

вития РФ. Валовой региональный продукт субъектов РФ. 2023. – Текст: электронный // URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/61497> (дата обращения: 20.10.2025).

8. **Полтавская, Ю.О.** Применение геоинформационных систем для обеспечения устойчивого развития транспортной системы города / Ю. О. Полтавская. – Текст: непосредственный // В сборнике: Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине. Сборник научных трудов VI Международной научной конференции. Под редакцией О.Г. Берестневой, В.В. Спицына, А.И. Труфанов, Т.А. Гладко-

вой. – 2019. – С. 164-167.

9. **Михайлов, А.Ю.** Интегральный критерий оценки качества функционирования улично-дорожных сетей / А. Ю. Михайлов. – Текст: непосредственный // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2004. – № 2. – С. 50-53.

10. **Крипак, М.Н.** Оценка состояния улично-дорожной сети крупного города / М. Н. Крипак, О. А. Лебедева. – Текст: непосредственный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 3 (51). – С. 171-174.

УДК 628.83

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

АНАЛИЗ МОДЕЛИ НАРУЖНОГО КЛИМАТА ДЛЯ ВЫБОРА СИСТЕМ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНАМ

Kuzmin S.I.

ANALYSIS OF THE OUTDOOR CLIMATE MODEL FOR THE SELECTION OF MICROCLIMATE SYSTEMS FOR CLIMATIC ZONES

Аннотация. Приведены результаты анализа распределения продолжительности технологических режимов эксплуатации систем создания микроклимата по основным климатическим зонам на основе вероятностной модели параметров наружного климата.

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

Abstract. The results of the analysis of the distribution of the duration of technological modes of operation of microclimate systems over the main climatic zones based on a probabilistic model of outdoor climate parameters are presented.

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

Методика выбора технологической схемы систем создания микроклимата – отопления, общеобменной приточной вентиляции, кондиционирования (ССМ), основывается на оптимизации критериев, представляющих комплекс из технических, ресурсных и экономических показателей [1, 2]. Значения этих критериев зависят от продолжительности работы системы в оптимальном режиме, соответствующем определённому состоянию наружного климата.

В работе [3] предложен метод составления модели вероятного распределения термодинамических параметров наружного климата в годовом периоде и определения часов нахождения этих параметров в заданных диапазонах значений.

Основой метода является обоснование

того факта, что значение параметра микроклимата S_j можно определить на произвольный час года j по статистическим характеристикам [4]. Принимается, 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:

$$\bar{S}_j = S_0 + \sum_1^n (A_i \cdot \cos \omega_i j + B_i \sin \omega_i j),$$

где S_0 – математическое ожидание средней годовой температуры; A_i и B_i – амплитуды колебаний математического ожидания пара-

метра S , соответствующее частоте ω_j .

Примем, 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 среднему квадратичному отклонению при доверительной вероятности p .

Исходя из предположения, что искомым параметр климата в произвольный час годового периода представляется случайным событием, распределенным по нормальному закону, его возможное значение определится по правилу вычисления нормально распределённой величины [4]:

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

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

Таким образом, формируется массив данных, характеризующих возможное состояние наружного климата, отличающихся от среднестатистического, но находящихся в пределах вероятных значений параметров для конкретного географического пункта.

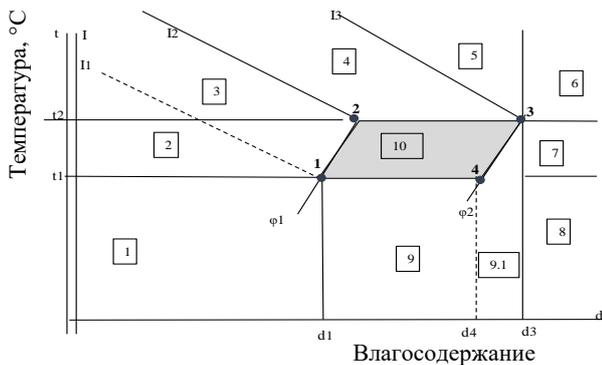


Рисунок 1 – Схема распределения зон в области стояния параметров наружного климата, соответствующих оптимальным режимам работы ССМ на диаграмме состояния воздуха: □ - номер зоны; I, d, t, φ – соответственно теплосодержание, влагосодержание, температура и относительная влажность воздуха.

Схема распределения режимов работы ССМ (на диаграмме состояния влажного

воздуха) по области значений параметров наружного климата, приведена на рис. 1 для системы кондиционирования воздуха с параметрами приточного воздуха, в зоне, ограниченной предельными допустимыми значениями температуры и относительной влажности [5].

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

Зона 1: $t_j \leq t_1$ и $d_j \leq d_4$.

Зона 2: $t_1 < t_j \leq t_2$ и $\varphi_j \leq \varphi_1 = \varphi_2$.

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 $d_4 \leq d_j < d_3$.

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 $\varphi_1 < \varphi_j \leq \varphi_3$.

Для общеобменных систем вентиляции без аппаратов, обеспечивающих адиабатическое увлажнение приточного воздуха, сумма часов стояния параметров, находящихся в зонах 3, 4, 5, 6 составляет период с необеспеченностью расчётного микроклимата, а зонам 2 и 10 соответствует одинаковый режим работы ССМ – без обработки наружного воздуха.

В настоящей работе предложенный метод реализован для определения продолжительности периодов, соответствующих оптимальным режимам работы системы кондиционирования и общеобменной вентиляции для основных климатических зон страны.

На рис. 2 приведены результаты определения периодов часов стояния наружных параметров по зонам относительно годового периода (8760 часов) для представительских пунктов расчётных климатических районов при 95% доверительной вероятности и условиях, определяющих требуемое состояние приточного воздуха (зона 10):

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

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

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

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

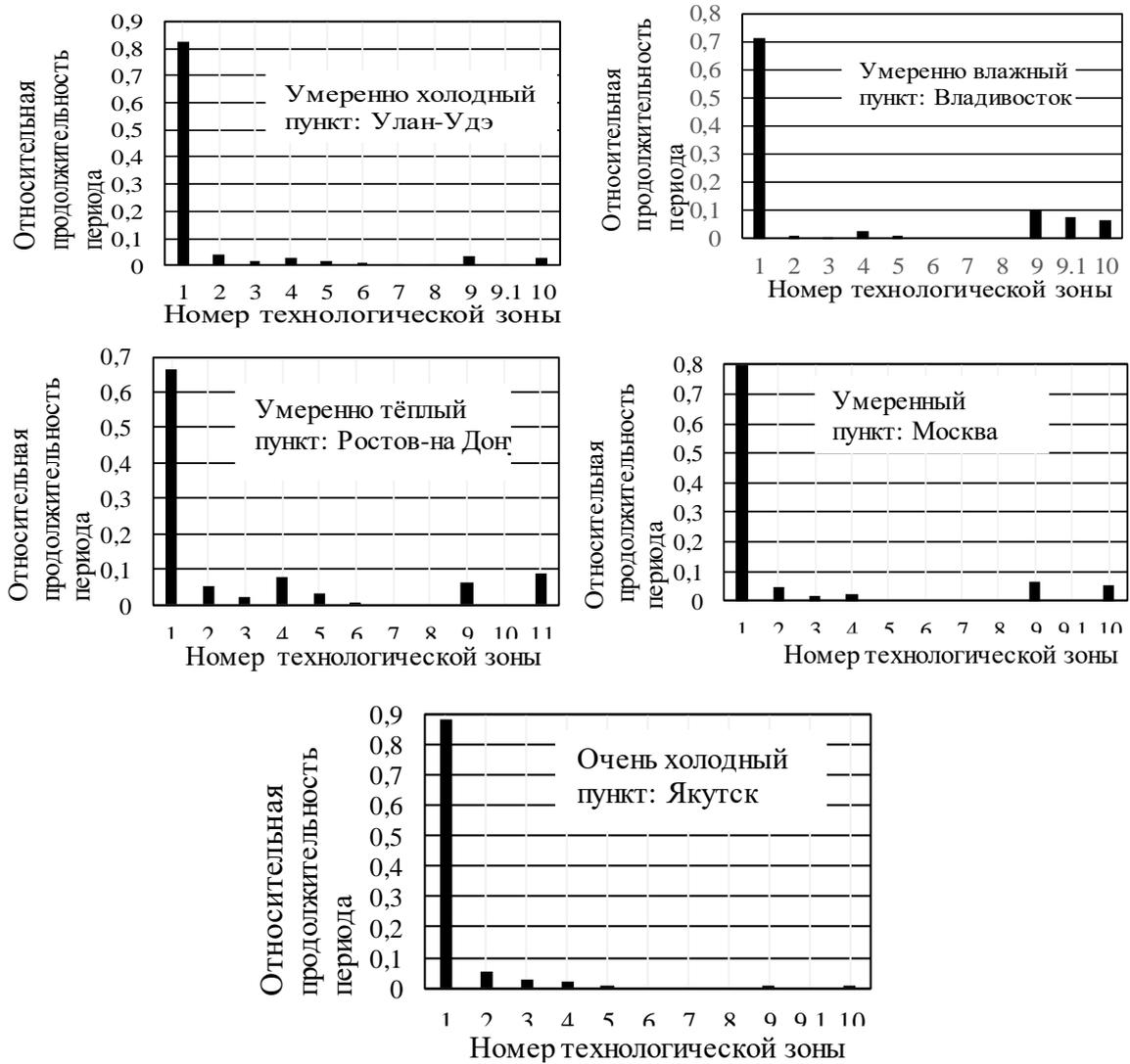


Рисунок 2 – Распределения относительной продолжительности часов стояния параметров наружного воздуха в зонах оптимальных режимов работы ССМ в климатических районах

Из результатов моделирования распределения параметров следует, что для всех климатических районов в нашей стране доля периода продолжительности часов работы систем кондиционирования воздуха в режиме только нагрева приточного воздуха с возможностью рециркуляции (зона 1) варьируется от 67% (умеренно-тёплый район) до 88% (очень холодный район). А если учесть, что эта технологическая схема обработки воздуха может работать и в режиме только нагрева (без изменения влагосодержания – зоны 9 и 9.1), то период обеспечения требуемого состояния микроклимата в помещении увеличится до 90% и 73% соответственно (рис. 3).

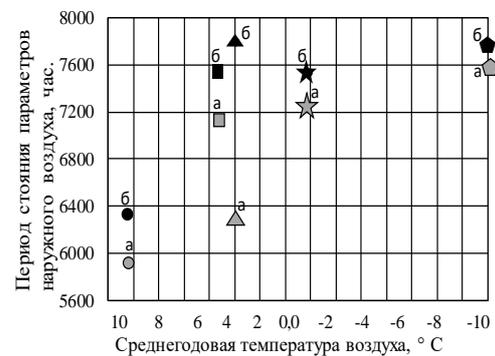


Рисунок 3 – Продолжительность часов стояния параметров наружного воздуха в расчётных зонах 1 (а) и суммарно в 1, 9, 9.1 (б) в климатических районах: ● - умеренно тёплый; ■ - умеренный; ▲ - умеренно влажный; ★ - умеренный холодный; ◆ - очень

холодный.

Интересно, что для умеренно влажного климата продолжительность периодов в зонах 9 и 9.1 настолько велика (из-за высокой влажности наружного воздуха), что суммарная продолжительность работы приточной вентиляции в режиме, ограничивающимся только нагревом приточного воздуха, превышает аналогичный период даже для очень холодного района. Хотя в умеренном климате с практически такой же среднегодовой температурой влияние зон 9 и 9.1 на продолжительность этой технологической схемы ССМ заметно меньше.

Продолжительность стояния параметров наружного воздуха в зонах, требующих реализации технологических схем, обеспечивающих охлаждение и осушение приточного воздуха (зоны 3, 4, 5, 6) практически для всех районов составляют от 2% до 6% от годового цикла (рис. 4). Исключение составляет район с умеренно теплым климатом, для которого этот период составляет почти 2 месяца (49 суток).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Креслинъ А.И. Регулирование систем кондиционирования воздуха, М.: Стройиздат, 1972.– 206 с.
2. Рымкевич А.А. Математическая модель системы кондиционирования воздуха – Л.: ЛТИХТ, 1979. - 88 с.
3. Кузьмин С.И. Модель наружного климата для выбора технологических схем систем создания микроклимата – Ангарск: Вестник АнГТУ, 2022. – С. 131-134.

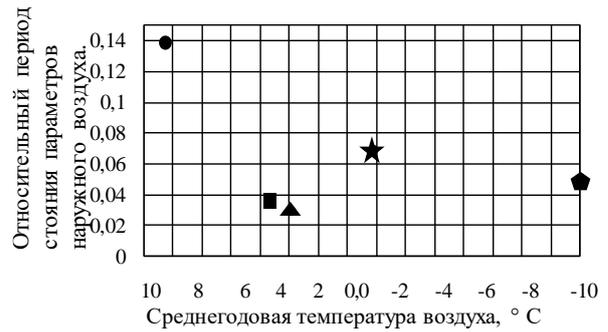


Рисунок 4 – Относительная продолжительность периода стояния параметров наружного воздуха суммарно в зонах 3, 4, 5, 6 в климатических районах (обозначение см. рис. 3).

Из приведённого анализа следует, что на значительной территории России для обеспечения требуемого состояния микроклимата вполне достаточно самой простой технологической схемы обработки воздуха. Применение более сложных схем может быть оправдано только для южных районов.

4. ГОСТ 16350-80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.

5. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства // Под. ред. Н.Н. Павлова, ч. 3, кн. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.