

В.В. Зеликов

**СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА  
ПО ОТОПЛЕНИЮ,  
ВЕНТИЛЯЦИИ  
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЮ**

**Тепловой и воздушный  
баланс зданий**



«Инфра-Инженерия»

**УДК** 697 (031)

**ББК** 38.762

**349**

**ЗЕЛИКОВ В.В.**

З 49 Справочник инженера по отоплению, вентиляции и кондиционированию. - Москва: Инфра-Инженерия, 2011. - 624 с.

ISBN 978-5-9729-0037-4

В справочнике представлены материалы, необходимые для расчета теплового и воздушного баланса жилых и общественных зданий. Подробно рассмотрены инженерные методы расчета теплопотерь, теплопоступлений от солнечной радиации, внутренних выделений теплоты и влаги в помещениях. Приведены теплотехнические характеристики современных строительных материалов. Отдельная глава книги посвящена выбору расчетных параметров наружного воздуха, а также параметров микроклимата и воздухообмена в помещениях зданий различного назначения. В справочнике предпринята попытка собрать всю необходимую информацию, рассеянную по значительному количеству нормативных документов, справочных и периодических изданий.

Справочник адресован специалистам в области проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Книга может быть полезна тем, кто занимается теплотехническими расчетами ограждающих конструкций зданий. Вместе с тем, справочник может использоваться в качестве учебного пособия для преподавателей и студентов высших и средних учебных заведений соответствующих специальностей.

© ЗЕЛИКОВ В.В., автор, 2011

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2011

ISBN 978-5-9729-0037-4

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	6
<b>Глава 1.</b>	
<b>РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА.</b>	
<b>МИКРОКЛИМАТ И ВОЗДУХООБМЕН</b>	
<b>В ПОМЕЩЕНИИ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Влажный воздух .....	9
1.2. Расчетные параметры наружного воздуха .....	15
1.3. Параметры микроклимата в помещении .....	36
1.4. Чистота воздуха и воздухообмен в помещении .....	59
1.5. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях жилых зданий и общежитий .....	64
1.6. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях общественных зданий административного назначения .....	72
1.7. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях предприятий общественного питания .....	79
1.8. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях предприятий бытового обслуживания .....	109
1.9. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях предприятий розничной торговли .....	126
1.10. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях зданий культурно- зрелищных учреждений .....	150
1.11. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях вокзалов .....	170

1.12. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях архивов и библиотек .....	181
1.13. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях дошкольных образовательных учреждений .....	183
1.14. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях учебных заведений .....	190
1.15. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях гостиниц .....	198
1.16. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях зданий и сооружений спортивного назначения .....	204
1.17. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях учреждений здравоохранения .....	224
1.18. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях судов, органов внутренних дел и прокуратуры .....	301
1.19. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях банков .....	312
1.20. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях типографий .....	320
1.21. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях центров обработки данных (вычислительных центрах) .....	326
1.22. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях почты .....	328
1.23. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях предприятий проводной связи (телефонных станций, телеграфа) .....	332
1.24. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях объектов телевидения и радиовещания .....	341
1.25. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в помещениях автостоянок .....	343

1.26. Расчетные параметры микроклимата и воздухообмена в технических помещениях .....	349
--	-----

**Глава 2.**

**ТЕПЛОВОЙ, ВЛАЖНОСТНЫЙ  
И ВОЗДУШНЫЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ ..... 355**

2.1. Тепловой, влажностный и воздушный баланс помещения .....	355
--	-----

2.2. Теплотери .....	376
----------------------	-----

2.3. Теплопоступления от солнечной радиации .....	512
---	-----

2.4. Внутренние тепловыделения в помещении .....	563
--	-----

2.5. Внутренние влаговыведения в помещении .....	603
--	-----

<b>Список литературы .....</b>	<b>615</b>
--------------------------------	------------

## Введение

Данный справочник предназначен для инженеров-строителей, специализирующихся в области проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. В справочнике приведены исходные данные и методика для расчета теплового и воздушного баланса помещений жилых и общественных зданий.

Тепловым режимом здания называется совокупность всех факторов и процессов, определяющих тепловую обстановку в его помещениях. Математической моделью теплового режима здания является система уравнений теплового и воздушного баланса всех его помещений. При этом, под тепловым балансом понимается баланс как явной, так и скрытой теплоты, т.е. баланс влаги (влажностный баланс). Для обеспечения требуемого теплового режима в здании предусматриваются системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Отопление – поддержание в помещениях заданной температуры воздуха, а также температуры внутренних поверхностей ограждающих конструкций (стен, пола, потолка, отопительных приборов).

Вентиляция – организованный обмен воздуха (воздухообмен) в помещениях для обеспечения заданных параметров воздушной среды в помещении. Под параметрами воздушной среды здесь подразумеваются: температура воздуха в помещении, температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций, относительная влажность воздуха в помещении, скорость воздуха в помещении и состав воздуха в помещении (газовый состав и содержание аэрозолей).

Вентиляция может быть естественной (с естественным побуждением) или механической (с механическим или искусственным побуждением). Естественная вентиляция – организованный обмен воздуха в помещениях под действием теплового (гравитационного) и ветрового давления. Механическая вентиляция – организованный обмен воздуха в помещениях под действием давления, создаваемого вентиляторами.

Вентиляцию не следует путать с рециркуляцией, инфильтрацией и эксфильтрацией. Рециркуляция воздуха – подмешивание воздуха помещения к наружному воздуху и подача этой смеси в данное или другие помещения. Рециркуляция

может быть полной (100-процентной), когда в помещение подается только внутренний воздух.

Инфильтрация – неорганизованное поступление воздуха в помещение через неплотности в ограждениях зданий под действием теплового и ветрового давления, а также, возможно, вследствие работы механической вентиляции. Эксфильтрация – понятие обратное инфильтрации. Эксфильтрация – неорганизованное поступление воздуха из помещений в атмосферу через неплотности в ограждениях зданий под действием теплового и ветрового давления, а также, возможно, вследствие работы механической вентиляции.

Кондиционирование воздуха – автоматическое поддержание в помещениях заданных параметров воздушной среды в целях обеспечения комфортного состояния людей или создания благоприятных условий для реализации различных технологических процессов.

Проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха до декабря 2002 года основывалось на строительных нормах и правилах (СНиП), санитарно-эпидемиологических требованиях (СанПиН), государственных стандартах (ГОСТ), московских городских строительных нормах (МГСН), территориальных строительных нормах (ТСН), ведомственных строительных нормах (ВСН), нормах технологического проектирования (ВНТП, ОНТП, НТП) и правилах устройства электроустановок (ПУЭ).

27 декабря 2002 года принят Федеральный закон № 184-ФЗ от 15.12.2002 года “О техническом регулировании”. Согласно принятому закону, на все виды деятельности до 2010 года должны быть разработаны “технические регламенты”. Согласно пункту 1 статьи 46 указанного закона со дня вступления в силу настоящего Федерального закона впредь до вступления в силу соответствующих технических регламентов требования к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации и нормативными документами федеральных органов исполнительной власти, подлежат обязательному исполнению только в части, соответствующей следующим целям:

1) защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

2) охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;

3) предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Таким образом, до выхода “технических регламентов” в строительной деятельности (в том числе при проектировании зданий и сооружений) все СНиПы и другая нормативная литература применяются в основном как рекомендации и подлежат обязательному исполнению только в области требований по безопасности людей, защиты имущества и окружающей среды.

Кроме указанной нормативной литературы, в последние годы выпущен целый ряд рекомендаций и стандартов АВОК – Ассоциации инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике. В данных документах сделана попытка привести отечественные строительные нормы в соответствие с прогрессивными зарубежными нормами. Документы АВОК пока имеют рекомендательный статус.



# ГЛАВА 1

## РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА. МИКРОКЛИМАТ И ВОЗДУХООБМЕН В ПОМЕЩЕНИИ

### 1.1. Влажный воздух

Атмосферный воздух представляет собой смесь газов, водяного пара и различных аэрозолей (туман, дым, пыль и т.п.). Смесь газов, содержащихся в атмосферном воздухе, без водяного пара и аэрозолей называется сухим воздухом. Основными компонентами сухого воздуха являются азот (объемное содержание 78 %) и кислород (около 21 %). Кроме этого, в незначительных количествах (менее 1 %) в воздухе содержатся инертные газы (гелий, аргон, неон, криптон, ксенон, радон), углекислый газ, водород, метан, двуокись серы и озон. Газовый состав сухого воздуха относительно стабилен, однако в зависимости от погоды, времени года, географического положения, высоты местности, природных (газообмен атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы) и антропогенных факторов (загрязнения от транспорта, объектов энергетики и промышленных предприятий и т.п.) возможны небольшие изменения количества некоторых компонентов.

При расчетах инженерных систем зданий атмосферный воздух рассматривается как смесь сухого воздуха и водяных паров. В технической термодинамике смесь сухого воздуха и водяного пара называется влажным воздухом. При расчетах систем отопления, вентиляции и кондиционирования температура воздуха обычно не выходит за пределы интервала от -50 до +50 °С. В указанном температурном диапазоне физические свойства сухого и влажного воздуха определяются на основе уравнений термодинамики идеального газа. Основными физическими параметрами, характеризующими состояние влажного воздуха являются: температура, барометрическое давление, парциальное давление сухого воздуха и водяного пара, влагосодержание, относительная влажность, плотность и удельная энтальпия.

Атмосферное давление  $P_a$  определяется по формуле:

$$P_a = P_6 + \Delta P_a ,$$

где:  $P_6$  – барометрическое давление (Па), определяемое высотой над уровнем моря;  $\Delta P_a$  – надбавка на изменение давления (Па), связанная с погодными условиями (составляет примерно  $\pm 7\%$  от среднего значения атмосферного давления). Барометрическое давление на уровне моря принимается равным 101325 Па. Таким образом, на уровне моря возможный диапазон изменения атмосферного давления лежит в пределах от 94000 до 108000 Па. В технических приложениях надбавкой  $\Delta P_a$  обычно пренебрегают и учитывают только барометрическое давление (т.е. полагают  $P_a \approx P_6$ ).

Барометрическое давление зависит от высоты  $h$  (в метрах) над уровнем моря и определяется по формуле:

$$P_6 = 1,01325 \cdot 10^5 (1 - 2,25577 \cdot 10^{-5} h)^{5,2559} .$$

Значения барометрического давления для различных населенных пунктов приведены в таблице 2 СНиП 23-01-99\* “Строительная климатология”. Для зданий высотой до 100 метров, расположенных на небольшой высоте над уровнем моря, с достаточной для инженерных расчетов степенью точности, можно принять  $P_6 \approx 101325$  Па.

Согласно закону Дальтона барометрическое давление влажного воздуха равно сумме парциальных давлений сухого воздуха и водяного пара. Под парциальным давлением понимают такое давление, которое имел бы газ, входящий в состав смеси, если бы он находился в этом же количестве, в том же объеме и при той же температуре, что и в смеси. Таким образом, для барометрического давления влажного воздуха справедлива следующая формула:

$$P_6 = P_c + P_n ,$$

где:  $P_c$  и  $P_n$  – соответственно парциальное давление сухого воздуха и водяного пара (Па). Парциальное давление сухого воздуха зависит от температуры воздуха, а парциальное давление водяного пара – от температуры воздуха и содержания влаги в нем.

При тепловлажностной обработке и изменении свойств влажного воздуха количество его сухой части остается неизменным, поэтому при рассмотрении состояния воздуха принято его показатели относить к 1 кг сухой части.

Масса (в кг) водяного пара во влажном воздухе, приходящаяся на 1 кг массы сухой его части, называется влагосодержанием влажного воздуха и определяется по формуле:

$$d = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{с}}},$$

где:  $M_{\text{п}}$  и  $M_{\text{с}}$  – соответственно масса (в кг) водяного пара и сухого воздуха в объеме  $V$ .

Парциальное давление сухого воздуха и водяного пара можно выразить через уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона). Для сухого воздуха и водяного пара данные уравнения имеют следующий вид:

$$P_{\text{с}}V = M_{\text{с}}R_{\text{с}}T,$$

$$P_{\text{п}}V = M_{\text{п}}R_{\text{п}}T,$$

где:  $T$  – абсолютная температура воздуха (К);  $V$  – объем воздуха ( $\text{м}^3$ );  $R_{\text{с}}$  и  $R_{\text{п}}$  – соответственно газовые постоянные для сухого воздуха и водяного пара.

Для сухого воздуха  $R_{\text{с}} = 287,055$  Дж/(кг·К); для водяного пара  $R_{\text{п}} = 461,520$  Дж/(кг·К). Абсолютная температура воздуха (в К) определяется по формуле:

$$T = t + 273,15,$$

где  $t$  – температура воздуха в °С.

Используя уравнения состояния идеального газа для сухого воздуха и водяного пара, можно получить следующие выражения для влагосодержания и парциального давления водяного пара:

$$d = 0,622 \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{б}} - P_{\text{п}}},$$

$$P_{\text{п}} = \frac{P_{\text{б}}d}{0,622 + d}.$$

Относительной влажностью воздуха называется отношение парциального давления водяного пара, содержащегося во влажном воздухе при заданной температуре, к парциальному давлению насыщенного водяного пара  $P_n$  (в Па) при той же температуре:

$$\varphi = \frac{P_n}{P_n} \cdot 100\%.$$

С достаточной для инженерных вычислений степенью точности, парциальное давление насыщенного водяного пара (в Па) можно определить по следующим формулам [1]:

$$P_n = 10^3 \cdot e^{\left(\frac{18,74t-115,72}{233,77+0,881t}\right)}$$

для температуры воздуха  $t < 0$  °С;

$$P_n = 10^3 \cdot e^{\left(\frac{16,57t-115,72}{233,77+0,997t}\right)}$$

для температуры воздуха  $t \geq 0$  °С.

Плотностью влажного воздуха  $\rho$  (в кг/м<sup>3</sup>) называется отношение массы влажного воздуха к объему:

$$\rho = \frac{M_c + M_n}{V}.$$

Используя уравнения состояния идеального газа для сухого воздуха и водяного пара, можно получить следующее выражение для плотности влажного воздуха:

$$\rho = \left(\frac{1}{R_c}\right) \frac{P_6}{T} + \left(\frac{1}{R_n} - \frac{1}{R_c}\right) \frac{P_n}{T}.$$

Подставляя в формулу числовые значения газовых постоянных сухого воздуха и водяного пара, получим формулу:

$$\rho = 3,483 \cdot 10^{-3} \frac{P_6}{T} - 1,317 \cdot 10^{-3} \frac{P_n}{T}.$$

Плотность влажного воздуха в диапазоне температур от -50 до +50 °С отличается от плотности сухого воздуха незначительно (не более 5%). Поэтому, с достаточной для инженерных расчетов степенью точности, можно полагать  $\rho \approx \rho_c$ . В результате формула для определения плотности воздуха примет следующий вид:

$$\rho = \left(\frac{1}{R_c}\right) \frac{P_6}{T} = 3,483 \cdot 10^{-3} \frac{P_6}{T}.$$

Удельная энтальпия влажного воздуха  $I$  – это количество теплоты, содержащееся во влажном воздухе при заданных температуре и давлении, отнесенное к 1 кг сухого воздуха. Удельная энтальпия влажного воздуха вычисляется по следующей формуле:

$$I = c_c t + (r + c_{пt})d,$$

где:  $I$  – удельная энтальпия влажного воздуха (Дж/кг);  $t$  – температура воздуха (°С);  $d$  – влагосодержание воздуха (кг/кг);  $c_c$  – теплоемкость сухого воздуха;  $c_{пt}$  – теплоемкость водяного пара;  $r$  – удельная теплота парообразования воды.

В характерном для систем отопления, вентиляции и кондиционирования диапазоне температур (от -50 до +50 °С) теплоемкость воздуха, водяного пара и теплота парообразования воды почти не изменяются (погрешность составляет менее 0,1%). Поэтому, указанные физические величины, с достаточной для инженерных вычислений степенью точности, можно принять постоянными и равными:  $c_c = 1006$  Дж/(кг·°С);  $c_{пt} = 1860$  Дж/(кг·°С);  $r = 2500,64 \cdot 10^3$  Дж/кг. Таким образом, для вычисления удельной энтальпии влажного воздуха в диапазоне температур от -50 до +50 °С рекомендуется следующая формула:

$$I = 1006t + (2500,64 \cdot 10^3 + 1860t)d.$$

Приведенные выше расчетные зависимости позволяют аналитически определить требуемые параметры воздуха при трех заданных. Алгоритмы вычисления параметров влажного воздуха представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Алгоритмы вычисления параметров влажного воздуха

<p><b>Вариант 1.</b> Заданы величины: <math>P_6, t, \varphi</math>. Требуется определить: <math>d</math> и <math>I</math>.</p>	<p><b>Вариант 2.</b> Заданы величины: <math>P_6, t, I</math>. Требуется определить: <math>d</math> и <math>\varphi</math>.</p>
<p>Шаг 1. Определяем <math>P_H</math> при <math>t &lt; 0</math> °C по формуле:</p> $P_H = 10^3 \cdot e^{\left(\frac{18,74t-115,72}{233,77+0,881t}\right)},$ <p>или при <math>t \geq 0</math> °C по формуле:</p> $P_H = 10^3 \cdot e^{\left(\frac{16,57t-115,72}{233,77+0,997t}\right)}.$	<p>Шаг 1. Определяем <math>P_H</math> при <math>t &lt; 0</math> °C по формуле:</p> $P_H = 10^3 \cdot e^{\left(\frac{18,74t-115,72}{233,77+0,881t}\right)},$ <p>или при <math>t \geq 0</math> °C по формуле:</p> $P_H = 10^3 \cdot e^{\left(\frac{16,57t-115,72}{233,77+0,997t}\right)}.$
<p>Шаг 2. Определяем <math>P_H</math> по формуле:</p> $P_H = P_6 \frac{\varphi}{100}.$	<p>Шаг 2. Определяем <math>d</math> по формуле:</p> $d = \frac{I - 1006t}{2500,64 \cdot 10^3 + 1860t}.$
<p>Шаг 3. Определяем <math>d</math> по формуле:</p> $d = 0,622 \frac{P_H}{P_6 - P_H}.$	<p>Шаг 3. Определяем <math>P_H</math> по формуле:</p> $P_H = \frac{P_6 d}{0,622 + d}.$
<p>Шаг 4. Определяем <math>I</math> по формуле:</p> $I = 1006t + (2500,64 \cdot 10^3 + 1860t)d.$	<p>Шаг 4. Определяем <math>\varphi</math> по формуле:</p> $\varphi = \frac{P_H}{P_6} \cdot 100\%.$

## 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха

В соответствии с определениями, приведенными в ГОСТ 30494-96 “Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях” и ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”, при проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха различают два расчетных периода года – холодный и теплый.

Холодный период года – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +8 °С (по определению из ГОСТ 30494-96) или +10 °С (по определению из ГОСТ 12.1.005-88) и ниже.

Теплый период года – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше +8 °С (по определению из ГОСТ 30494-96) или +10 °С (по определению из ГОСТ 12.1.005-88).

При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха расчетные параметры наружного воздуха принимаются по данным из СНиП 23-01-99\* “Строительная климатология”. Для населенных пунктов, данные для которых отсутствуют в СНиП 23-01-99\*, климатические параметры следует принимать по научно-прикладному справочнику по климату СССР, выпуски 1 – 34, Гидрометеиздат, 1987 – 1998 г.

В соответствии с пунктом 5.10 СНиП 41-01-2003 “Отопление, вентиляция и кондиционирование” заданные параметры микроклимата и чистоту воздуха в помещениях жилых, общественных, административно-бытовых и производственных зданий следует обеспечивать в пределах расчетных параметров наружного воздуха для соответствующих районов строительства по СНиП 23-01-99\*: параметров А – для систем вентиляции и воздушного душирования для теплого периода года; параметров Б – для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования для холодного периода года, а также для систем кондиционирования для теплого и холодного периодов года. Параметры наружного воздуха для переходных условий года следует принимать 10°С и удельную энтальпию

26,5 кДж/кг (соответствует относительной влажности воздуха 86 %).

Согласно пункту 5.11 СНиП 41-01-2003 параметры наружного воздуха для зданий сельскохозяйственного назначения, если они не установлены специальными строительными или технологическими нормами, следует принимать: параметры А – для систем вентиляции и кондиционирования для теплого и холодного периодов года; параметры Б – для систем отопления для холодного периода года.

В соответствии с пунктом 5.12 СНиП 41-01-2003 по заданию на проектирование допускается принимать более низкие параметры воздуха в холодный период года и более высокие параметры наружного воздуха в теплый период года.

В соответствии с таблицей 6\* из СНиП 23-01-99\* в качестве расчетных параметров А наружного воздуха в холодный период года принимают следующие климатические параметры (по таблице 1 из СНиП 23-01-99\*): температуру воздуха холодного периода года с обеспеченностью 0,94; среднюю месячную относительную влажность воздуха в 15 часов наиболее холодного месяца; энтальпию воздуха, соответствующую температуре воздуха холодного периода года с обеспеченностью 0,94 и средней месячной относительной влажности воздуха в 15 часов наиболее холодного месяца; максимальную из средних скоростей ветра по румбам за январь (но не менее 1 м/с).

Согласно данным таблицы 6\* из СНиП 23-01-99\* в качестве расчетных параметров А наружного воздуха в теплый период года принимают следующие климатические параметры (по таблице 2 и рисунку 5\* из СНиП 23-01-99\*): температуру воздуха теплого периода года с обеспеченностью 0,95; энтальпию воздуха в соответствии с рисунком 5\* из СНиП 23-01-99\*; относительную влажность воздуха, соответствующую температуре воздуха теплого периода года с обеспеченностью 0,95 и энтальпии, выбранной по рисунку 5\*; минимальную из средних скоростей ветра по румбам за июль (но не менее 1 м/с).

В соответствии с таблицей 6\* из СНиП 23-01-99\* в качестве расчетных параметров Б наружного воздуха в холодный



период года принимают следующие климатические параметры (по таблице 1 из СНиП 23-01-99\*): температуру воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92; среднюю месячную относительную влажность воздуха в 15 часов наиболее холодного месяца; энтальпию воздуха, соответствующую температуре воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 и средней месячной относительной влажности воздуха в 15 часов наиболее холодного месяца; максимальную из средних скоростей ветра по румбам за январь (но не менее 1 м/с).

Согласно данным таблицы 6\* из СНиП 23-01-99\* в качестве расчетных параметров Б наружного воздуха в теплый период года принимают следующие климатические параметры (по таблице 2 и рисунку 6\* из СНиП 23-01-99\*): температуру воздуха теплого периода года с обеспеченностью 0,98; энтальпию воздуха в соответствии с рисунком 6\* из СНиП 23-01-99\*; относительную влажность воздуха, соответствующую температуре воздуха теплого периода года с обеспеченностью 0,98 и энтальпии, выбранной по рисунку 6\*; минимальную из средних скоростей ветра по румбам за июль (но не менее 1 м/с).

Расчет относительной влажности наружного воздуха (параметры А и Б) для теплого периода года и энтальпии наружного воздуха (параметры А и Б) для холодного периода года производится по алгоритмам, приведенным в таблице 1.1 данного справочника.

Расчетные параметры наружного воздуха для холодного и теплого периодов года для некоторых населенных пунктов Российской Федерации представлены в таблице 1.2 (приняты по СНиП 23-01-99\*).

В качестве примера определим расчетные параметры наружного воздуха для теплого и холодного периодов года для города Владивостока (см. пример 1.1). Расчет относительной влажности наружного воздуха (параметры А и Б) для теплого периода года и энтальпии наружного воздуха (параметры А и Б) для холодного периода года произведен по алгоритмам, приведенным в таблице 1.1 данного справочника.

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Абакан	А	-25	75	-	23,8	48,4 – 52,6	-
	Б	-40	75	-	28,1	52,6 – 56,8	-
Анадырь	А	-27	81	11,4	12,6	≤ 40	5,7
	Б	-40	81	11,4	16,5	≤ 44	5,7
Архангельск	А	-18	83	5,9	19,6	43,6 – 48,4	4,0
	Б	-31	83	5,9	24,0	44,0 – 48,4	4,0
Астрахань	А	-12	71	4,8	28,4	56,8 – 61,0	3,6
	Б	-23	71	4,8	32,1	61,0 – 65,0	3,6
Барнаул	А	-23	76	5,9	24,5	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-39	76	5,9	27,7	52,6 – 56,8	1,0

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Белгород	А	-13	84	5,9	23,3	48,4 – 52,6	4,1
	Б	-23	84	5,9	27,4	52,6 – 56,8	4,1
Биробиджан	А	-28	65	-	23,6	56,8 – 61,0	-
	Б	-32	65	-	27,7	61,0 – 65,0	-
Благовещенск	А	-29	64	3,4	24,7	56,8 – 61,0	1,0
	Б	-34	64	3,4	28,1	61,0 – 65,0	1,0
Брянск	А	-14	84	6,3	20,4	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-26	84	6,3	24,7	52,6 – 56,8	1,0
Великий Новгород	А	-14	85	6,6	20,3	43,6 – 48,4	4,0
	Б	-27	85	6,6	24,6	52,6 – 56,8	4,0

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Владивосток	А	-18	58	9,0	21,4	56,8 – 61,0	4,7
	Б	-24	58	9,0	24,5	61,0 – 65,0	4,7
Владикавказ	А	-9	77	3,0	23,0	61,0 – 65,0	1,0
Владимир	А	-16	83	4,5	20,8	48,4 – 52,6	3,3
	Б	-28	83	4,5	25,0	52,6 – 56,8	3,3
Волгоград	А	-14	83	8,1	27,6	52,6 – 56,8	5,2
	Б	-25	83	8,1	31,3	56,8 – 61,0	5,2
Вологда	А	-17	82	6,0	21,2	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-32	82	6,0	25,3	52,6 – 56,8	1,0

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Воронеж	А	-15	76	5,1	24,1	48,4 – 52,6	3,3
	Б	-26	76	5,1	28,6	52,6 – 56,8	3,3
Грозный	А	-9	81	3,5	29,0	61,0 – 65,0	1,0
	Б	-18	81	3,5	31,9	65,0 – 69,0	1,0
Екатеринбург	А	-20	73	5,0	22,0	43,6 – 48,4	4,0
	Б	-35	73	5,0	25,6	48,4 – 52,6	4,0
Иваново	А	-17	84	3,9	20,9	48,4 – 52,6	2,8
	Б	-30	84	3,9	25,1	52,6 – 56,8	2,8
Ижевск	А	-20	80	4,8	22,4	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-34	80	4,8	27,0	52,6 – 56,8	1,0

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Иркутск	А	-26	78	2,9	21,8	48,4 – 52,6	2,2
	Б	-36	78	2,9	25,6	52,6 – 56,8	2,2
Йошкар-Ола	А	-19	82	6,2	21,8	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-34	82	6,2	25,8	52,6 – 56,8	1,0
Казань	А	-18	79	5,7	23,5	48,4 – 52,6	3,8
	Б	-32	79	5,7	27,2	52,6 – 56,8	3,8
Калининград	А	-8	82	5,9	21,2	48,4 – 52,6	4,3
	Б	-19	82	5,9	24,7	52,6 – 56,8	4,3
Калуга	А	-15	83	4,9	21,0	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-27	83	4,9	25,2	52,6 – 56,8	1,0

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Кемерово	А	-24	81	6,8	22,7	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-39	81	6,8	26,8	52,6 – 56,8	1,0
Комсомольск-на-Амуре	А	-31	77	5,7	22,8	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-35	77	5,7	26,9	52,6 – 56,8	1,0
Кострома	А	-17	81	5,8	21,2	48,4 – 52,6	4,2
	Б	-31	81	5,8	25,4	52,6 – 56,8	4,2
Краснодар	А	-7	79	3,2	27,4	56,8 – 61,0	1,0
	Б	-19	79	3,2	31,1	61,0 – 65,0	1,0
Красноярск	А	-22	70	6,2	22,0	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-40	70	6,2	26,2	52,6 – 56,8	1,0 <sup>Б</sup>

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Курган	А	-23	74	-	23,8	48,4 – 52,6	-
	Б	-37	74	-	28,1	52,6 – 56,8	-
Курск	А	-14	78	5,3	21,6	48,4 – 52,6	3,5
	Б	-26	78	5,3	25,8	52,6 – 56,8	3,5
Кызыл	А	-37	69	1,7	24,5	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-47	69	1,7	28,6	52,6 – 56,8	1,0
Липецк	А	-15	84	5,9	23,5	48,4 – 52,6	4,1
	Б	-27	84	5,9	27,5	52,6 – 56,8	4,1
Магадан	А	-22	62	7,3	12,8	40,0 – 43,6	4,3
	Б	-29	62	7,3	16,1	≤ 44	4,3



Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Майкоп	А	-6	72	5,7	26,6	61,0 – 65,0	2,1
	Б	-19	72	5,7	30,6	65,0 – 69,0	2,1
Махачкала	А	-5	79	8,5	26,2	61,0 – 65,0	4,9
	Б	-14	79	8,5	29,0	65,0 – 69,0	4,9
Москва	А	-15	77	4,9	22,6	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-28	77	4,9	26,3	52,6 – 56,8	1,0
Мурманск	А	-16	81	7,5	15,8	43,6 – 48,4	3,8
	Б	-27	81	7,5	21,5	44,0 – 48,4	3,8
Нальчик	А	-9	81	2,5	24,6	61,0 – 65,0	1,0
	Б	-18	81	2,5	28,6	65,0 – 69,0	1,0

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Нарьян-Мар	А	-22	80	6,3	15,2	43,6 – 48,4	5,2
	Б	-37	80	6,3	19,7	44,0 – 48,4	5,2
Нижний Новгород	А	-17	80	5,1	22,4	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-31	80	5,1	26,2	52,6 – 56,8	1,0
Новосибирск	А	-24	77	5,7	22,0	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-39	77	5,7	26,4	52,6 – 56,8	1,0
Омск	А	-24	80	5,1	23,3	48,4 – 52,6	3,7
	Б	-37	80	5,1	27,7	52,6 – 56,8	3,7
Оренбург	А	-20	78	5,5	26,1	48,4 – 52,6	3,9
	Б	-31	78	5,5	30,0	56,8 – 61,0	3,9

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Орёл	А	-15	86	6,5	21,7	48,4 – 52,6	3,9
	Б	-26	86	6,5	25,9	52,6 – 56,8	3,9
Пенза	А	-17	84	5,6	22,9	48,4 – 52,6	-
	Б	-29	84	5,6	27,0	52,6 – 56,8	-
Пермь	А	-20	78	5,2	21,5	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-35	78	5,2	25,3	48,4 – 52,6	1,0
Петрозаводск	А	-16	84	5,9	19,0	43,6 – 48,4	3,2
	Б	-29	84	5,9	22,8	48,4 – 52,6	3,2
Петропавловск-Камчатский	А	-12	66	9,0	14,4	≤ 40	1,0
	Б	-20	66	9,0	19,2	≤ 44	1,0

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Псков	А	-12	81	4,8	21,4	43,6 – 48,4	3,5
	Б	-26	81	4,8	24,7	52,6 – 56,8	3,5
Ростов-на-Дону	А	-11	77	6,5	26,1	52,6 – 56,8	3,6
	Б	-22	77	6,5	30,0	56,8 – 61,0	3,6
Рязань	А	-16	84	7,3	21,7	48,4 – 52,6	4,1
	Б	-27	84	7,3	25,9	52,6 – 56,8	4,1
Салехард	А	-29	84	4,6	16,3	40,0 – 43,6	5,3
	Б	-42	84	4,6	20,8	44,0 – 48,4	5,3
Самара	А	-18	78	5,4	24,6	48,4 – 52,6	3,2
	Б	-30	78	5,4	28,5	52,6 – 56,8	3,2

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Нарьян-Мар	А	-22	80	6,3	15,2	43,6 – 48,4	5,2
	Б	-37	80	6,3	19,7	44,0 – 48,4	5,2
Нижний Новгород	А	-17	80	5,1	22,4	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-31	80	5,1	26,2	52,6 – 56,8	1,0
Новосибирск	А	-24	77	5,7	22,0	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-39	77	5,7	26,4	52,6 – 56,8	1,0
Омск	А	-24	80	5,1	23,3	48,4 – 52,6	3,7
	Б	-37	80	5,1	27,7	52,6 – 56,8	3,7
Оренбург	А	-20	78	5,5	26,1	48,4 – 52,6	3,9
	Б	-31	78	5,5	30,0	56,8 – 61,0	3,9

Таблица 1.2. Расчетные параметры наружного воздуха (продолжение)

Населенный пункт	Параметры	Холодный период года			Теплый период года		
		Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Энтальпия воздуха, кДж/кг	Скорость ветра, м/с
Ставрополь	А	-8	78	7,4	25,0	56,8 – 61,0	1,0
	Б	-19	78	7,4	29,0	61,0 – 65,0	1,0
Сыктывкар	А	-20	82	5,5	20,0	48,4 – 52,6	3,8
	Б	-36	82	5,5	24,3	48,4 – 52,6	3,8
Тамбов	А	-16	83	4,7	23,3	48,4 – 52,6	2,8
	Б	-28	83	4,7	27,3	52,6 – 56,8	2,8
Тверь	А	-15	85	6,2	20,6	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-29	85	6,2	24,8	52,6 – 56,8	1,0
Томск	А	-24	78	5,6	21,7	48,4 – 52,6	1,0
	Б	-40	78	5,6	26,0	52,6 – 56,8	1,0