

Б. Н. Голубков, Т. М. Романова

**Проектирование и
эксплуатация установок
кондиционирования воздуха
и отопления**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 528
ББК 38.2
Б11

Б11 **Б. Н. Голубков**
Проектирование и эксплуатация установок кондиционирования воздуха
и отопления / Б. Н. Голубков, Т. М. Романова – М.: Книга по Требованию,
2012. – 192 с.

ISBN 978-5-458-35832-3

ISBN 978-5-458-35832-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Часть первая

ТЕПЛОВОЙ И ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Глава первая

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

1.1. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Расчетные параметры наружного воздуха выбираются в зависимости от вида и назначения системы кондиционирования воздуха и климатических условий местности.

Установки для кондиционирования воздуха по степени обеспечения заданного микроклимата в помещении согласно СНИП II-33—75* подразделяются на три группы с расчетными параметрами наружного воздуха: А, Б и В [37].

Установки с параметрами воздуха А обеспечивают заданный искусственный климат в пределах энтальпий наружного воздуха, определяемых средней температурой $t_{ср}$, влажностью наиболее жаркого месяца в 13 ч и расчетной зимней температурой для вентиляции и соответствующей ей влажностью воздуха. Установки применяются для помещений, где отклонение заданных параметров воздуха в течение определенного времени не вызывает существенного нарушения технологического режима.

Установки с параметрами воздуха Б обеспечивают искусственный климат в пределах значений энтальпии наружного воздуха, определяемых: а) расчетной температурой теплого периода года $t_n = 0,5(t_{ср} + t_m)$ и соответствующей ей влажностью φ_n , где $t_{ср}$ — средняя температура наиболее жаркого месяца в 13 ч; t_m — максимальная температура, встречающаяся в данной местности; б) расчетной температурой холодного периода года для проектирования отопления и соответствующей ей влажностью.

Эти установки получили наибольшее распространение при проектировании систем кондиционирования воздуха (и, в частности, в общественных зданиях).

Установки с параметрами воздуха В обеспечивают искусственный климат от абсолютно максимального до абсолютно минимального значения температуры и энтальпии воздуха в данной местности, применяются для помещений, в которых требуется поддержание заданных параметров круглогодично и при наличии

обоснованных технологических требований, подтвержденных технико-экономическими расчетами.

В приложении 1 приведены расчетные параметры наружного воздуха для некоторых городов СССР. Расчетные температуры наружного воздуха для систем отопления следует принимать по параметрам Б для холодного периода года: $t_{п.в}$ и $\varphi_{х.м}$. Максимальное значение расчетной энтальпии $h_{п.макс}^A$ принимают таким образом, чтобы за год более высокое значение энтальпии в данной местности наблюдалось не более 400 ч.

В приложении 1 приведены расчетные параметры наружного воздуха для ряда городов.

1.2. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ В ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Система отопления предназначена для поддержания в помещении в холодный период года заданных температурных условий. Температурные условия в помещениях определяются температурой воздуха в его рабочей зоне t_v и температурой внутренних поверхностей ограждений помещения t_w . Их совместное влияние характеризуется результирующей температурой $t_{пом}$, °С, помещения

$$t_{пом} = 0,5(t_v + t_R), \quad (1.1)$$

где t_R — радиационная температура, °С, приближенно определяемая по формуле

$$t_R = \Sigma F_i t_{wi} / \Sigma F_i, \quad (1.2)$$

где F_i — площади ограждений, обращенных в помещение, м²; t_{wi} — соответствующие температуры внутренних поверхностей, °С.

Расчетные параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений в соответствии с ГОСТ 12.1.005—76 [7] приведены в табл. 1.1, а в жилых и общественных зданиях — в табл. 1.3. Если в помещении имеются развитые холодные или нагретые поверхности, то значения температуры воздуха, приведенные в

Таблица 1.1. Оптимальные параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений [7]

Период года	Категория работы	Температура, °С	Максимальная скорость движения, м/с
Холодный и переходный	Легкая—I	20—23	0,2
	Средней тяжести—IIа	18—20	0,2
	То же—IIб	17—19	0,3
	Тяжелая—III	16—18	0,3
Теплый	Легкая—I	22—25	0,2
	Средней тяжести—IIа	21—23	0,3
	То же—IIб	20—22	0,4
	Тяжелая—III	18—21	0,5

Примечание. Относительная влажность воздуха, соответствующая минимальной и максимальной температурам, составляет 60—40 %.

табл. 1.1 и 1.3, соответствуют температуре помещения $t_{\text{пом}}$, а температура воздуха $t_{\text{в}}$ для этих помещений должна быть найдена из формулы первого условия комфортности [38]:

$$t_R = 1,57t_{\text{пом}} - 0,57t_{\text{в}} \pm 1,5. \quad (1.3)$$

Для остальных помещений в табл. 1.1 и 1.2 значение температуры соответствует температуре воздуха $t_{\text{в}}$, так как в них

$$t_{\text{в}} = t_{\text{пом}} = t_R. \quad (1.4)$$

1.3. ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА В ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЗОНЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Системы кондиционирования воздуха подразделяются на комфортные и технологические. Системы кондиционирования воздуха, предназначенные для создания воздушной среды, наиболее благоприятной для труда и отдыха человека, носят название комфортных.

Санитарно-гигиенические требования к комфортному кондиционированию заключаются в поддержании заданных температуры, относительной влажности, чистоты и скорости движения воздуха, разности воздуха в помещении и приличного, уровня шума в помещениях, создаваемого работой оборудования СКВ.

Следует иметь в виду, что условия тепло- и влагообмена человека зависят также от ряда факторов, учет которых весьма затруднителен. Сюда относятся: климатические условия местности, конституция и состояние здоровья человека, его одежда, продолжительность пребывания в помещении, изменение параметров воздуха в помещении (амплитуда и периоды колебаний) и др. Поэтому выбор параметров воздуха внутри помещения опирается на систему норм и правил.

Технологические системы кондиционирования обеспечивают создание воздушной среды, благоприятствующей успешному протеканию технологического процесса. Нормальное ведение последнего невозможно без поддержания требуемых температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха в таких отраслях промышленности, как текстильная, химическая, точное машиностроение, электронная, оптическое производство, вычислительные центры ЭВМ и др. Так, при изготовлении прецизионных измерительных приборов в машиностроении требуется поддержание постоянной температуры воздуха с точностью до десятых и даже сотых долей градуса Цельсия.

В производственных помещениях, где люди находятся длительное время, технологическое кондиционирование воздуха осуществляется с учетом санитарно-гигиенических требований.

В системах кондиционирования воздуха технологического назначения параметры воздуха внутри помещения выбираются из условий обеспечения нормального протекания производственных процессов или хранения готовой продукции и сырья. Эти параметры обычно задаются технологами. Оптимальные параметры воздуха рабочей зоны в производственных помещениях установлены ГОСТ 12.1.005—76 с учетом избытков явной теплоты¹, периодов года и категории работы [7] (табл. 1.1).

¹ Явной называют теплоту, воздействующую на изменение температуры воздуха в помещении. Избытки явной теплоты менее 23 Вт/м³ считаются незначительными, а более 23 Вт/м³ — значительными.

Таблица 1.2. Нормы температуры t_d и скоростей движения v_d воздуха при

Период года	Категория работы	Тепловое			
		350—700		700—1400	
		$t_d, ^\circ\text{C}$	$v_d, \text{м/с}$	$t_d, ^\circ\text{C}$	$v_d, \text{м/с}$
Теплый (температура наружного воздуха $+10^\circ\text{C}$ и выше)	Легкая	22—24	0,5—1,0	21—23	0,7—1,5
	Средней тяжести	21—23	0,7—1,5	20—22	1,5—2,0
	Тяжелая	20—22	1,0—2,0	19—21	1,5—2,5
Холодный и переходный (температура наружного воздуха ниже $+10^\circ\text{C}$)	Легкая	22—23	0,5—0,7	21—22	0,5—1,0
	Средней тяжести	21—22	0,7—1,0	20—21	1,0—1,5
	Тяжелая	20—21	1,0—1,5	19—20	1,5—2,0

Примечания: 1. Интенсивность теплового излучения, указанная в таблице, определена для направления воздушной струи при воздушном душировании. 2. Направление воздушной струи при воздушном душировании рекомендуется предусматривать в соответствии с проектом. 3. При проектировании воздушного душирования должны быть предусмотрены меры по защите мест.

При воздействии на работающего теплового облучения интенсивностью 350 Вт/м^2 и более на местах постоянного пребывания работающих применяют воздушное душирование.

Нормы температуры и скоростей движения воздуха на постоянных рабочих местах при воздушном душировании приведены в табл. 1.2.

Расчетные параметры воздуха в кондиционируемых помещениях жилых, общественных и вспомогательных зданий промышленных предприятий принимаются в соответствии со СНиП II-33—75* (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Оптимальные и допустимые нормы метеорологических условий в обслуживаемой зоне помещений жилых и общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий [41]

Нормы метеорологических условий	Период года					
	холодный и переходный ($t_n < 10^\circ\text{C}$)			теплый ($t_n \geq 10^\circ\text{C}$)		
	Температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальные	20—22	45—30	0,10—0,15	20—25	60—30	Не более 0,25
Допустимые	18—22	65	0,30	Не более чем на 3°C выше расчетной t_n (расчетные параметры А)	65	0,50

Примечание. Оптимальные метеорологические условия установлены для одетых людей при пребывании их в помещениях более 2 ч.

воздушном душировании [34]

излучение, Вт/м²

1400—2100		2100—2800		2800 и более	
$t_{\text{д}}, ^\circ\text{C}$	$v_{\text{д}}, \text{м/с}$	$t_{\text{д}}, ^\circ\text{C}$	$v_{\text{д}}, \text{м/с}$	$t_{\text{д}}, ^\circ\text{C}$	$v_{\text{д}}, \text{м/с}$
20—22	1,0—2,0	19—22	2,0—3,0	19—20	2,5—3,5
19—21	1,5—2,5	18—21	2,0—3,5	18—19	3,0—3,5
18—20	2,0—3,0	18—19	3,0—3,5	18—19	3,0—3,5
20—21	1,0—1,5	19—22	1,5—2,0	19—22	1,5—2,0
19—20	1,5—2,0	19—21	2,0—2,5	19—21	2,0—2,5
18—19	2,0—2,5	18—19	2,5—3,0	18—19	2,5—3,0

ляется как средняя в течение 1 ч.
смазывать, как правило, на облучаемую поверхность тела.
предотвращающие сдувание производственных вредностей на близко расположенные рабо-

1.4. НОРМЫ ЗАПЫЛЕННОСТИ И ЗАГАЗОВАННОСТИ ВОЗДУХА

Выделения вредных веществ (паров, газов и пыли) в воздух производственных помещений могут вызвать у человека острые отравления или профессиональные заболевания. По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса: 1) чрезвычайно опасные; 2) высоко опасные; 3) умеренно опасные; 4) мало опасные.

Системы вентиляции и кондиционирования должны обеспечивать снижение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны ниже предельно допустимой концентрации (ПДК). ПДК устанавливаются ГОСТ 12.1.005—76 и обеспечивает отсутствие прямого или косвенного влияния вредного вещества на человека, животных или растительность.

Нормируется также содержание вредных веществ в атмосфере площадок промышленных предприятий, поскольку свежий воздух снаружи поступает в производственные помещения [34]. Согласно нормам в воздухе, поступающем в кондиционер, концентрация вредных веществ не должна превышать 30% ПДК для рабочей зоны.

Запыленный воздух, удаляемый местными отсосами, перед выбросом его в атмосферу должен очищаться в пылеуловителях и фильтрах, если концентрация в нем пыли выше концентрации K , мг/м³, определяемой из выражений:

$$\text{для } L > 15 \text{ тыс. м}^3/\text{ч} \quad K_1 = 100 \text{ А;} \quad (1.5)$$

$$\text{для } L \leq 15 \text{ тыс. м}^3/\text{ч} \quad K_2 = (160 - 4L) \text{ А,} \quad (1.6)$$

где L — объем удаляемого воздуха, тыс. м³/ч; A — коэффициент, зависящий от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны помещения $k_{\text{пред}}$, мг/м³.

Значения коэффициента A в формулах (1.5) и (1.6) приведены ниже:

$K_{пред}$	A	$K_{пред}$	A
2 и менее	0,3	4—6	0,8
2—4	0,6	6 и более	1,0

Рециркуляционный воздух пыльных цехов (и приточный воздух, если его запыленность выше допустимой) необходимо очищать в воздушных фильтрах.

Глава вторая

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И ВЛАЖНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Создание микроклимата в закрытых помещениях в значительной степени зависит от того, насколько эффективно ограждающие конструкции защищают помещение от воздействия наружных условий. Совокупность различных факторов, определяющих тепловую обстановку в помещении, называется тепловым режимом помещения. Основными факторами, определяющими тепловой режим, являются: теплопотери через наружные ограждения, тепловыделения в помещении от оборудования и материалов, процессы циркуляции холодных и теплых потоков воздуха в помещении, связанные с наличием холодных и нагретых поверхностей. Тепловая обстановка зависит от времени года, колебания климатических условий, инфильтрации наружного воздуха через наружные ограждения.

Расчет теплового режима является одним из основных этапов проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Одной из важных частей этого расчета является расчет и определение защитных свойств ограждающих конструкций.

2.2. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Тепловые условия в помещении выполняются при допустимом колебании температуры на внутренней поверхности наружных ограждений t_b . Поэтому наружные ограждения должны обладать определенными теплозащитными свойствами от воздействия наружных условий. Тепловой поток через наружные ограждения, Вт/м²,

$$q = \frac{1}{R_o} (t_b - t_n) n = \frac{1}{R_b} (t_b - \tau_b), \quad (2.1)$$

где R_o — термическое сопротивление наружного ограждения, м²·К/Вт; t_b — расчетная температура внутреннего воздуха, °С; t_n — расчетная температура наружного воздуха, °С; R_b — термиче-

ское сопротивление на внутренней поверхности ограждения, $\text{м}^2 \times \text{К}/\text{Вт}$; n — коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху, значение которого приводится ниже:

Ограждающая конструкция	n
Наружные стены и покрытия, чердачные перекрытия (с кровлей из штучных материалов)	1,00
То же с кровлей из рулонных материалов	0,90
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами	0,75
То же без окон	0,60

Расчетная температура наружного воздуха при расчете сопротивлений теплопередаче принимается с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций здания в соответствии со СНиП II-3—79* [42] и СНиП 2.01.01—82 [43]. Значения t_n принимаются следующими:

Тепловая инерция ограждения

$D \leq 1,5$ (безынерционное) . . . Абсолютная минимальная температура $t_{н.м}$

$D > 1,5$ до 4 (малая инерционность) Средняя температура наиболее холодных суток $t_{н1}$

$D > 4$ до 7 (средняя инерционность) Средняя температура наиболее холодных трех суток $t_{н3} = \frac{t_{н1} + t_{н5}}{2}$

$D > 7$ (большая инерционность) Средняя температура наиболее холодной пятидневки $t_{н5}$

Тепловой поток через многослойное ограждение и температура на внутренней поверхности ограждения при расчетных значениях t_v и t_n определяются термическим сопротивлением, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$,

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_v} + \sum_1^m R_i + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2.2)$$

где α_v — коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности ограждения, в соответствии со СНиП II-3—79* $\alpha_v = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ для стен и $7,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ для потолка; α_n — коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, для зимних условий α_n принимается для стен 23, для перекрытий чердачных 12, для перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов 6; R_i — термическое сопротивление i -го слоя ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; m — число слоев ограждения.

При определении R_0 необходимо учитывать технико-экономические показатели. Оптимальное термическое сопротивление ограждения данной конструкции $R_{0.эк}$ устанавливается по минимуму приведенных затрат для ряда рассматриваемых конструкций ограждения (см. § 14.4). Значение $R_{0.эк}$, выбранное из технико-эко-

номических расчетов, должно быть не меньше минимального значения $R_{0,тр}$, необходимого для соблюдения санитарно-гигиенических условий, т. е. должно выполняться условие

$$R_0 \geq R_{0,тр}. \quad (2.3)$$

По санитарно-гигиеническим требованиям необходимо, чтобы температура внутренней поверхности ограждения t_v , а также разность температур $\Delta t_{н.т.п} = t_v - t_n$ имели определенные значения. Значение $\Delta t_{н.т.п}$ — нормативного температурного перепада — устанавливается СНиП II-3—79* и равно: для наружных стен жилых и общественных зданий 6—7, наружных стен производственных зданий 8—12, для перекрытий 4—5,5 и 7—12, для перекрытия над проездами и подвалами 2,5°C. Для помещений с влажным режимом $\Delta t_{н.т.п}$ устанавливается в зависимости от температуры точки росы t_p , определяемой при расчетных температурах и влажности воздуха в помещении; $\Delta t_{н.т.п}$ принимается равным $(0,8 \div 1,0) (t_v - t_p)$ в зависимости от типа помещения.

Для выполнения санитарно-гигиенических требований $R_{0,тр}$, $m^2 \cdot K/Вт$, определяется из (2.6), полученного после совместного решения (2.4) и (2.5):

$$q = \frac{1}{R_{0,тр}} (t_v - t_n) n = \frac{1}{R_v} (t_v - t_n). \quad (2.4)$$

или

$$q = \alpha_v \Delta t_{н.т.п}, \quad (2.5)$$

$$R_{0,тр} = \frac{t_v - t_n}{\Delta t_{н.т.п} \alpha_v} n. \quad (2.6)$$

Окончательно расчетное термическое сопротивление устанавливается исходя из следующих положений:

если $R_{0,эк} > R_{0,тр}$, то

$$R_0 = R_{0,эк}; \quad (2.7)$$

если $R_{0,эк} < R_{0,тр}$, то

$$R_0 = R_{0,тр}. \quad (2.8)$$

При расчете теплового режима и защитных свойств ограждений необходимо производить расчет на предотвращение конденсации влаги на внутренней поверхности ограждений. Особенно это касается перекрытий зданий, где температура и влажность воздуха выше, чем в рабочей зоне. Это положение учитывается при оценке значения $\Delta t_{н.т.п}$ производственных зданий с влажным режимом. Температура на внутренней поверхности ограждения t_v определяется из уравнения теплового потока

$$t_v = t_n - \frac{t_v - t_n}{R_0 \alpha_v}. \quad (2.9)$$

Для большинства промышленных предприятий конденсация влаги не допускается. Температура t_v должна быть на 0,5—1,0°C выше температуры точки росы воздуха, удаляемого общеобмен-

ной вентиляцией. В цехах с большими влаговыведениями для предотвращения конденсации влаги на перекрытии проектируется продувка верхней зоны помещения горячим воздухом.

Методы расчета сложных ограждающих конструкций аналогичны вышеприведенному с учетом поправок на конструкцию ограждения.

При изменении наружной температуры и тепловыделений внутри помещения изменяются температуры по толщине ограждения, на наружной и внутренней поверхностях ограждений, а следовательно, и температура внутреннего воздуха помещения. Способность ограждения поддерживать относительно постоянную температуру t_v на внутренней поверхности ограждения при изменении тепловых воздействий называется теплоустойчивостью ограждения.

Наружные тепловые воздействия характеризуются амплитудой колебаний температуры наружного воздуха. Принято считать суточные колебания температуры синусоидальными. Теплоустойчивость ограждения характеризует его способность производить затухание колебаний, что ведет к уменьшению амплитуды колебаний температуры A_{tv} на внутренней поверхности ограждения до допустимого значения A'_{tv} .

В теплый период года теплозащитные свойства ограждений определяются теплоустойчивостью ограждения [5, 42]. Теплоустойчивость проверяется для районов со среднемесячной температурой июля $t_n^{VII} \geq 21^\circ\text{C}$ для промышленных зданий, в которых поддерживаются оптимальные параметры воздуха в рабочей зоне, а также для жилых, лечебных и детских учреждений. Амплитуда колебания A_{tv} проверяется для ограждений при тепловой инерции стен $D_{ст} < 4$ и покрытий $D_{пок} < 5$. Значение амплитуды A'_{tv} определяется по формуле

$$A'_{tv} = 2,5 - 0,1 (t_n^{VII} - 21), \quad (2.10)$$

где t_n^{VII} — среднемесячная температура наружного воздуха за июль, $^\circ\text{C}$ [43].

Таким образом, должно выполняться условие

$$A_{tv} \leq A'_{tv}. \quad (2.11)$$

Амплитуда A_{tv} зависит от амплитуды колебания температуры наружного воздуха A''_{tn} и конструкции ограждения, в котором происходит затухание колебаний температуры. Амплитуда A_{tv} определяется по формуле

$$A_{tv} = A''_{tn} / \nu, \quad (2.12)$$

где ν — затухание расчетной амплитуды A''_{tn} в данном ограждении.

Расчетные формулы для A''_{tn} и ν определены СНиП II-3—79* [42]. Их величины зависят от свойства ограждения, тепловой

инерции ограждения и коэффициентов теплоусвоения материалов слоев ограждения.

В случае невыполнения требования (2.11) необходимо изменить конструкцию ограждения, применяя другие материалы слоев ограждения (с другими коэффициентами теплопроводности и теплоусвоения), и толщины слоев. Кроме того, для уменьшения амплитуды суточных колебаний температуры наружного воздуха $A''_{тн}$ необходимо уменьшать влияние солнечной радиации применением солнцезащитных устройств.

2.3. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХО- И ПАРПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДЕНИЙ

На тепловое состояние ограждения влияет воздухо- и влагопроницаемость строительных материалов. Так, при проникновении влаги в ограждение изменяются теплофизические свойства материала, а следовательно, и тепловой поток через ограждение. Воздухопроницаемость ограждений вызывает инфильтрацию и эксфильтрацию воздуха в помещение, вследствие чего могут быть значительные дополнительные потери теплоты.

Ограждения должны обладать допустимой степенью воздухо- и паропроницаемости, при которых не происходит, однако, переохлаждения или переувлажнения ограждений помещения. Поэтому необходимо при проектировании производить проверку ограждений на воздухо- и паропроницаемость.

Сопротивление воздухопроницанию многослойного ограждения определяется по формуле

$$R_n = \sum_{i=1}^m R_{ni}, \quad (2.13)$$

где i — номер слоя ограждения; m — число слоев; R_{ni} — сопротивление воздухопроницанию i -го слоя.

Сопротивление воздухопроницанию ограждений (за исключением световых проемов) R_n должно быть не менее допустимого (требуемого) сопротивления, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

$$R_n' = \Delta p / g^n, \quad (2.14)$$

где Δp — разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения, Па; g^n — нормативная воздухопроницаемость ограждения, приведена ниже:

Ограждающие конструкции	g^n
Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий	0,5
То же производственных зданий	1,0
Входные двери	1,5
Окна и балконные двери; двери и ворота производственных зданий	16,0

Разность давлений, Па, в ограждении

$$\Delta p = 0,55 g H_{ад} (\rho_n - \rho_a) + 0,3 \rho_n v^2, \quad (2.15)$$