

УДК 628.83

*Кузьмин Сергей Иванович,
к.т.н., доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail:sergey.kuzmin@mail.ru*

МОДЕЛЬ НАРУЖНОГО КЛИМАТА ДЛЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Kuzmin S.I.

OUTDOOR CLIMATE MODEL FOR THE SELECTION OF TECHNOLOGICAL SCHEMES OF MICROCLIMATE CREATION SYSTEMS

Аннотация. *Приведена методика анализа и обоснование выбора технологической схемы системы создания микроклимата на основе вероятностной модели параметров наружного климата.*

Ключевые слова: *кондиционирование, вентиляция, наружный климат, технологическая схема обработки воздуха.*

Abstract. *The method of analysis and substantiation of the choice of the technological scheme of the microclimate creation system based on the probabilistic model of the parameters of the outdoor climate is given.*

Keywords: *air conditioning, ventilation, outdoor climate, technological scheme of air treatment.*

Методика выбора технологической схемы систем создания микроклимата (ССМ), основанных на использовании наружного воздуха (вентиляция, кондиционирование), выбирается из условий реализации предпочтительных режимов эксплуатации системы в течение расчётного периода года. При назначении оптимального режима эксплуатации используются критерии как технологические (производительность ССМ, потребление энергоресурсов), так и экономические (стоимость системы, эксплуатационные затраты) [1-3].

Наиболее известная методика выбора схемы ССМ основана на анализе и определении оптимальных режимов её эксплуатации, соответствующих конкретному термодинамическому состоянию наружного воздуха [3]. Область наружного климата, представляющая как некоторое облако значений, отражающих тепло-влажностное состояние воздуха в течение расчётного года. И в зависимости от состояния наружного воздуха по отношению к необходимому состоянию приточного воздуха обосновывается оптимальный способ его обработки, которому соответствует режим эксплуатации системы. Совокупность необходимых режимов эксплуатации в течение расчётного периода определяет соответствующую технологическую схему ССМ.

Реализация такого подхода к выбору схемы ССМ на практике затруднена отсутствием данных по количественной оценке состояния наружного воздуха в единичном интервале расчётного периода.

Значение основных параметров наружного климата – температуры и относительной влажности воздуха, для среднестатистического года и конкретного географического пункта приводятся в климатических альманахах и справочниках. Продолжительность сочетания этих параметров в пределах принятых интервалов значений, осредненная за некоторый период также известна и составляет нормативную информацию [4]. Эти данные являются основой для определения расчетных показателей энергопотребляющих систем. Однако, естественно, что для произвольного года распределение значений климатических параметров отличается от среднестатистических. А для анализа работы конкретной системы может оказаться важным именно возможное, а не осредненное распределение.

В данной работе рассмотрен метод подхода к составлению модели вероятного распределения термодинамических параметров наружного климата по годовому периоду и определения часов стояния этих параметров в заданных диапазонах значений.

Основой метода является обоснование того факта, что значение параметра микро-

климата S_j можно определить на произвольный час года j по статистическим характеристикам [6]. С заданной доверительной вероятностью p можно утверждать, что параметр S_j примет значение, находящееся в интервале:

$$S_j = \bar{S}_j \pm \theta_j^s,$$

где \bar{S}_j – среднее значение климатического параметра, соответствующее времени j ;

θ_j^s – случайная составляющая параметра S , соответствующая времени j .

Среднестатистическое значение параметра определяется по формуле:

$$\bar{S}_j = S_o + \sum_1^n (A_i \cdot \cos \omega_i j + B_i \sin \omega_i j),$$

где S_o – математическое ожидание средней годовой температуры;

A_i и B_i – амплитуды колебаний математического ожидания параметра S , соответствующее частоте ω_i .

Значение S_o , A_i и B_i для температуры и относительной влажности воздуха приводятся в нормативной литературе [6] для характерных географических пунктов климатических районов.

При этом утверждается, что случайная составляющая θ_j^s этих двух параметров распределяется по нормальному закону с математическим ожиданием равным нулю и известным средним квадратичным отклонением σ_s . Тогда доверительный интервал для S_j определится по выражению:

$$S_j = \bar{S}_j \pm k_p \cdot \sigma_s,$$

где k_p – множитель, соответствующий кратности доверительного интервала нормальному распределению среднеквадратичному отклонению при доверительной вероятности p .

Таким образом, если значение климатического параметра в произвольный час годового периода представляется случайным событием, распределенным по нормальному закону, то его случайное значение можно определить по правилу вычисления нормально распределённой величины [9]:

$$S_j = \bar{S}_j \pm k_{nj} \cdot \sigma_s, \quad (2)$$

где k_{nj} – случайная величина, находящаяся в диапазоне доверительного интервала.

Соответственно, вычисляя возможное (случайное) значение климатического параметра в каждый час года можно сформировать массив данных, характеризующих возможное состояние наружного климата, отличающееся от среднестатистического, но

находящихся в пределах вероятных значений параметров для конкретного географического пункта.

В качестве основы для иллюстрации метода примем схему распределения режимов работы ССМ (диаграмма состояния влажного воздуха) по области значений параметров наружного климата, приведённого на рисунке 1 для системы кондиционирования воздуха с параметрами приточного воздуха, в зоне, ограниченной предельными допустимыми значениями температуры и относительной влажности.

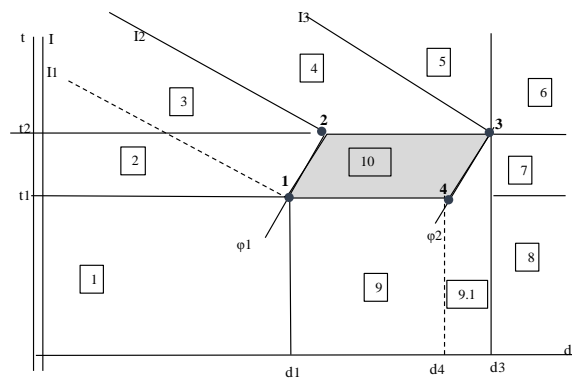


Рисунок 1 – Схема распределения зон в области стояния параметров наружного климата, соответствующих оптимальным режимам работы ССМ на диаграмме состояния воздуха [1] – номер зоны; I, d, t, ϕ – соответственно теплосодержание, влагосодержание, температура и относительная влажность воздуха.

По данным [4] определяются только температура и относительная влажность воздуха. Но эти параметры позволяют вычислить и теплосодержание (кДж/кг), и влагосодержание (кг/кг. сух. возд.):

$$I = 1,005 \cdot t + (2500 + 1,86 \cdot t) \cdot d; \quad (3)$$

$$d = d_o \cdot \phi, \quad (4)$$

где d_o – влагосодержание в воздухе, насыщенном водяными парами. Можно определить по формуле:

$$d_o = 4,58 \cdot \exp\left(\frac{17,14 \cdot t}{235,3 + t}\right) \cdot (0,00015 \cdot t + 0,817). \quad (5)$$

Границы зон, характерные для систем кондиционирования воздуха, когда нормируется и температура и влажность внутреннего воздуха (рис. 1), определяются следующим образом:

$$\text{Зона 1 } t_j \leq t_1; \text{ и } d_j \leq d_4.$$

$$\text{Зона 2 } t_1 < t_j \leq t_2 \text{ и } \phi_j \leq \phi_1 = \phi_2.$$

- Зона 3 $t_j > t_2$ и $I_j \leq I_2$.
- Зона 4 $t_j > t_2$ и $I_2 < I_j \leq I_3$.
- Зона 5 $I_j > I_3$ и $d_j > d_3$.
- Зона 6 $t_j > t_2$ и $d_j > d_3$.
- Зона 7 $d_j > d_3$ и $t_2 \geq t_j > t_1$.
- Зона 8 $d_j > d_3$ и $t_j \leq t_1$.
- Зона 9.1 $\varphi_j \leq \varphi_3 = \varphi_4$ и $d_4 \geq d_j < d_3$.
- Зона 9 $d_1 \leq d_j < d_4$ и $t_j \leq t_1$.
- Зона 10 $t_1 < t_j \leq t_2$ и $\varphi_1 > \varphi_j \leq \varphi_3$

Алгоритм счёта предполагает вычисление термодинамических параметров на каждый час года по (2) и суммирование часов (случаев) попадания их значений в соответствующую зону.

На рисунке 2 приведены результаты определения величины часов по зонам для годового периода (8760 часов) для представительского пункта «умеренно-холодного климата» (г. Улан-Удэ) при 95 % доверительной вероятности и условиях, определяющих требуемое состояние приточного воздуха (зона 10):

$$t_1 = 18^\circ\text{C}; \quad t_2 = 23^\circ\text{C}.$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 60\%; \quad \varphi_3 = \varphi_4 = 80\%.$$

$$I_1 = 37,2 \text{ кДж/кг.}; \quad I_2 = 49,1 \text{ кДж/кг.}$$

$$I_3 = 57,8 \text{ кДж/кг.}; \quad I_4 = 43,5 \text{ кДж/кг.}$$

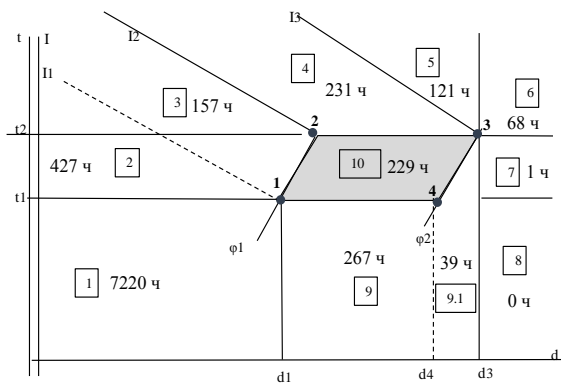


Рисунок 2 – Схема распределения продолжительности часов стояния параметров климата в зонах оптимальных режимов работы ССМ для условий г. Улан-Удэ (система кондиционирования).

Распределение годовой суммы часов по отдельным зонам характеризуется значительным перекосом в сторону 1-й зоны: 82,5 % часов. Поэтому при выборе технологической схемы ССМ можно ориентироваться исключительно на реализацию необходимого режима обработки воздуха – с возможностью 2-х ступенчатого нагрева, смешения рециркуляционного и наружного воздуха и его

адиабатического увлажнения. А, если учесть, что эта технологическая схема обеспечивает реализацию режимов обработки 2-й, 3-й, 4-й, 9-й и 9.1 зон, то общая продолжительность периода, удовлетворяемого такой схемой, составляет 95,2 %. Остальные зоны, предполагающие более сложную обработку воздуха со специальным оборудованием и источниками холодоснабжения, могут не рассматриваться при выборе окончательной технологической схемы ССМ.

Надо отметить, что продолжительность периода с параметрами наружного воздуха, не требующего никакой обработки, оказался недостаточно большим – около 11 суток. Из этого следует, что даже в условиях, когда расчётные параметры района строительства близки к требуемым (температура наружного воздуха по параметрам категории «А» - 24 °С), период эксплуатации ССМ без потребления энергии и ресурсов (простое проветривание) не влияет на эксплуатационные затраты.

Для систем приточной вентиляции, когда в помещении нормируется только температура воздуха (рис. 3), продолжительность стояния параметров в зоне, не требующей обработки воздуха, достигает более значительной величины – около 8 %. И при этом доля периода с необеспеченностью внутренних условий (зоны 3, 4, 5, 6) составляет около 6 %, что является обоснованием для исключения из схемы системы оборудования для увлажнения и охлаждения воздуха.

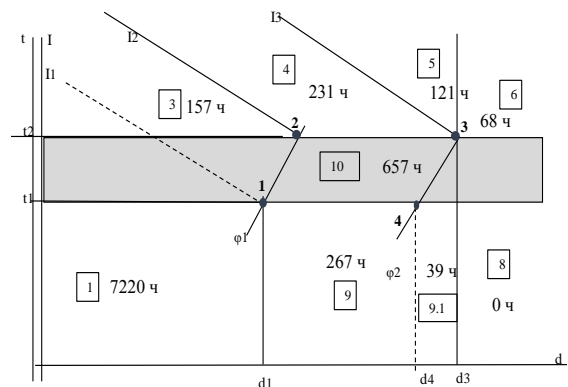


Рисунок 3 – Схема распределения продолжительности часов стояния параметров климата в зонах оптимальных режимов работы ССМ для условий г. Улан-Удэ (система общеобменной вентиляции).

Таким образом, предложенный метод исследования режимов работы ССМ позволяет обосновано выбрать рациональную технологическую схему.