

УДК628.85

**З. В. УДОВИЧЕНКО, О. В. МИХАЙСКАЯ, Н. Р. УДОВИЧЕНКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА**

**Аннотация.** В статье приведен общий обзор европейских и международных норм, регламентирующих принципы нормирования параметров микроклимата помещений, а также дан анализ и сравнительная характеристика требований отечественных и международных норм.

**Ключевые слова:** микроклимат помещений, параметры микроклимата, тепловой комфорт.

**ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

На сегодняшний день установлено, что 90 % времени человек проводит в помещении [1], в связи с этим определяющее влияние на общее текущее состояние человека и на его здоровье в целом оказывает микроклимат помещения.

В общем понимании среда, в которой человек существует в помещении, называется микроклиматом. С научной же точки зрения микроклимат – это условия внутренней среды помещения, влияющие на тепловой обмен человека с окружением путем конвекции, кондукции, теплового излучения и испарения влаги; эти условия определяются сочетанием температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, температуры окружающих человека поверхностей и интенсивности теплового (инфракрасного) облучения [2].

Комфортное состояние человека в помещении обеспечивает баланс перечисленных выше основных параметров микроклимата. Еще в 1884 г. И. И. Флавицкий выявил комплексное воздействие метеорологических факторов на человека.

Основное влияние на формирование комфортного для жизнедеятельности человека микроклимата оказывают факторы внешней среды, планировочные решения при строительстве здания и режимы работы инженерных сетей в рассматриваемых зданиях. Особенно чувствителен организм человека к тепловым условиям и качеству воздуха в помещении.

Обеспечение заданных показателей микроклимата является одной из основных задач специалистов по строительной теплофизике, отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха. За рубежом исследования теплоощущений человека в помещении легли в основу большого числа национальных и международных стандартов на тепловой микроклимат и параметры воздушной среды.

**ЦЕЛЬ**

Проанализировать особенности современного подхода к нормированию микроклимата в помещениях с учетом ряда дополнительных факторов, максимально учитывающих индивидуальные потребности каждого человека, находящегося в помещении.

**ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Задаче определения численных значений параметров комфортного микроклимата посвящено значительное количество исследований. В частности, датским профессором Оле Фангером, общепризнанным исследователем в этом направлении в последние десятилетия, получено уравнение теплового комфорта на базе балансовых уравнений явной и скрытой теплоотдачи человеком [3]:

$$6,91 + \frac{M}{F_d} (0,45 - 0,601\eta + 0,003P + 0,0014t_b) + 0,407P = 4k \left[ \left( \frac{t_{од} + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_k + 273}{100} \right)^4 \right] + k\alpha_b(t_{од} - t_k), \quad (1)$$

где  $M/F_d$  – удельное значение метаболического тепла, Вт/м;  
 $\eta$  – механический коэффициент полезного действия;  
 $P$  – парциальное давление водяного пара в воздухе, мм рт.ст.;  
 $t_{од}$  – температура одежды, °С;  
 $k$  – коэффициент теплопередачи одежды, кло (1 кло = 0,155 м<sup>2</sup>·°С/Вт);  
 $\alpha_b$  – коэффициент теплообмена, Вт/м<sup>2</sup>·°С.

В уравнении комфорта учтены различные факторы, определяющие ощущения теплового комфорта: параметры микроклимата –  $t_b$ ,  $t_r$ ,  $P$ ,  $V$  (в скрытом виде); одежда человека –  $k$ ,  $R_{од}$ ; характер физической работы –  $M/F_d$ ,  $\eta$ .

В отечественной литературе существует понятие условий комфортности [4].

Первое условие комфортности температурной обстановки определяет такую область сочетаний температуры внутреннего воздуха  $t_b$  и радиационной температуры помещения  $t_r$  при которых человек, находясь в центре рабочей зоны, не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения. В общем случае первое условие комфортности определяет энергетический баланс организма человека и окружающей среды и описывается формулой П. О. Фангера:

$$M = W + Q_g + Q_k, \quad (2)$$

где  $M$  – количество тепла, вырабатываемого организмом, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $W$  – объем производимой механической работы, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $Q_g$  – общее количество тепла, выделяемого при дыхании, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $Q_k$  – общее количество тепла, отводимого через кожу, Вт/м<sup>2</sup>.

Формула (2) учитывает значительное количество параметров окружающего микроклимата и индивидуальные характеристики человека.

Количество отводимого от тела тепла зависит от разницы температуры между телом и окружающей воздушной средой, потерь тепла от окружающих стен, кожных испарений, потерь тепла при дыхании.

На комфортную для организма температуру внутреннего воздуха влияют тип одежды и величина метаболизма. Для определения количества тепла, выделяемого при различных видах деятельности, вводится показатель  $Met$  (метаболизм), равный 58 Вт/м<sup>2</sup>. Одежда имеет теплоизоляционный эффект, который оценивается коэффициентом «Clo» = 0,155 м<sup>2</sup>·К/Вт [5].

Второе условие комфортности определяет допустимые температуры нагретых и охлажденных поверхностей при нахождении человека в непосредственной близости от них. С математической точки зрения, второе условие комфортности определяет границы изменения переменных, входящих в первое условие комфортности.

Опираясь на известные понятия первого и второго условий комфортности, можно с определенной точностью задать необходимые параметры комфортного микроклимата в помещении, так как согласно первому условию комфортности такие параметры существуют, а согласно второму – они лежат в определенных пределах. При этом возникают ситуации, когда человек, по каким-либо причинам, надевает костюм с отличающимся от приведенного в нормативе коэффициентом «Clo» или его физическая активность и метаболизм будут отличаться от расчетных значений. В таком случае, несмотря на выполнение первого и второго условий комфортности, температура в помещении не будет комфортной.

Для удовлетворения потребностей каждого человека введено понятие третьего условия комфортности, которое гласит, что с целью соответствия субъективным ощущениям комфорта потребителя параметры микроклимата должны регулироваться индивидуально [6].

Сегодня в развитых странах нормирование параметров микроклимата помещений наиболее полно представлено в международном стандарте ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the *PMV* and *PPD* indices and local thermal comfort criteria (Эргономика тепловых условий – определение и разъяснение теплового комфорта с использованием *PMV* (Predicted Mean Vote – ожидаемая средняя оценка степени комфорта) и *PPD* (Predicted Percentage of Dissatisfied – ожидаемый процент недовольных микроклиматом) показателей и критериев местного теплового комфорта).

Модель *PMV* (прогнозируемая средняя модель голосования) является одной из лучших известных тепловых комфортных моделей для людей. Она основана на модели комфорта Фангера и связывает энергетический баланс человеческого тела с тепловым ощущением человека, используя прямую эмпирическую функцию. Среднестатистический показатель оценки микроклимата в большой группе людей оценивается по 9-и балльной шкале от «-4 – очень холодно» до «+4 – очень горячо». Комфортному показателю *PMV* соответствует значение «0 – тепловая нейтральность». В модели *PMV* температура одежды является единственным параметром, который реагирует на условия окружающей среды, температура кожи зависит только от активности человека.

В дополнение к значению *PMV* для описания модели теплового комфорта помещения используется соответствующее значение *PPD* (Прогнозируемый процент недовольных микроклиматом), в котором сообщается процент людей, которые будут недовольны существующими климатическими условиями. *PPD* описывает неудовлетворенность людей на основе ощущаемого ими теплового дискомфорта, и поскольку тепловой дискомфорт все ощущают по-разному, показатель *PPD* никогда не опускается ниже 5 %.

*PPD* вычисляют, исходя из *PMV*, по формуле

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2). \quad (3)$$

В работе [7] указывается, что необходимо устанавливать значения параметров микроклимата по их комплексному физиологическому влиянию на организм человека, а также учитывать технические и экономические возможности поддержания этих параметров в различных климатических зонах, что особенно сегодня актуально.

Анализ и сравнительная характеристика требований отечественных и международных норм относительно параметров микроклимата указывают, что:

- на комфорт/дискомфорт в помещении влияет больше факторов, чем обычно рассматривается на практике при проектировании. В том числе: степень радиационной температуры нагревательных/охлаждающих поверхностей, неравномерность распределения радиационной температуры, турбулентность воздуха, выделение вредных веществ в помещение в результате воздействия инсоляции на строительные и отделочные материалы и пластиковые окна;
- оборудование дома даже самым современным инженерным оборудованием не гарантирует достижения необходимых параметров теплового комфорта;
- система, которая предварительно запроектирована и эксплуатируется по высоким показателям обеспечения теплового комфорта, не гарантирует удовлетворение микроклиматом, поскольку даже наилучшие условия допускают наличие людей, ощущающих дискомфорт;
- основанием современного создания теплового комфорта является обеспечение индивидуальных потребностей каждого человека при помощи местного (в помещении) автоматического регулирования микроклимата инженерными системами.

Для проектирования систем отопления, охлаждения, вентиляции, освещения и проверки параметров внутренней среды помещений исходные данные в странах Евросоюза принимают согласно с EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics (Параметры внутренней среды для проектирования и определения энергоэффективности домов по качеству внутреннего воздуха, теплового состояния, освещенности и акустики). Эта норма включает в себя положения ISO 7730, дополняет их требованиями относительно воздухообмена и акустики для разных типов домов и помещений, включает разъяснения по использованию этих либо других параметров, особенностей проектирования домов с системами охлаждения (кондиционирования), с естественной и принудительной вентиляцией, жилых и нежилых домов и т. д.

Одним из основных отличий от отечественного комплекса нормирования по допустимым и оптимальным параметрам микроклимата является европейское нормирование по четырем уровням обеспечения внутренней среды.

A (I) – наивысший, рекомендуемый для использования в помещениях с чувствительными и болезненными людьми со специфическими требованиями, в частности – умственно неполноценных, больных, детей младшего возраста, лиц пожилого возраста ( $PPD < 6\%$ );

B (II) – нормальный, рекомендуемый для использования в помещениях домов, строящихся или реконструирующихся ( $PPD < 10\%$ );

C (III) – допустимый, рекомендуемый для эксплуатируемых помещений домов ( $PPD < 15\%$ );

D (IV) – достаточный, рекомендуемый для помещений, используемых ограниченно промежуток времени в течение года ( $PPD > 15\%$ ).

Европейские нормы уделяют особое внимание качеству внутреннего воздуха, что обусловлено внутренним загрязнением. Удельные (на человека или на квадратный метр площади помещения) нормы вентиляционного воздуха для помещений делятся на три уровня загрязненности внутреннего воздуха:

– самый низкий – для зданий, интерьер которых выполнен только из натуральных традиционных материалов: камень, стекло; материалы с уровнем выделения загрязняющих веществ: летучие органические соединения – до 0,1 мг/м<sup>3</sup>ч, формальдегид – 0,02 мг/м<sup>3</sup>ч, аммиак – до 0,01 мг/м<sup>3</sup>ч, канцерогены – до 0,002 мг/м<sup>3</sup>ч и материалов, степень недовольных запахом которых среди людей составляет до 10 %;

– низкий – для зданий, интерьер которых выполнен только из традиционных натуральных материалов, таких как: камень, стекло, материалы с уровнем выделения загрязняющих веществ: летучие органические соединения – до 0,02 мг/м<sup>3</sup>ч, формальдегид – до 0,05 мг/м<sup>3</sup>ч, аммиак – до 0,03 мг/м<sup>3</sup>ч, канцерогены – до 0,01 мг/м<sup>3</sup>ч и материалов, степень недовольных запахом которых среди людей составляет до 15 %;

– высокий – для зданий, которые не отвечают вышеперечисленным требованиям.

Такую оценку качества внутреннего воздуха принимают для зданий общественного назначения. При этом учитывается наличие курящих, для которых необходимо увеличивать кратность воздухообмена во всех помещениях.

Для жилых домов используется близкий к отечественной практике подход к проектированию, приведенный в ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки. Основні положення». За окончательный принимают воздухообмен, наибольший из расчетных по кратности или по расходам. В норме указано, что необходимо предусмотреть возможность понижения расхода воздуха в помещении при отсутствии людей. Указанные показатели воздухообмена принимают для строящихся и реконструируемых зданий. Они отличаются как в большую, так и в меньшую сторону от положений отечественных ДБН. В общем случае, нормированный воздухообмен по требованиям европейских норм меньше, чем по отечественным нормам. Это позволяет сократить расходы тепла с удаляемым вентиляционным воздухом. Тем более что с уменьшением потерь тепла через ограждающие конструкции увеличивается часть теплопотерь с вентиляционным воздухом в общем тепловом балансе здания.

## ВЫВОДЫ

Учитывая, что комфортные параметры внутреннего микроклимата зависят от индивидуальных характеристик и требований людей, параметры внутреннего микроклимата должны иметь возможность индивидуального регулирования с целью соответствия субъективным ощущением комфорта потребителя.

Современные параметры микроклимата помещений не учитывают всего комплекса физиологических воздействий, оказываемых воздушной средой помещения на организм человека, вследствие чего в основу нормирования необходимо заложить не просто санитарно-гигиенический, а комплексный физиологический подход с учетом существенно изменившихся на сегодняшний день интерьерной обстановкой, планировкой помещений, качеством применяемых современных строительных и отделочных материалов.

При этом для систем климатизации проводимые мероприятия по повышению энергетической эффективности не должны противоречить условиям обеспечения требуемого микроклимата помещений зданий, и в том числе условиям обеспечения качества внутреннего воздуха и нормальной физиологической температурной обстановки помещений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Olesen, В. Стандарты вентиляции и качества внутреннего воздуха: европейский и американский подходы [Текст] / В. Olesen // АВОК. – 2011. – № 5. – С. 18–25.
2. ДБНВ.2.5-67:2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]. – Введ. 01.01.2014. – К. : Минрегион Украины, 2013. – 113 с.
3. Fanger, P. O. Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering [Текст] / Poul Ole Fanger. – Malabar, Florida, USA : R.E. Krieger Publish. Co., 1982. – 244 p. – ISBN 0-89874-446-6.
4. Богословский, В. Н. Отопление [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Богословский, А. Н. Сканави. – М. : Стройиздат, 1991. – 735 с.
5. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011. Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту [Текст]. – Введ. 01.01.2013. – К. : Мінрегіон України, 2012. – 66 с.

6. Брух, С. В. Три условия комфортности [Электронный ресурс] / С. В. Брух // Мир Климата. – 2004. – № 23. – Режим доступа : [https://www.mir-klimata.info/archive/2004\\_2/tri\\_usloviya\\_komfortnosti](https://www.mir-klimata.info/archive/2004_2/tri_usloviya_komfortnosti).
7. Гошка, Л. Л. Энергосбережение и энергоэффективность климатических систем [Текст] / Л. Л. Гошка // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1. – С. 14–22.

Получено 11.09.2017

**З. В. УДОВИЧЕНКО, О. В. МИХАЙСЬКА, М. Р. УДОВИЧЕНКО**  
**НОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ**  
**ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»**

**Анотація.** У статті наведено загальний огляд європейських та міжнародних норм, що регламентують принципи нормування параметрів мікроклімату приміщень, а також дано аналіз і порівняльна характеристика вимог вітчизняних і міжнародних норм.

**Ключові слова:** мікроклімат приміщень, параметри мікроклімату, тепловий комфорт.

**ZLATA UDOVICHENKO, OKSANA MIKHAISKAYA, NIKITA UDOVICHENKO**  
**RATIONING OF MICROCLIMATE PARAMETERS**  
**Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**

**Abstract.** The article gives a general overview of European and international norms regulating the principles of standardizing the parameters of the microclimate of premises, as well as analysis and comparative characteristics of the requirements of domestic and international standards.

**Key words:** microclimate of premises, microclimate parameters, thermal comfort.

**Удовиченко Злата Викторовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

**Михайская Оксана Валентиновна** – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

**Удовиченко Никита Ростиславович** – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

**Удовиченко Злата Вікторівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплогазопостачання і вентиляції.

**Михайська Оксана Валентинівна** – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплогазопостачання і вентиляції.

**Удовиченко Микита Ростиславович** – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплогазопостачання і вентиляції.

**Udovichenko Zlata** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat- gas supply and ventilation.

**Mikhaiskaya Oksana** – master's student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat- gas supply and ventilation.

**Udovichenko Nikita** – master's student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat- gas supply and ventilation.