

Теплокровные существа, к которым относится и человек, обладают механизмами терморегуляции. При перегреве организма расширяются кровеносные сосуды, увеличивая перенос теплоты к поверхности кожи. Увеличивается потоотделение, испарение пота способствует охлаждению. При переохлаждении кровеносные сосуды сужаются, потоотделение отсутствует. Но возможности механизмов терморегуляции ограничены, и возникает необходимость регулирования параметров микроклимата и создания условий, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека.

Микроклимат — это совокупность внешних условий, определяющих самочувствие человека и обеспечивающих его здоровье и работоспособность. Микроклимат помещений характеризуется следующими параметрами: температура, подвижность и относительная влажность воздуха.

Рассмотрим условия теплообмена тела человека с окружающей средой (рис. 1). Теплоотдача осуществляется конвекцией, излучением и затратами теплоты на нагревание вдыхаемого воздуха и испарение влаги с поверхности лёгких и кожи:

$$Q_0 = Q_K + Q_L + Q_{\text{исп}}, \quad (1)$$

где Q_0 — суммарная теплоотдача, Вт; Q_K — теплоотдача конвекцией, Вт; Q_L — теплоотдача излучением, Вт; $Q_{\text{исп}}$ — затраты теплоты на испарение влаги и нагревание вдыхаемого воздуха, Вт.

Теплоотдача конвекцией определяется уравнением Ньютона-Рихмана:

$$Q_K = \alpha_K F_{\text{тел}} (t_{\text{тел}} - t_{\text{wz}}), \quad (2)$$

где Q_K — теплоотдача конвекцией, Вт; α_K — коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м²·°C); $F_{\text{тел}}$ — площадь поверхности тела, м²; $t_{\text{тел}}$ — средняя температура поверхности тела, °C; t_{wz} — температура окружающего воздуха, °C.

Коэффициент конвективного теплообмена α_K зависит в первую очередь от подвижности (скорости движения) V_{wz} окружающего воздуха (естественная или вынужденная конвекция). Чем выше подвижность воздуха, тем больше коэффициент конвективного теплообмена и больше теплоотдача конвекцией. Согласно формуле (2) теплоотдача конвекцией увеличивается также при понижении температуры окружающего воздуха.

Поэтому при лёгкой физической работе (первая категория тяжести) в помещении в соответствии с нормами поддерживается более высокая температура и пониженная подвижность воздуха. При тяжёлых работах, когда теплоты в орга-

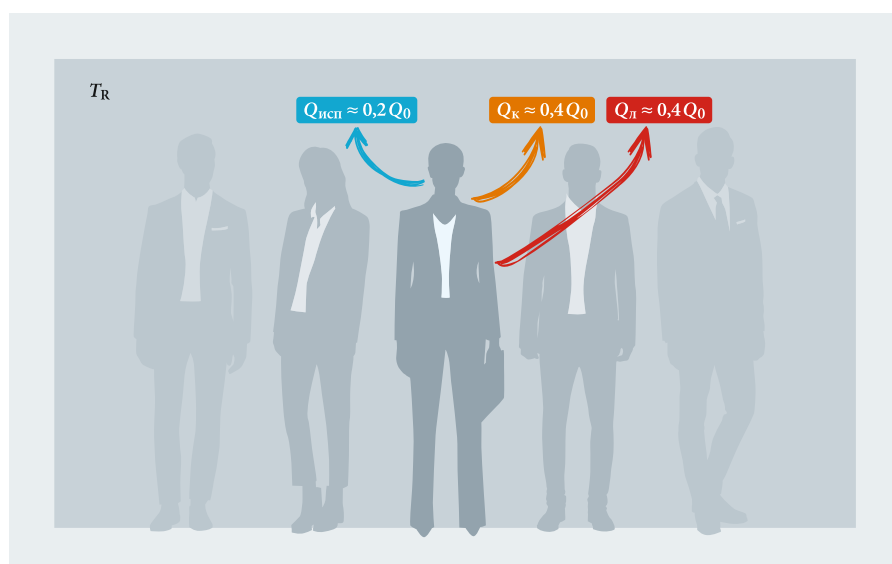


Рис. 1. Условия теплообмена тела человека с окружающей средой

низме человека вырабатывается больше, для увеличения теплоотдачи нормируется более низкая температура и большая подвижность воздуха.

Теплообмен излучением подчиняется закону Стефана-Больцмана:

$$Q_L = \epsilon \varphi c_0 \left[\left(\frac{T_{\text{тел}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_R}{100} \right)^4 \right] F_{\text{тел}}, \quad (3)$$

где Q_L — теплоотдача излучением, Вт; ϵ — приведённая степень черноты участвующих в теплообмене поверхностей (обычно $\epsilon \approx 1$); φ — угловой коэффициент излучения (в общем случае $\varphi \leq 1$; для замкнутых систем $\varphi = 1$); $c_0 = 5,67$ Вт/(м²·K⁴) — коэффициент излучения чёрного тела; $T_{\text{тел}}$ — средняя температура поверхности тела, K; T_R — средняя радиационная температура окружающих поверхностей, K.

Возможность изменять лучистую составляющую теплообмена ограничена. Средняя радиационная температура окружающих поверхностей T_R для внутренних стен и перегородок равна температуре воздуха в помещении. Температура внутренних поверхностей наружных ограждений зависит от температур воздуха в помещении и наружного, а также от сопротивления теплопередаче.

Затраты теплоты на испарение влаги зависят от интенсивности испарения:

$$Q_{\text{исп}} = r W_{\text{исп}}, \quad (4)$$

где r — удельная теплота парообразования, $r = 2,5 \times 10^6$ Дж/кг; $W_{\text{исп}}$ — интенсивность испарения влаги [кг/с], определяемая в зависимости от температуры и подвижности окружающего воздуха [3].

При увеличении подвижности окружающего воздуха эффект охлаждения тела человека достигается как за счёт уве-

личения конвективной теплоотдачи, так и за счёт увеличения интенсивности испарения влаги с поверхности кожи.

Нормирование параметров микроклимата преследует цель обеспечения условий, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека, а также для ведения технологических процессов, сохранности технологического оборудования и строительных конструкций.

Например, в прядильных цехах текстильной промышленности необходима повышенная влажность воздуха для предотвращения электризации нити под влиянием статического электричества. В помещениях цехов точного машиностроения предъявляются повышенные требования к допустимым колебаниям температуры воздуха (не более величины $\pm 0,2$ °C). Технология производства полупроводников предъявляет жёсткие требования к чистоте воздуха. Допустимое содержание пылинок в воздухе исчисляется несколькими частицами в 1 см³ воздуха. Даже в обычном чистом (горном) воздухе число пылинок исчисляется сотнями тысяч в 1 см³ воздуха.

Требуемые параметры микроклимата должны быть обеспечены совместной работой систем отопления, вентиляции и кондиционирования не во всём объёме помещения, а только в обслуживаемых зонах, на постоянных и непостоянных рабочих местах. Обслуживаемая зона (рабочая зона) — пространство высотой 2 м в помещении с постоянным пребыванием людей, стоящих или двигающихся, и высотой 1,5 м — для людей сидящих. Непостоянным называется рабочее место, где люди находятся менее двух часов в смену непрерывно или менее 50 % рабочего времени.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ

Вредные вещества — вещества, негативно воздействующие на здоровье людей. Для таких веществ санитарными правилами установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе. Под предельно допустимой концентрацией подразумевается такая концентрация вредного вещества, которая не вызывает физиологических сдвигов в организме при воздействии на него в течение всей трудовой деятельности или жизни. Большую часть своей жизни люди, включая детей и людей пожилого возраста, проводят в местах проживания. Поэтому ПДК вредных веществ для населённых пунктов и зон отдыха ниже, чем для соответствующих веществ в рабочей зоне производственных помещений. Значения ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест и в воздухе рабочей зоны производственных помещений приведены в [2, 3].

При проектировании систем вентиляции и расчётах рассеивания выбросов в атмосферном воздухе обязательно должно выполняться условие $S < ПДК$, где S — концентрация вредного вещества в воздухе, мг/м³.

Некоторые химически разнородные вещества оказывают на организм однонаправленное воздействие или обладают эффектом суммации действия. Эффектом суммации действия обладают, например, следующие сочетания вредных веществ [2]: ацетон и фенол; ацетальдегид и винилацетат; валериановая, капроновая и масляная кислоты; озон, двуокись азота и формальдегид; сернистый газ и фенол; серы диоксид и двуокись азота; серы диоксид и фтористый водород; серы диоксид и трёхокись серы; сероводород и динил; сероводород и формальдегид; изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола; фурфурол, метиловый и этиловый спирты; циклогексан и бензол; этилен, пропилен, бутилен и амилен; уксусная кислота и уксусный ангидрид; ацетон и ацетофенон; бензол и ацетофенон; фенол и ацетофенон.

Для таких веществ при одновременном содержании их в воздухе должно выполняться условие:

$$\frac{S_1}{ПДК_1} + \frac{S_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{S_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (5)$$

где $S_1, S_2, \dots, S_n$ — концентрации первого, второго, ..., n -го вредного вещества в воздухе, мг/м³; $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ — предельно допустимые концентрации первого, второго, ..., n -го вредного вещества, мг/м³.

Некоторые химически разнородные вещества оказывают на организм однонаправленное воздействие, или обладают эффектом суммации действия. Эффектом суммации действия обладают, например, следующие сочетания вредных веществ [2]: ацетон и фенол; ацетальдегид и винилацетат; валериановая, капроновая и масляная кислоты; озон, двуокись азота и формальдегид; сернистый газ и фенол; серы диоксид и двуокись азота; серы диоксид и фтористый водород; серы диоксид и трёхокись серы; сероводород и динил; сероводород и формальдегид; изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола и пр.

Системы вентиляции должны обеспечивать содержание вредных веществ в воздухе обслуживаемой зоны и населённых мест не выше ПДК. Отдельные вещества могут образовывать в смеси с воздухом, водой или друг с другом пожароопасные или взрывоопасные смеси, что также необходимо учитывать при проектировании систем отопления и вентиляции.

Расчётные параметры наружного и внутреннего воздуха

Расчётными параметрами воздуха (температура, влажность или теплосодержание, скорость) называют те параметры, на основании которых производится расчёт систем отопления и вентиляции.

Наружный воздух

В соответствии с нормативными требованиями расчёты систем вентиляции вы-

полняются для двух периодов года и переходных условий:

- холодный период с температурами наружного воздуха ниже +10 °С;
- тёплый период с температурами наружного воздуха выше +10 °С;
- переходные условия при температуре наружного воздуха, равной +10 °С, и его удельном теплосодержании 26,5 кДж/кг.

В тёплый и холодный периоды (условно «лето» и «зима») температуры наружного воздуха изменяются в широких пределах. Поэтому расчётные параметры наружного воздуха (температура t_{ext} и удельное теплосодержание I_{ext}) разделены на две группы и приведены в табл. 1.

Например, приняв в качестве расчётной температуры наружного воздуха в тёплый период температуру по параметру А, равную $t_{ext}^A = 23$ °С, мы можем быть уверены, что превышение этой температуры будет наблюдаться продолжительностью не более 440 ч.

Для холодного периода расчётная температура наружного воздуха по параметру Б составляет для условий примера $t_{ext}^B = -36$ °С. Тогда максимальная продолжительность возможных периодов с более низкими температурами воздуха не превышает 88 ч.

Ниже приводим расчётные параметры наружного воздуха для проектирования систем отопления и вентиляции согласно [3]. В холодный период: температура наружного воздуха по параметру Б — t_{ext}^B , °С; удельное теплосодержание наружного воздуха по параметру Б — I_{ext}^B , кДж/кг. В переходных условиях: температура наружного воздуха $t_{ext} = 10$ °С; удельное теплосодержание наружного воздуха $I_{ext} = 26,5$ кДж/кг. В тёплый период: температура наружного воздуха по параметру А — t_{ext}^A ; удельное теплосодержание наружного воздуха по параметру А — I_{ext}^A , кДж/кг.

Категории параметров климата

табл. 1

Категории параметров климата	Продолжительность отклонения, ч	Обеспеченность, %
А	440	95
Б	88	99

Расчётные параметры наружного воздуха

табл. 2

Период года	Температура, °С	Энтальпия, кДж/кг
Холодный	t_{ext}^A	I_{ext}^A
Переходные условия	10	26,5
Тёплый	t_{ext}^B	I_{ext}^B

Расчётные параметры внутреннего воздуха

табл. 3

Период года	Температура воздуха t_{wz} , °С	Скорость воздуха V_{wz} [м/с], не более	Отн. влажность воздуха φ [%], не более
Холодный и переходные условия	от $t_{wz}^{\min}$ до $t_{wz}^{\max}$	—	—
Тёплый	$t_{wz}^{\max}$	—	—

Значения расчётных параметров наружного воздуха следует принимать по [4]. Выбранные параметры наружного воздуха необходимо представить в пояснительной записке к проекту в форме табл. 2.

Внутренний воздух

Санитарные нормы устанавливают оптимальные метеорологические условия в помещениях и допустимые. Оптимальные метеорологические условия обеспечивают ощущение теплового комфорта при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. Для обеспечения этих условий, как правило, применяют автоматически регулируемые (и достаточно дорогие) системы кондиционирования воздуха.

В кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и других производственных помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные значения температуры воздуха в интервале от +22 до +24 °C и относительной влажности 60–40 % при скорости движения не более 0,1 м/с.

Перечень других производственных помещений, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы микроклимата, определяется отраслевыми документами, согласованными с органами санитарного надзора в установленном порядке.

Допустимые метеорологические условия могут быть связаны с кратковременными ощущениями небольшого перегрева или переохлаждения организма, не опасными для здоровья. Они могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и снижению работоспособности.

Нормирование параметров внутреннего воздуха осуществляется в зависимости от назначения помещения. Различают четыре вида помещений по назначению в зависимости от характера жизнедеятельности людей: жилые, общественные, административно-бытовые и производственные.

Первые два вида помещений предназначены для пребывания всех категорий людей (взрослые и дети), два последних — для пребывания работающих людей. Системы вентиляции должны обеспечивать в помещениях допустимые параметры внутреннего воздуха [4].

При лучистом отоплении температура воздуха в обслуживаемой (рабочей) зоне должна быть не менее чем на 1 °C ниже максимально допустимой температуры в холодный период года и не должна быть ниже минимально допустимой температуры в холодный период года более чем на 3 °C для общественных и на 4 °C — для производственных помещений.

Для производственных помещений параметры внутреннего воздуха могут включать дополнительно концентрации вредных веществ в воздухе обслуживаемой зоны и интенсивность теплового облучения непосредственно на рабочем месте.

При выполнении проекта по вентиляции и отоплению обоснованно выбранные расчётные параметры внутреннего воздуха рекомендуется представить в виде табл. 3.

Свойства влажного воздуха.

Основные термодинамические характеристики влажного воздуха

Воздух состоит из азота (78 % по объёму) и кислорода (20 % по объёму). Остальные 2 % составляют водяные пары, углекислый газ, а также инертные газы. В процессах вентиляции и кондиционирования воздуха влажный воздух принято рассматривать как бинарную смесь, состоящую из сухого воздуха со средней молярной массой $M_{\text{св}} = 29 \times 10^{-3}$ кг/моль и водяного пара, обладающего молярной массой $M_{\text{вп}} = 18 \times 10^{-3}$ кг/моль. Моль — это количество вещества. Общеизвестно, что в одном моле количество структурных единиц (атомов, молекул, ионов) равно числу Авогадро (6×10^{23}). Например, один моль углерода имеет массу 12 г.

Барометрическое (атмосферное) давление является суммой парциальных давлений сухого воздуха и водяных паров:

$$B = P_{\text{св}} + P_{\text{вп}}, \quad (6)$$

где B — барометрическое давление, Па; $P_{\text{св}}$ — парциальное давление сухого воздуха, Па; $P_{\text{вп}}$ — парциальное давление водяных паров, Па. На уровне моря барометрическое давление составляет

$$B = 760 \text{ мм рт. ст.} = 101\,000 \text{ Па.}$$

Для Екатеринбурга среднее за год барометрическое давление составляет

$$B = 735 \text{ мм рт. ст.} = 98\,000 \text{ Па.}$$

Плотность сухого воздуха

Для вывода используем уравнение Клапейрона-Менделеева, согласно которому парциальное давление компонента P_i многокомпонентной смеси составляет

$$P_i = \frac{m_i}{M_i} \frac{RT}{V}, \quad (7)$$



где m_i — масса компонента, кг; M_i — молярная масса компонента, кг/моль; R — универсальная газовая постоянная, впервые применённая Д.И. Менделеевым, $R = 8,314$ Дж/(м·К); T — температура смеси, °К; V — объём смеси, м³.

Из уравнения (7) найдём парциальную плотность компонента смеси $\rho' = m_i/V$:

$$\rho' = \frac{P_i M_i}{RT}. \quad (8)$$

Рассматривая сухой воздух как однокомпонентную смесь с молярной массой $M_{\text{св}} = 29 \times 10^{-3}$ кг/моль, получим при условии $P_i = B$:

$$\rho_{\text{св}} = \frac{B \cdot 29 \times 10^{-3}}{8,34 T} = 3,49 \times 10^{-3} \frac{B}{T}. \quad (9)$$

При $B = 101\,000$ Па значение плотности сухого воздуха рассчитывается как $\rho_{\text{св}} = 353/T$, кг/м³. Например, при температуре +20 °С:

$$\rho_{\text{св}} = \frac{353}{T} = \frac{353}{273 + 20} = 1,2 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность влажного воздуха

Плотность влажного воздуха можно представить суммой парциальных плотностей сухого воздуха и водяного пара:

$$\rho_{\text{вв}} = \rho'_{\text{св}} + \rho'_{\text{вп}}, \quad (10)$$

где $\rho_{\text{вв}}$ — плотность влажного воздуха, кг/м³; $\rho'_{\text{вп}}$ — парциальная плотность водяных паров, кг/м³.

С учётом уравнений (1.8) и (1.10) запишем выражение:

$$\rho_{\text{вв}} = \frac{P_{\text{св}} M_{\text{св}}}{RT} + \frac{P_{\text{вп}} M_{\text{вп}}}{RT}.$$

По уравнению (6) $P_{\text{св}} = B - P_{\text{вп}}$, тогда:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{вв}} &= \frac{(B - P_{\text{вп}}) M_{\text{св}}}{RT} + \frac{P_{\text{вп}} M_{\text{вп}}}{RT} = \\ &= \frac{B M_{\text{св}}}{RT} - \frac{P_{\text{вп}} M_{\text{св}}}{RT} + \frac{P_{\text{вп}} M_{\text{вп}}}{RT} = \\ &= \rho_{\text{св}} - \frac{P_{\text{вп}}}{RT} (M_{\text{св}} - M_{\text{вп}}). \end{aligned} \quad (11)$$

Из уравнения (11) следует, что при одинаковом барометрическом давлении плотность влажного воздуха меньше, чем плотность сухого воздуха.

Относительная влажность воздуха

Относительная влажность воздуха характеризует степень насыщенности воздуха водяными парами и определяется как:

$$\varphi = P_{\text{вп}} / P_{\text{вп.нас}}, \quad (12)$$

где $P_{\text{вп}}$ — парциальное давление водяных паров, Па; $P_{\text{вп.нас}}$ — парциальное давление насыщенных водяных паров, Па. Парциальное давление насыщенных водяных паров зависит от температуры и может быть определено в диапазоне температур 0–100 °С по формуле М.И. Фильнея [5]:

$$P_{\text{вп.нас}} = 10^{\left(\frac{658 + 10,2t}{236 + t} \right)}. \quad (13)$$

Относительная влажность воздуха не превышает 1 или 100 %. В воздухе, насыщенном водяными парами, образуется туман. Нормы относительной влажности установлены СНиП и ГН в зависимости от назначения помещений.



Влагосодержание воздуха

В вентиляционном процессе количество сухого воздуха остаётся неизменным, в то время как содержание водяных паров может изменяться. Поэтому принято все показатели тепловлажностного состояния воздуха относить к 1 кг сухого воздуха. Масса водяного пара, приходящаяся на 1 кг сухого воздуха, называется влагосодержанием d и определяется как $d = m_{\text{вп}}/m_{\text{св}}$.

Из уравнения газового состояния (7) имеем:

$$m_{\text{св}} = \frac{P_{\text{св}} M_{\text{св}} V}{RT}; m_{\text{вп}} = \frac{P_{\text{вп}} M_{\text{вп}} V}{RT}.$$

Тогда влагосодержание найдём как:

$$d = \frac{m_{\text{вп}}}{m_{\text{св}}} = \frac{P_{\text{вп}} M_{\text{вп}}}{P_{\text{св}} M_{\text{св}}}. \quad (14)$$

Подставим в (1.14) молярные массы водяного пара и воздуха, а также выразим $P_{\text{св}} = B - P_{\text{вп}}$. Тогда:

$$d = 0,62 \frac{P_{\text{вп}}}{B - P_{\text{вп}}}.$$

Влагосодержание является безразмерной величиной, так как представляет собой отношение килограмма водяных паров к килограмму сухого воздуха

Согласно (1.13), имеем $P_{\text{вп}} = \varphi P_{\text{вп,нас}}$, отсюда можно записать:

$$d = 0,62 \frac{\varphi P_{\text{вп,нас}}}{B - \varphi P_{\text{вп,нас}}}. \quad (15)$$

Влагосодержание является безразмерной величиной, так как представляет собой отношение килограмма водяных паров к килограмму сухого воздуха. В тех случаях, когда удобно влагосодержание выражать в граммах водяного пара, записывают влагосодержание с размерностью, например, 12 г/кг сухого воздуха.

Удельная теплоёмкость

Удельные теплоёмкости воздуха и водяных паров в диапазоне температур, обычных для вентиляционных процессов, можно считать постоянными и независимыми от температуры: $c_{\text{св}} = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,0 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $c_{\text{вп}} = 1800 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,8 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

Удельное теплосодержание (удельная энтальпия)

Удельное теплосодержание сухого воздуха при температуре 0°C принимают

равным $0 \text{ кДж}/\text{кг}$, а при произвольной температуре:

$$I_{\text{св}} = c_{\text{св}} t. \quad (16)$$

Из (16) следует, что при $c_{\text{св}} = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ удельное теплосодержание сухого воздуха в $[\text{кДж}/\text{кг}]$ численно равно температуре. Удельное теплосодержание влажного воздуха состоит из удельных теплосодержаний сухого воздуха и водяных паров, то есть:

$$I_{\text{вв}} = I_{\text{св}} + I_{\text{вп}}, \quad (17)$$

где $I_{\text{вп}}$ — удельное теплосодержание водяных паров, определяемое как:

$$I_{\text{вп}} = (1,8t + 2500)d,$$

где $1,8t$ — теплосодержание 1 кг пара при температуре t ; 2500 — удельная теплота парообразования, $\text{кДж}/\text{кг}$.

С учётом уравнения (17) удельное теплосодержание влажного воздуха:

$$I_{\text{вв}} = t + (1,8t + 2500)d. \quad (18)$$

Например, при $t = 18^\circ\text{C}$ и влагосодержании $d = 0,005$ (5 г/кг) удельное теплосодержание составит:

$$I_{\text{вв}} = 18 + (1,8 \times 18 + 2500) \times 0,005 = 30,7 \text{ кДж}/\text{кг}.$$

Уравнение (18) используется также для определения влагосодержания воздуха при известных значениях температуры и удельного теплосодержания. Например, при $t = -32^\circ\text{C}$ удельное теплосодержание воздуха составит $I_{\text{вв}} = -30,8 \text{ кДж}/\text{кг}$. Подставив эти значения в (18), получим:

$$-30,8 = -32 + (-1,8 \times 32 + 2500)d,$$

откуда $d = 0,00049 \text{ кг}/\text{кг} = 0,49 \text{ г}/\text{кг}$.

Выводы

Рекомендации по обоснованию и выбору исходных данных могут быть полезны при проектировании систем вентиляции и отопления для согласования задания, формировании коммерческого предложения и разработке рекомендаций по реконструкции. ●

1. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Бояршинова А.Н. Проектирование систем вентиляции и отопления: Учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб.: Изд-во «Лань», 2014. 336 с.
 2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест. ГН 2.1.6.2897–11: Утв. главным санитарным врачом РФ. Введ. с 29.04.2011.
 3. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Утв. Госкомсанэпиднадзором России 01.10.1996 №21.
 4. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Актуал. ред. СНиП 41-01–2003. Введ. с 01.01.2013. — М.: Минрегион России, 2013. 76 с.
 5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология: Актуал. ред. СНиП 23-01–99*. Введ. с 01.01.2013. — М.: Минрегион России, 2013. 109 с.
 6. Фильней М.И. Новые формулы для определения термодинамических свойств водяного пара, содержащегося в атмосферном воздухе // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1966. №9. С. 98–102.
- References — see pp. 95.

Systems ventilation and heating design. Microclimate buildings requirements. Pages. 70–75.

R. N. Shumilov, PhD, Professor; **Yu. I. Tolstova**, PhD, Associate Professor; **A. N. Bojarshinova**, Senior Lecturer, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin" (Ekaterinburg city)

1. Shumilov R.N., Tolstova Yu.I., Bojarshinova A.N. Proektirovanie sistem ventiljacii i otoplenija: Ucheb. posobie. Izd. 2-e, pererab. i dop. [Systems ventilation and heating design. The textbook for high schools. 2nd edition, rev. and exp.]. Saint-Petersburg. Izdatel'stvo Lan' ["Lane" Publishers]. 2014. 336 p.
2. Predelno dopustimye koncentracii (PDK) zagriznjajushhih veshhestv v atmosfernom vozduhe naseljonnyh mest [Maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the ambient air of populated areas]. GN [Government Requirements] 2.1.6.2897–11. Utv. glavnym sanitarnym vrachom RF [Appr. by Chief Sanitary Doctor of the Russian Federation]. Vved. s 29.04.2011 [Enabled of Apr 29 of 2011].
3. Sanitarnye Normy i Pravila (SanPiN) [Sanitary Norms and Regulations of Russia (Russian Public Health Regulations)] 2.2.4.548–96. Gigienicheskie trebovanija k mikroklimatu proizvodstvennyh pomeshhenij [Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises]. Utv. Goskomsanepidnadzorom Rossii [Appr. by the State Committee of the Russian Sanitary and Epidemiological Inspectorate at] 01.10.1996 [of Nov 01 of 1996]. No. 21.
4. Svod Pravil (SP) [Set of Rules] 60.13330.2012. Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha: Aktualizirovannaja redakcija Stroitel'nye Normy i Pravila (SNiP) [Heating, ventilation and condition. An actualize release of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia)] 41-01–2003. Vved. s 01.01.2013 [Enabled of Jan 01 of 2013]. Moscow. Minregion Rossii [Russian Ministry of Regional Development]. 2013. 76 p.
5. Svod Pravil (SP) [Set of Rules] 131.13330.2012. Stroitel'naja klimatologija: Aktualizirovannaja redakcija SNiP [The Building Climatology. An actualize release of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia)] 23-01–99*. Vved. s 01.01.2013 [Enabled of Jan 01 of 2013]. 2013. 109 p.
6. Filney M.I. Novye formuly dlja opredelenija termodinamicheskikh svojstv vodjanogo para, sodержashhegosja v atmosfernom vozduhe [New formula to determine the thermodynamic properties of water vapor contained in the air] // Ivestiya vysshych uchebnyh zavedeni. Stroitel'stvo i arhitektura. [Proc. of the universities. Construction and architecture]. 1966. No. 9.