2,425
45	0	0	0	0	0	0,016	0,237	0,709	0,835	0,605	0,111	0	0	0	0	0	0	0	0	2,513
43	0	0	0	0	0	0,092	0,504	0,851	0,900	0,542	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,889
41	0	0	0	0	0,025	0,306	0,768	0,856	0,843	0,144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,942



Окончание таблицы А.1

Энтальпия, кДж/кг	Влагодержание, г/кг													Сум- ма, %						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
-9	0,473	0,909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,382
-11	1,013	0,118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,131
-13	0,918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,918
-15	0,601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,601
-17	0,401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,401
-19	0,297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,297
-21	0,170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17
-23	0,114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,114
-25	0,072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,072
-27	0,026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026
-29	0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,018
-31	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002
Сумма, %	4,449	11,564	14,042	14,748	10,476	7,311	7,292	6,996	6,148	5,488	4,213	2,928	2,089	1,221	0,645	0,273	0,084	0,026	0,004	100

Таблица А.2 — Повторяемости сочетаний энтальпии и влагодержания наружного воздуха в г. Москве за год с 9 до 18 часов (вероятностно-статистическая модель климата)

Энтальпия, кДж/кг	Влагодержание г/кг													Сум- ма, %					
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,005	0	0,008
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0	0,003	0	0,006
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,003	0,006	0,003	0,015
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,011	0,014	0,017	0,008	0,002	0,052
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0,021	0,053	0,023	0	0	0,111
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,005	0,032	0,065	0,061	0,021	0,002	0	0,189
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,015	0,02	0,064	0,087	0,055	0,012	0	0	0,253
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,015	0,04	0,099	0,146	0,043	0,009	0	0	0,361



Окончание таблицы А.2

Энтальпия, кДж/кг	Благодержание, г/кг																		Сум- ма, %		
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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	
15	13	0	0,03	0,429	1,155	1,866	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,479	
13	11	0	0,04	0,634	2,552	1,594	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,82
11	9	0	0,093	0,977	4,271	0,037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,378
9	7	0	0,138	1,444	2,831	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,413
7	5	0	0,213	2,589	0,937	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,739
5	3	0	0,303	3,097	0,014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,414
3	1	0,003	0,634	2,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,227
1	-1	0,002	1,367	1,597	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,966
-1	-3	0,02	2,382	0,195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,597
-3	-5	0,052	2,216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,268
-5	-7	0,111	1,743	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,854
-7	-9	0,179	1,442	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,621
-9	-11	0,487	0,856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,343
-11	-13	1,022	0,105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,127
-13	-15	0,879	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,879
-15	-17	0,575	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,575
-17	-19	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38
-19	-21	0,268	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,268
-21	-23	0,161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,161
-23	-25	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106
-25	-27	0,067	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,067
-27	-29	0,026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026
-29	-31	0,017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,017
-31	-33	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002
Сумма, %		4,357	11,578	14,151	14,767	10,49	7,375	7,321	6,98	6,157	5,455	4,168	2,916	2,063	1,199	0,636	0,277	0,088	0,024	0,005	100

Т а б л и ц а А.3 — Повторяемости сочетаний энталпии и влагосодержания наружного воздуха в г. Москве за год с 7 до 15 часов (вероятностно-статистическая модель климата)

Энтальпия, кДж/кг	Влагосодержание, г/кг																		Сум ма, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,003	0	0,005
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0,002	0	0,004
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,002	0,002	0,002	0,009
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,007	0,014	0,007	0	0,035
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,014	0,038	0,026	0	0	0,087
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0,002	0	0,026	0,046	0,055	0,024	0	0	0,153
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,017	0,01	0,017	0,051	0,072	0,051	0,007	0	0	0,208
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,009	0,022	0,074	0,13	0,033	0,005	0	0	0	0,278
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,015	0,108	0,169	0,103	0,027	0	0	0	0	0,422
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,005	0,041	0,166	0,196	0,102	0,01	0	0	0	0	0,523
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,044	0,183	0,322	0,253	0,055	0	0	0	0	0	0,859
57	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,022	0,125	0,254	0,356	0,153	0,026	0	0	0	0	0	0,938
55	0	0	0	0	0	0	0	0,015	0,048	0,204	0,437	0,336	0,157	0	0	0	0	0	0	1,197
53	0	0	0	0	0	0,003	0,003	0,036	0,147	0,38	0,459	0,341	0,09	0	0	0	0	0	0	1,459
51	0	0	0	0	0	0,002	0	0,007	0,074	0,308	0,499	0,43	0,295	0	0	0	0	0	0	1,615
49	0	0	0	0	0	0	0,005	0,171	0,499	0,642	0,453	0,127	0	0	0	0	0	0	0	1,897
47	0	0	0	0	0	0	0,05	0,418	0,647	0,734	0,435	0	0	0	0	0	0	0	0	2,284
45	0	0	0	0	0	0,01	0,156	0,623	0,801	0,682	0,141	0	0	0	0	0	0	0	0	2,413
43	0	0	0	0	0	0,063	0,385	0,815	0,991	0,638	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,892
41	0	0	0	0	0	0,012	0,217	0,631	0,989	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9
39	0	0	0	0	0	0,074	0,361	0,804	0,79	0,813	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,842
37	0	0	0	0	0,021	0,185	0,565	0,882	1,105	0,287	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,045
35	0	0	0	0	0,022	0,258	0,754	0,938	0,933	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,905

Продолжение таблицы А 3

Энтальпия, кДж/кг	Влагосодержание, г/кг																		Сум- мар, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
33	31	0	0	0,003	0,096	0,388	0,841	1,229	0,399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,956
31	29	0	0	0,015	0,161	0,515	1,001	1,19	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,886
29	27	0	0	0,046	0,344	0,828	1,025	0,653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,896
27	25	0	0	0,106	0,418	0,725	1,294	0,035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,578
25	23	0	0	0,005	0,159	0,574	1,014	0,874	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,626
23	21	0	0	0,017	0,308	0,663	1,375	0,221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,584
21	19	0	0,002	0,068	0,394	0,948	1,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,632
19	17	0	0	0,094	0,626	1,413	0,645	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,778
17	15	0	0,005	0,214	0,768	1,994	0,096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,077
15	13	0	0,021	0,33	1,082	2,076	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,509
13	11	0	0,024	0,493	2,48	1,789	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,786
11	9	0	0,062	0,755	4,583	0,045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,445
9	7	0	0,086	1,267	3,167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,52
7	5	0	0,144	2,487	1,128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,759
5	3	0	0,217	3,203	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,445
3	1	0,002	0,467	2,826	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,295
1	-1	0	1,163	1,826	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,989
-1	-3	0,01	2,331	0,253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,594
-3	-5	0,031	2,299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,33
-5	-7	0,078	1,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,928
-7	-9	0,125	1,581	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,706
-9	-11	0,404	0,975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,379
-11	-13	1,071	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,221
-13	-15	0,974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,974

28 Окончание таблицы А.3

Энтальпия, кДж/кг	Влагодержание, г/кг																		Сум- ма, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
-15	0,777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,777
-17	0,453	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,453
-19	0,379	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,379
-21	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,21
-23	0,153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,153
-25	0,096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,096
-27	0,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,032
-29	0,034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,034
-31	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004
Сумма, %	4,833	11,377	13,838	14,89	10,564	7,337	7,229	6,968	6,246	5,557	4,148	2,869	2,09	1,178	0,555	0,226	0,08	0,014	0,002	100

Таблица А.4 — Повторяемости сочетаний энтальпии и влагодержания наружного воздуха в г. Москве за год с 15 до 23 часов (вероятностно-статистическая модель климата)

Энтальпия, кДж/кг	Влагодержание, г/кг																		Сум- ма, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,003	0	0,005
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0,002	0	0,004
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,009	0,002	0,013
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,014	0,007	0,007	0,003	0,003	0,038
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,014	0,041	0,012	0,003	0	0,079
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,01	0,015	0,039	0,034	0,018	0,018	0,007	0	0,125
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,007	0,027	0,068	0,068	0,055	0,025	0,001	0	0	0,19
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,012	0,036	0,08	0,1	0,062	0,02	0	0	0	0	0,315
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007	0,029	0,101	0,157	0,113	0,043	0,003	0	0	0	0	0,453
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,059	0,146	0,212	0,109	0,035	0	0	0	0	0	0,566



Продолжение таблицы А.4

Энтальпия, кДж/кг	Влагосодержание, г/кг																		Сум- мар., %
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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	
59	57	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,062	0,169	0,27	0,165	0,158	0	0	0	0	0,829
57	55	0	0	0	0	0	0	0,005	0,022	0,136	0,27	0,313	0,224	0,054	0	0	0	0	1,024
55	53	0	0	0	0	0	0	0,012	0,099	0,207	0,318	0,376	0,283	0	0	0	0	0	1,295
53	51	0	0	0	0	0	0	0,033	0,133	0,375	0,412	0,404	0,124	0	0	0	0	0	1,481
51	49	0	0	0	0,002	0	0,003	0,077	0,35	0,505	0,552	0,351	0	0	0	0	0	0	1,84
49	47	0	0	0	0	0	0,022	0,178	0,465	0,613	0,548	0,144	0	0	0	0	0	0	1,97
47	45	0	0	0	0	0	0,077	0,388	0,629	0,73	0,519	0	0	0	0	0	0	0	2,343
45	43	0	0	0	0	0,014	0,204	0,529	0,9	0,784	0,174	0	0	0	0	0	0	0	2,605
43	41	0	0	0	0	0,077	0,385	0,722	0,823	0,713	0	0	0	0	0	0	0	0	2,72
41	39	0	0	0	0,026	0,248	0,615	0,823	1,019	0,194	0	0	0	0	0	0	0	0	2,925
39	37	0	0	0	0,074	0,382	0,751	0,866	0,849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,922
37	35	0	0	0	0,175	0,587	0,935	1,231	0,319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,264
35	33	0	0	0,003	0,06	0,345	0,651	0,877	0,918	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	2,855
33	31	0	0	0,003	0,106	0,396	0,831	1,221	0,445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,002
31	29	0	0	0,022	0,182	0,504	0,91	1,196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,814
29	27	0	0	0,046	0,338	0,692	1,091	0,712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,879
27	25	0	0	0,11	0,39	0,746	1,311	0,048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,605
25	23	0	0	0,019	0,19	0,547	0,969	0,861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,586
23	21	0	0	0,031	0,367	0,624	1,346	0,206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,574
21	19	0	0,002	0,065	0,396	0,979	1,169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,611
19	17	0	0,003	0,149	0,559	1,378	0,722	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,811
17	15	0	0,009	0,229	0,713	2,064	0,068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,083
15	13	0	0,021	0,322	1,164	1,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,447
13	11	0	0,038	0,527	2,513	1,593	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,671

30 Окончание таблицы А.4

Энтальпия, кДж/кг	Влагосодержание, г/кг																		Сум- ма, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
11 9	0	0,072	0,912	4,451	0,083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,518
9 7	0	0,12	1,354	2,944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,418
7 5	0	0,163	2,786	1,042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,991
5 3	0	0,311	3,098	0,023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,432
3 1	0,002	0,733	2,594	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,329
1 -1	0,003	1,408	1,643	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,054
-1 -3	0,017	2,365	0,218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,6
-3 -5	0,048	2,211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,259
-5 -7	0,105	1,834	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,939
-7 -9	0,222	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,572
-9 -11	0,488	0,906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,394
-11 -13	0,993	0,095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,088
-13 -15	0,944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,944
-15 -17	0,526	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,526
-17 -19	0,396	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,396
-19 -21	0,272	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,272
-21 -23	0,146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,146
-23 -25	0,095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,095
-25 -27	0,048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,048
-27 -29	0,033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,033
-29 -31	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005
-31 -33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сумма, %	4,343	11,641	13,947	14,546	10,301	7,234	7,169	7,046	6,227	5,614	4,336	3,071	2,158	1,296	0,662	0,296	0,089	0,032	0,005	100

Таблица А.5 — Повторяемости сочетаний энthalпии и влагосодержания наружного воздуха в г. Москве за год с 23 до 7 часов (вероятностно-статистическая модель климата)

Энтальпия, кДж/кг	Влагосодержание, г/кг																		Сум- ма, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0	0	0,006
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,003	0	0,006
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,012	0,013	0	0	0,031
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,017	0,053	0	0	0	0,076
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,006	0,026	0,063	0,03	0	0	0	0	0,128
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,047	0,136	0	0	0	0	0	0,201
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,003	0,053	0,129	0,088	0	0	0	0	0	0,276
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,029	0,175	0,347	0	0	0	0	0	0	0,551
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,074	0,477	0,258	0	0	0	0	0	0	0,818
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,013	0,285	0,832	0	0	0	0	0	0	0	1,133
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0,012	0,124	0,755	0,325	0	0	0	0	0	0	0	1,216
47	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,041	0,354	1,189	0	0	0	0	0	0	0	0	1,59
45	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,195	1,22	0,496	0	0	0	0	0	0	0	0	1,929
43	0	0	0	0	0	0	0,003	0,083	0,613	1,617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,316
41	0	0	0	0	0	0	0,006	0,195	1,602	0,639	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,442
39	0	0	0	0	0	0	0,08	0,619	2,277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,976
37	0	0	0	0	0	0,012	0,177	1,86	1,016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,065
35	0	0	0	0	0,003	0,03	0,605	2,475	0,003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,116



Окончание таблицы А.5

Энтальпия, кДж/кг	Влагодержание, г/кг																		Сум. Мг, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
-15	0,927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,927
-17	0,561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,561
-19	0,471	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,471
-21	0,318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,318
-23	0,135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,135
-25	0,119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,119
-27	0,051	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,051
-29	0,033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,033
-31	0,006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006
Сумма, %	5,493	11,247	13,547	14,917	10,345	7,51	7,173	6,718	5,762	3,979	2,834	1,886	0,813	0,31	0,095	0,022	0,003	0	0	100

Таблица А.6— Повторяемости сочетаний энтальпии и влагодержания наружного воздуха в г. Москве за год за сутки в целом (вероятностно-статистическая модель климата)

Энтальпия, кДж/кг	Влагодержание, г/кг																		Сум. Мг, %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,002	0	0,003
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0,001	0	0,002
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,003	0,001	0,006
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,007	0,007	0,005	0,001	0,025
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,009	0,026	0,013	0,001	0	0,055
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,003	0,014	0,029	0,03	0,016	0,002	0	0	0,095
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,008	0,026	0,047	0,035	0,011	0,001	0	0	0,134
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,007	0,019	0,051	0,079	0,035	0,013	0	0	0	0,207
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,015	0,07	0,111	0,078	0,041	0,001	0	0	0	0,318
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,003	0,034	0,106	0,145	0,091	0,025	0	0	0	0	0,405



Окончание таблицы А.6

Энтальпия, кДж/кг	Влагосодержание, г/кг																		Сум- мар., %	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	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
11	0	0,044	0,64	4,863	0,074	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,621	
9	0	0,07	1,139	3,333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,542	
7	0	0,11	2,641	1,271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,022	
5	0	0,2	3,335	0,023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,558	
3	0,001	0,517	2,926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,444	
1	0,001	1,137	1,904	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,042	
-1	0,009	2,332	0,294	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,635	
-3	0,03	2,351	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,381	
-5	0,074	1,899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,973	
-7	0,156	1,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,716	
-9	0,411	0,994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,405	
-11	1,086	0,167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,253	
-13	1,028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,028	
-15	0,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,744	
-17	0,47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47	
-19	0,374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,374	
-21	0,225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,225	
-23	0,128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,128	
-25	0,088	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,088	
-27	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,039	
-29	0,024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,024	
-31	0,003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003	
Сумма, %	4,891	11,423	13,778	14,765	10,402	7,36	7,191	7,121	6,396	5,645	4,153	2,924	2,044	1,096	0,51	0,201	0,063	0,015	0,002	100

**Приложение Б**  
**(справочное)**

**Примеры определения потребления теплоты, холода, электроэнергии и воды за год различными ЦСКВ в г. Москве**

Рассматриваются ЦСКВ с воздухопроизводительностью 10 000 м<sup>3</sup>/ч, обслуживающие офисное помещение в г. Москве с режимом работы от 8 до 20 часов. Продолжительность работы в год 2964 ч. В помещении поддерживается температура воздуха 20 °С — 25 °С и относительная влажность 30 % — 60 %. Технические характеристики оборудования в составе ЦСКВ приняты по данным завода-изготовителя, температурный режим работы ХМ 7 °С — 12 °С, коэффициент отвода  $f_w = 0,3$ , что соответствует воде средней жесткости.

Расчет выполнен на персональном компьютере по вероятностно-статистической модели, приведенной в таблице А.1. Результаты расчетов представлены в таблице Б.1.

Табл. и ца Б.1 — Потребление теплоты, холода, электроэнергии и воды в год в каждой погодной зоне различными ЦСКВ

Номер погодной зоны	Расход теплоты воздухо-нагревателем первого подогрева, кВт·ч/г	Расход теплоты воздухо-нагревателем второго подогрева, кВт·ч/г	Потребляемая электроэнергия насосами воздухо-нагревателя, кВт·ч/г	Расход воды, кг/г	Потребляемая электроэнергия насосом увлажнителя, кВт·ч/г	Расход холода, кВт·ч/г	Потребляемая электроэнергия компрессором, кВт·ч/г	Продолжительность работы в погодной зоне, ч/г
<b>ЦСКВ со 2-м подогревом</b>								
Зона 1	52 346	55 777	217,8	31 266	92,4	—	—	1319,8
Зона 2а	—	4 675	—	5 528	1,1	—	—	239,4
Зона 2б	—	1 792	—	2 120	0,4	—	—	92,0
Зона 3а	—	9 499	—	—	—	—	—	588,9
Зона 3б	—	1 600	—	—	—	—	—	99,3
Зона 4	—	—	—	—	—	—	—	381,8
Зона 5	—	2 329	—	3 429	11,5	2 622	999,6	164,3
Зона 6	—	1 114	—	—	—	3 047	880,5	78,6
Зона 7	0,09	0,84	0,01	—	—	4,62	0,76	0,06
Итого	52 346	76 784	217,8	42 351	105,3	5 674	1 881	2 964
<b>ЦСКВ с байпасом</b>								
Зона 1	94 824	—	250,9	32 831	106,4	—	—	1520,5
Зона 2а	—	—	—	527	2,7	—	—	38,6
Зона 2б	—	—	—	2 573	11,9	—	—	170,5
Зона 3а	7 910	—	97,2	—	—	—	—	588,9
Зона 3б	1 334	—	16,4	—	—	—	—	99,3
Зона 4	—	—	—	—	—	—	—	381,8
Зона 5	—	—	—	1 120	6,0	932	110,4	86,0
Зона 6	—	—	—	—	—	1 358	160,7	44,4
Зона 7	217,6	—	5,7	—	—	840	98,3	34,3
Итого	104 285	—	370,1	37 052	127,1	3 129	369,4	2 964



Окончание таблицы Б.1

Номер погодной зоны	Расход теплоты воздухо-нагревателем первого подогрева, кВт·ч/г	Расход теплоты воздухо-нагревателем второго подогрева, кВт·ч/г	Потребляемая электроэнергия насосами воздухо-нагревателя, кВт·ч/г	Расход воды, кг/г	Потребляемая электроэнергия насосом увлажнителя, кВт·ч/г	Расход холода, кВт·ч/г	Потребляемая электроэнергия компрессором, кВт·ч/г	Продолжительность работы в погодной зоне, ч/г
<b>ЦСКВ с парувлажителем</b>								
Зона 1	75 602	—	151,3	32 758	22 748	—	—	1513,0
Зона 2	—	—	—	400	278	—	—	43,9
Зона 3а	8 790	—	58,9	—	—	—	—	588,9
Зона 3б	454	—	9,9	—	—	—	—	99,3
Зона 4	—	—	—	—	—	—	—	381,8
Зона 5а	—	—	—	—	—	447	56,5	43,7
Зона 5б	—	—	—	—	—	5 903	698,5	258,8
Зона 7	218	—	3,4	—	—	840	98,3	34,3
Зона 8	—	—	—	15	10,7	5	0,6	0,6
Итого	85 063	—	223,6	33 173	23 037	7 225	854	2 964
<b>ЦСКВ без увлажнителя</b>								
Зона 3а	84 392	—	210,2	—	—	—	—	2 102
Зона 3б	454	—	9,9	—	—	—	—	99,3
Зона 4	—	—	—	—	—	—	—	425,7
Зона 5	—	—	—	—	—	6 327	748,8	303,1
Зона 7	218	—	3,4	—	—	840	98,4	34,3
Итого	85 063	—	223,6	—	—	7 167	847	2 964

Ключевые слова: системы, кондиционирование воздуха, расчет, энергопотребление, затраты, теплота, холодопотребление

---

Редактор *Т.Т. Мартынова*  
Технический редактор *В.Н. Прусакова*  
Корректор *Л.С. Лысенко*  
Компьютерная верстка *Е.Е. Кругова*

Сдано в набор 15.01.2016. Подписано в печать 22.01.2016. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.  
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,15. Тираж 40 экз. Зак. 185.