

**УПРАВЛЕНИЕ МИКРОКЛИМАТОМ В ПОМЕЩЕНИИ С ПОМОЩЬЮ
ПИД-РЕГУЛЯТОРА И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ УПРАВЛЕНИЯ**

Д. В. ЖУСЕЛЬ, канд. техн. наук, доц. В. Е. ПИТОЛИН

**(Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой)**

Совершенствование ПИД-регулирования с целью управления микроклиматом возможно с использованием нового способа регулирования с применением нечеткой логики, при фаззификации параметров управления среды. В статье рассмотрены модели PMV и PPD, а также их использование с ПИД-регуляторами и нечеткой логикой. Сделаны выводы об использовании ПИД-регулятора и нечеткой логики в управлении микроклиматом в помещении.

Ключевые слова: ПИД-регулирование, нечеткая логика, фаззификация, кондиционер, микроклимат.

Введение. Сложно представить комфортную жизнь современного человека без кондиционера. Но есть минусы использования кондиционеров как в промышленном, так и в бытовом плане. К примеру, системы кондиционирования воздуха осушают воздух в помещении; не каждый кондиционер может анализировать какая температура больше подходит для заданных условий. В данной статье будут рассмотрены идеи внедрения ПИД-законов регулирования и нечёткой логики в данную систему для решения подобных проблем.

Данная система представляет из себя замкнутый контур. Воздушный поток охлаждается за счет прохождения испаренного хладагента через теплообменник внутреннего блока. Хладагент сжимается, в компрессоре, который установлен в наружном блоке и нагнетает его в газообразной форме из испарителя внутреннего блока в конденсатор. Фреон охлаждается в конденсаторе и конденсируется с помощью теплообмена с наружным воздухом. Данный процесс происходит в теплообменнике наружного блока. Затем хладагент идет через дросселирующее устройство, которое быстро снижает давление и температуру фреона. В это время часть жидкого хладагента переходит в газообразное состояние. Охлажденный фреон следует в теплообменник (испаритель) внутреннего блока и закипает благодаря воздуху в помещении с помощью теплообмена, превращаясь из жидкости в газообразное состояние. Затем воздух охлаждается и поступает в помещение. В следствие работы привода кондиционирования воздуха в испарителе образуются капли воды – конденсат. Обычно при монтаже системы устанавливается

отдельная труба для отвода конденсата. Она выходит на улицу или в канализацию, чтобы лишняя влага не задерживалась внутри помещения. На рисунке 1 представлена схема работы кондиционера.

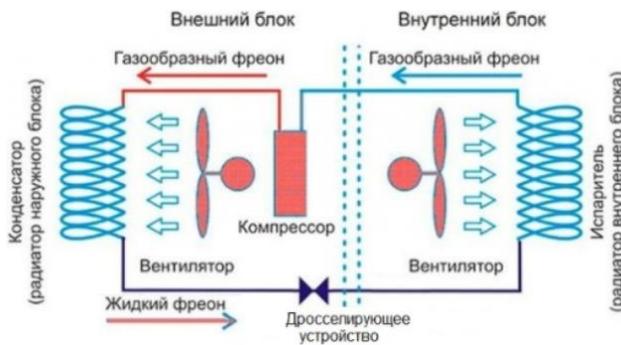


Рисунок 1. – Схема работы кондиционера

Направление обдува из внутреннего блока регулируется по горизонтали и вертикали с помощью специальных жалюзи и решеток.

Модель PMV/PPD. Среди исследований теплового комфорта наиболее широко распространены работы таких авторов, как П. О. Фангер. Он разработал модель, теплового уравнения равновесия и провел эмпирические исследования температуры человеческой кожи. Модель основана на PMV (прогнозируемая средняя оценка качества воздуха окружающей среды) и PPD (прогнозируемая доля людей, которым не нравится температура окружающей среды).

Индикатор PMV используется для прогнозирования средней чувствительной температуры группы людей в данном помещении на основе семи температурных балансов шкалы комфорта от –3 до 3.

Современный вид формулы для расчета показателя PMV [1]:

$$\begin{aligned}
 PMV = & \left(0,303e^{-0,0036M} + 0,028 \right) \cdot \left\{ (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99(M - W) - \right. \\
 & - p_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) - \\
 & \left. - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

- где M – скорость обмена веществ;
 W – эффективная механическая энергия;
 f_{cl} – коэффициент площади поверхности одежды;
 t_a – температура воздуха;
 t_{cl} – температура поверхности одежды;
 \bar{t}_r – средняя температура излучения;
 h_c – коэффициент конвективного теплообмена;
 p_a – парциальное давление водяного пара.

В идеале значение PMV равно нулю. Это соответствует сочетанию активности, одежды и параметров окружающей среды для обеспечения тепловой нейтральности. Это делается для того, чтобы узнать индекс PPD, который используется в качестве показателя количества людей, которые более или менее недовольны температурой окружающей среды. В окружающей среде используется индекс PPD, согласно этому индексу, люди, проголосовавшие на шкале комфорта со значением, отличным от нуля, считаются неудовлетворительными. На рисунке 2 изображена зависимость параметра PPD от рассчитанного значения PMV.

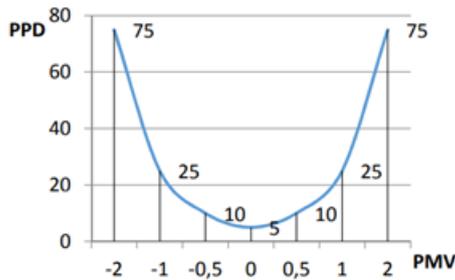


Рисунок 2. – Зависимость функции PPD от значения PVM

Значение PPD можно вычислить как:

$$PPD = 100 - 95e^{-(0,03553PMV^4 + 0,02179PMV^2)}. \quad (2)$$

На основании проведенных экспериментов с участием 1300 человек было установлено, что зона комфорта определяется комбинациями шести параметров, при которых доля недовольных температурой среды составляет 10%, а PMV находится в рекомендуемых пределах $(-0,5 < PMV < +0,5)$.

Показатели теплового комфорта достаточно точно определяются индексом PMV, значит можно предоставить условия для поддержания высокой производительности при снижении энергопотребления.

ПИД-регулирование. Все модели с ПИД-регуляторами (пропорционально-интегрально-дериwативными) делятся на первую и вторую группу. ПИД-регуляторы первой группы используются для поддержания в помещении нужных значений температуры с высокой точностью. В этом случае используется ПИД-регулятор без использования математических моделей термодинамических процессов в системах ОВК. Вторая группа использует PMV используется в качестве регулируемого параметра.

Закон ПИД-регулирования позволяет поддерживать температуру с высокой степенью точности. Мощность N , излучаемая нагревателем, выраженная в процентном соотношении от максимальной мощности, рассчитывается по уравнению [2]

$$N = \frac{100}{K_p} \left(\Delta T + \frac{1}{K_i} \int_0^1 \Delta T dt - K_d \frac{dT}{dt} \right), \quad (3)$$

где K_p, K_i, K_d – пропорциональный, интегральный и дифференциальный коэффициенты регулирования соответственно (ПИД-коэффициенты).

Проблема согласования этих трех элементов требует разработки эффективных правил проектирования контроллеров для каждого условия. Процедура сверки занимает значительное время. Кроме того, существуют также большие температурные отклонения, которые можно определить на основе статистических средних, которые могут быть обработаны не точно.

Вторая группа включает в себя модуль PMV в контур управления [3]. На рисунке 3 показаны два контура управления с модулем PMV в контуре ПИД-регулирования.

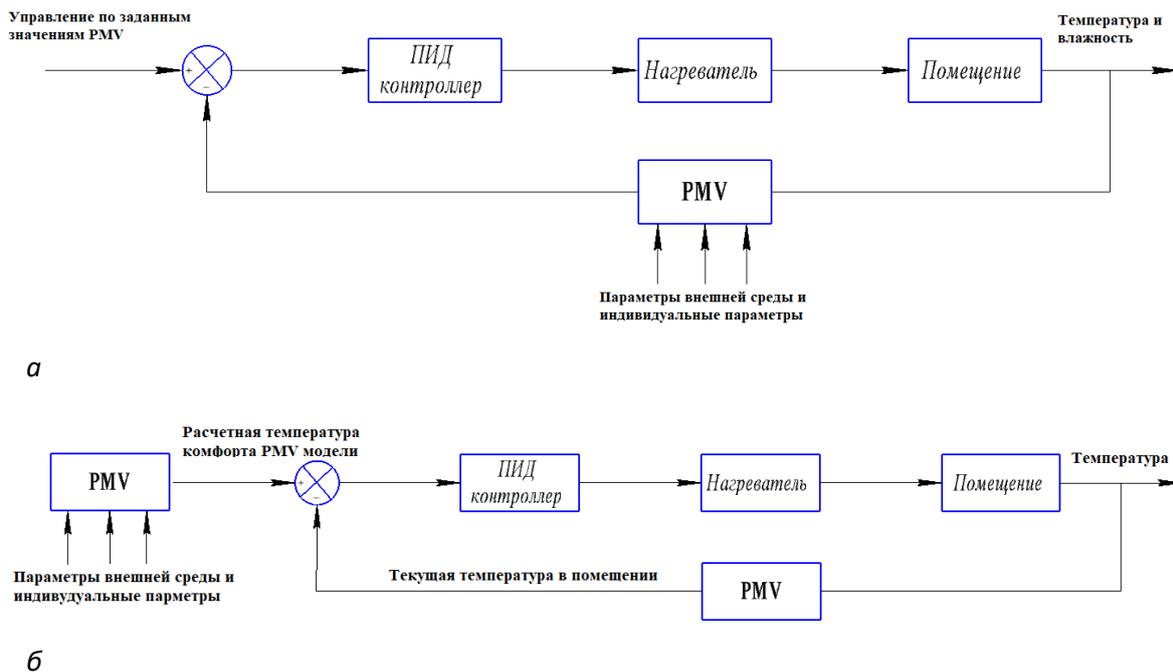


Рисунок 3. – Схемы управления на основе модуля PMV

Схема 3а вычисляет разницу между текущей PMV и идеальной PMV (идеальная PMV = 0), схема 3б вычисляет разницу между измеренной комнатной температурой и рассчитанной температурой комфорта в модуле PMV.

Интеллектуальное управление на основе нечеткой логики. Управление на основе методов теории нечетких множеств используется в нелинейных системах, где идентификация занимает слишком много времени. Для управления системой используются конкретные знания. Нечеткая логика может быть использована для лингвистического выражения теплового комфорта без необходимости точной оценки температуры и влажности в помещении. Применение нечеткого логического управления в системах вентиляции, кондиционирования и отопления актуально для нелинейных систем, в которых параметры изменяются динамически.

Эти нечеткие множества могут быть применены при разработке системы управления установкой кондиционирования воздуха на базе фаззи-логического контроллера.

В блоке фаззификации (рисунок 4) четкие входные величины e , $\frac{de}{dt}$ преобразуются в нечеткие e_ϕ , $\frac{de_\phi}{dt}$ – фаззифицируются.



Рисунок 4. – Схема фаззификации

В блоке, основанном на правилах управления системой, нечеткие входные переменные регулятора преобразуются в нечеткую выходную переменную U . В блоке дефаззификации полученная в базе правил нечеткая выходная переменная приводится к четкости – пересчитывается в четкое число, являющееся выходом регулятора U [4].

Другие системы управления с нечеткой логикой используют параметр PMV, который измеряет несколько параметров, таких как температура, влажность, концентрация углекислого газа, освещенность и скорость ветра, и определяет комфортность среды обитания человека по значению индекса дискомфорта D_n . В этой системе человек выступает в качестве интеллектуального датчика, а также дополнительного источника тепла. Субъективно оценивая состояние воздуха, система записывает индивидуальные ощущения, такие как "тепло", "холодно", "влажно", "сухо" и "комфортно" в виде словесных выражений. Эти выражения преобразуются в нечеткие значения и ассоциируются со значениями функции теплового комфорта. Значения D_n относятся к стандартным предпочтениям людей, использующих данную систему, и отражают уровень различных факторов, влияющих на комфорт человека, таких как температура, влажность, интенсивность воздушного потока и тип одежды (лето/зима).

Преимуществами нечетких систем управления по сравнению с классическими моделями являются: плавный перепад температуры и относительной влажности воздуха; поддержание допустимой скорости потока воздуха; требуемый газовый состав в помещении; выбор оптимального режима работы установки комфортного кондиционирования воздуха; экономию энергии на 20%; использование небольшого требуемого числа датчиков; минимальное время выхода на заданный режим.

Недостатком нечетких систем является их экспоненциально возрастающая сложность с увеличением числа входных переменных возрастает и сложность вычислений, что приводит к тому, что количество базовых правил значительно усложняет понимание системы.

Заключение. Управление микроклиматом в помещении является сложной задачей и необходимо учитывать постоянно меняющиеся влияния. Для выполнения этой задачи был разработан и применен ряд различных методов управления. В зависимости от помещения и условий его эксплуатации следует выбрать один из этих методов. Модели, основанные на методах интеллектуальных вычислений, позволяют сочетать обеспечение приемлемого уровня комфорта со снижением энергопотребления. Такие модели имеют ряд недостатков, в том числе, к недостаткам относится необходимость в большом количестве оборудования, требования к данным, постоянно растущая сложность координационных задач и кривая обучения. Однако преимущества этих моделей - высокая точность, высокая производительность, устойчивость к динамическим изменениям, условия и мощные возможности прогнозирования, гибкость управления.

Таким образом, рассмотренные модели поддерживают тепловой комфорт в помещении и помогают в достижении этой цели лучше всего за счет использования интеллектуальных методов расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова, Ю. А. Подходы в математическом моделировании системы теплообмена с участием человека / Ю. А. Давыдова, И. В. Черунова, Е. Н. Сирота, В. С. Савин // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 22–24.
2. Зорин, С. В. ПИД-закон регулирования. Методы нахождения ПИД-коэффициентов [Электронный ресурс] / С. В. Зорин // Режим доступа: <http://www.termodat.ru/pdf/pid.pdf>. – Дата доступа: 02.10.2022.
3. Donaisky, E. Real-time implementation of PID-based thermal comfort control algorithms [Электронный ресурс] / E. Donaisky, G.H.C. Oliveira, N. Mendes // Proceedings of 19th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2007), November 5–9, 2007, Brasilia, DF. – Режим доступа: <http://www.abcm.org.br/anais/cobem/2007/pdf/COBEM2007-2052.pdf>. – Дата доступа: 02.10.2022.
4. Вычужанин, В. В. Повышение эффективности эксплуатации судовой системы комфортного кондиционирования воздуха при переменных нагрузках [Текст]: монография / В. В. Вычужанин. – Одесса: ОНМУ, 2009. – 206с.
5. Петрова, И. Ю. Модели управления микроклиматом в помещении / И. Ю. Петрова, А. В. Карпенко // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 7-2. – С. 224–229.