

УДК 697.1

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ

Дмитрий Валерьевич Гурьянов

кандидат технических наук, доцент

guryanov72@mail.ru

Максим Константинович Манаенков

магистрант

manaenkov.max@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Представлена тепловая модель с однозначно определяемыми параметрами для прогнозирования температурных условий в помещении с установленными системой отопления радиатором, кондиционером и теплым полом.

Ключевые слова: микроклимат в помещении, управление температурным режимом, тепловая модель.

Самочувствие человека, постоянно или временно пребывающего в помещении, напрямую зависит от микроклимата, формирующегося в результате воздействия наружной среды, технологического процесса, систем отопления, охлаждения и вентиляции [1-3]. Обычно системы, формирующие микроклимат в помещении, не связаны друг с другом, из-за чего возникает проблема эффективного управления их совместной работой.

Например, в помещении установлены радиаторы водяного отопления, вентиляция и система кондиционирования. Радиаторы управляются термостатической головкой, отрегулированной на заданную температуру [2-5]. Система вентиляции имеет постоянную производительность и может быть включена или выключена. Система кондиционирования имеет терморегулятор со своей заданной температурой. Из-за отсутствия связи управление перечисленными устройствами осуществляется независимо друг от друга. В случае превышения заданной температуры термостатической головки над установленной температурой терморегулятора кондиционера системы будут работать друг против друга. При этом менее мощное устройство будет работать постоянно, а более мощное – либо постоянно, либо прерывисто.

Подобное терморегулирование неэффективно, так как необходимые затраты энергии складываются из энергии, необходимой для обогрева или охлаждения помещения и энергии, необходимой для противодействия систем отопления и кондиционирования.

Кроме того, системы отопления или охлаждения помещения имеют различную производительность и удельную стоимость затрачиваемой энергии. Поэтому при определенных соотношениях между температурой в помещении и температурой наружного воздуха, вентиляция оказывается энергетически более выгодной, чем кондиционирование.

Еще одним фактором оптимизации температурного режима в производственных помещениях является учет фактического пребывания людей в них в соответствии с графиком работы [4, 6, 7].

Таким образом, задачу оптимального управления температурным

режимом помещений можно сформулировать следующим образом: регулятор должен обеспечивать заданное качество регулирования температуры, при минимальных энергетических затратах и минимальной общей стоимости потребленной энергии [1].

Для прогнозирования температурных условий в помещении необходима надежная тепловая модель с однозначно определяемыми параметрами. Для стандартного помещения с установленными системой отопления радиатором, кондиционером и теплым полом ее можно представить следующей зависимостью:

$$\frac{dt_v}{d\tau} = -\frac{L_0}{V}(t_v - t_0) - \frac{L_c}{V}(t_v - t_c) + \frac{\alpha_0 F_{ra}}{\rho c_r V}(t_v - t_0) + \frac{\alpha_{uf} F_{uf}}{\rho c_r V}(t_{uf} - t_v) + \frac{\alpha_r F_r}{\rho c_r V}(t_r - t_v), \quad (1)$$

где α_0 – коэффициент теплоотдачи помещения, α_{uf} – коэффициент теплого пола; α_r – коэффициент радиатора отопления; t_0 – температура наружного воздуха; t_v – температура воздуха в помещении; L_0 – приток наружного воздуха; L_c – приток воздуха от кондиционера; ρ – плотность воздуха; c_r – теплоемкость вещества при постоянном давлении; V – объем помещения; t_c – температура воздуха кондиционера; t_r – температура радиатора отопления; t_{uf} – температура теплого пола; F_{ra} , F_{uf} , F_r – площадь поверхности помещения, теплого пола и радиатора отопления.

В формуле (1) коэффициент теплопередачи α_0 является неизвестным значением, которое выбирается таким образом, чтобы решение совпадало с экспериментальными значениями температуры воздуха внутри помещения.

Тепловая модель для радиатора отопления аналогична модели температуры воздуха в помещении, но с меньшим числом слагаемых:

$$\frac{dt_r}{d\tau} = -\frac{L_{hw}}{V_r}(t_{hw} - t_r) + \frac{\alpha_{r0} F_r}{\rho_w c_{rw} V_r}(t_v - t_p), \quad (2)$$

где L_{hw} – расход горячей воды в радиаторе; V_r – объем отопительного радиатора; t_{hw} , t_r – температура горячей воды в системе отопления и

радиаторе отопления соответственно; ρ_w, c_{rw} – плотность и теплоемкость при постоянном давлении воды в радиаторе отопления; α_{r0} – коэффициент теплопередачи радиатора отопления; F_r – площадь внутренней поверхности радиатора отопления.

В формуле (2) неизвестные параметры $L_{hw}, \rho_w, c_{rw}, \alpha_{r0}, F_r$ должны выбираться таким образом, чтобы решение совпадало с экспериментальными значениями температуры радиатора отопления.

Для определения коэффициента теплопередачи α_0 модели (1) составим функционал, в котором рассчитывается сумма квадратов отклонений экспериментальной температуры воздуха в помещении t_{vi}^{exp} от расчетных значений температуры $t_{vi}^{\text{mod}}(\alpha_0)$ по формуле:

$$M(\alpha_0) = \sum_{i=1}^{n-4} (t_{vi}^{\text{exp}} - t_{vi}^{\text{mod}}(\alpha_0))^2, \quad (3)$$

В формуле (3) сумма вычисляется по последним 5 значениям температуры. Для определения α_0 , используется одномерный метод минимизации – метод золотого сечения [2].

Аналогичный подход используется и для определения неизвестных параметров в формуле (2) для определения температуры радиатора отопления.

Представленная модель позволяет, с одной стороны, достоверно описывать физические процессы теплообмена, а с другой – быстро адаптироваться к реальным условиям функционирования и изменению тепловых параметров помещения.

Список литературы:

1. Ершов В.В. Оптимальное управление температурным режимом в офисных и жилых зданиях – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wila.ru/4/304/article32544>.
2. Методы управления и политика в области охраны труда на предприятии / К.А. Кажаяев, Д.А. Ивлев, С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов //

Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 117.

3. Щербаков С.Ю., Филитова А.А. Создание оптимального микроклимата на производстве с использованием вентиляционных систем // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. 2018. С. 84-86.

4. Параметры, характеризующие микроклимат и защита от шума на рабочем месте лаборанта / В.П. Гаврилин, И.Д. Чечевицын, С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.

5. Forsythe G E, Malcolm M A and Moler C B 1977 Computer Methods for Mathematical Computations (Prentice Hall Professional Technical Reference).

6. Литвинов А.В., Куденко В.Б. Исследование параметров микроклимата // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 4. С. 235.

7. Стукалова Е.В., Криволапов И.П., Щербаков С.Ю. Расчет основных элементов системы вентиляции для оптимизации микроклимата на рабочем месте бандажника колесных пар // В сборнике: Техногенная и природная безопасность. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Саратов. 2017. С. 352-356.

UDC 697.1

THERMAL MODEL OF MICROCLIMATE FORECASTING IN A PRODUCTION ROOM

Dmitriy V. Guryanov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
guryanov72@mail.ru

Maxim K. Manaenkov

undergraduate
manaenkov.max@yandex.ru

Annotation. A thermal model with uniquely determined parameters for predicting temperature conditions in a room with a radiator, air conditioning and underfloor heating installed is presented.

Key words: indoor microclimate, temperature control, thermal model

Статья поступила в редакцию 15.02.2022; одобрена после рецензирования 10.03.2022; принята к публикации 25.03.2022.

The article was submitted 15.02.2021; approved after reviewing 10.03.2022; accepted for publication 25.03.2022.