

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Е. А. Цынаева¹, tsinaeva-kate@rambler.ru, А. А. Цынаева¹, a.tsinaeva@rambler.ru

¹ *ФГБОУ ВПО Ульяновский государственный технический университет, Россия, г. Ульяновск,
ул. Северный Венец, 32*

Аннотация

Применение систем оптимизации теплоснабжения зданий позволяет абоненту значительно снизить затраты тепла. Широкому внедрению систем оптимизации теплоснабжения препятствует отсутствие адекватных моделей и методов разработки структуры наиболее эффективной системы. В сообщении рассматриваются математические модели систем оптимизации теплоснабжения зданий и результаты численного моделирования динамических режимов эксплуатации таких систем.

Введение

Широкому внедрению систем оптимизации теплоснабжения (СОТ) препятствует отсутствие адекватных моделей и методов выбора структуры СОТ, которая позволит системе работать с максимальной экономией тепловой энергии в конкретных условиях эксплуатации.

Основная часть

Эффективность работы систем определяется электронной схемой оборудования, внутренней структурой СОТ (местом установки регулирующего органа СОТ), внешними факторами (графиком центрального качественного регулирования (ЦКР) отпуска теплоты; теплотехническими характеристиками здания, где установлена СОТ). В результате работы СОТ в помещениях здания поддерживается заданная температура с принятой погрешностью регулирования температуры внутреннего воздуха $\pm 1,5...2$ °С.

СОТ, присоединенные по зависимой схеме могут компоноваться с регулирующим органом на подающей или на обратной магистрали и их схемы представлены на рис. 1.

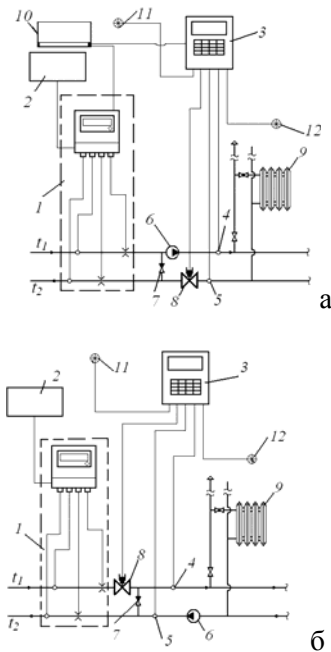


Рис. 1. СОТ с расположением регулирующего органа на подающей (а) и на обратной (б) магистрали: 1 – теплосчетчик; 2 – устройство для вывода данных на печать; 3 – термоконтроллер; 4, 5, 11, 12 – датчики температуры теплоносителя на входе и выходе из системы отопления, наружного и внутреннего воздуха соответственно; 6 – циркуляционный насос; 7 – обратный клапан; 8 – регулирующий орган; 9 – приборы отопления; 10 – ПК

Динамическое уравнение отапливаемого помещения без учета теплопоступлений от солнечного излучения имеет вид:

$$\rho_v \cdot c_p V \frac{dt_v}{d\tau} = k_n F_n (1 - k_v - k_{nl}) [(t_1 g + t_2 (1 - g)) - t_v] - kF(t_v - t_n) - c_p G_{инф} (t_v - t_n) \quad (1)$$

В уравнении (1) g коэффициент подмешивания определяется по выражению:

$$g = \frac{G_1}{G_1 + G_2} \quad (2)$$

Для СОТ с регулирующим органом на подающей линии (СОТ 1, рис. 1, а):

$$g = g_{cm} + Z\tau \quad (3)$$

Для СОТ с регулирующим органом на обратной линии (СОТ 2, рис. 1, б):

$$g = 1 - g^* \quad (4)$$

где коэффициент подмешивания из обратной магистрали g^* определяется выражением:

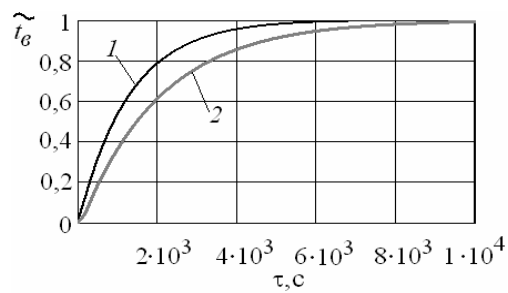
$$g^* = 1 - g_{cm}^* - Z\tau \quad (5)$$

Динамическое уравнение отапливаемого помещения с учетом тепlopоступлений от инсоляции записывается следующим образом:

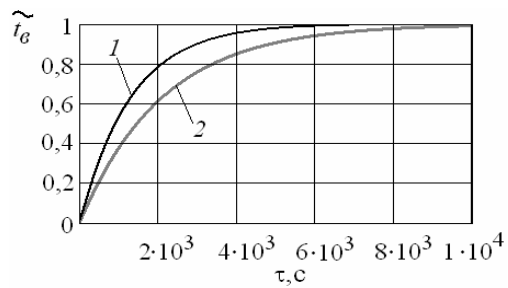
$$\rho_v \cdot c_p V \frac{dt_v}{d\tau} = k_n F_n (1 - k_v - k_{nl}) [(t_1 g + t_2 (1 - g)) - t_v] - \\ - kF(t_v - t_n) - c_p G_{инф}(t_v - t_n) + Q_s v \zeta \beta_h \quad (6)$$

здесь тепlopоступления через окна и фонари от солнечной радиации Q_s в течение отопительного периода определяются по методике [3]; величина коэффициента снижения V тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций принимается равным рекомендуемому значению $v = 0,8$ [3], коэффициент β_h , учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанный с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения определяется по [3].

Использование уравнения (6) позволяет эффективно рассчитать параметры работы автоматизированных систем управления тепlopотреблением зданий с учетом тепlopоступлений от солнечной радиации. На рис. 2 представлены результаты моделирования динамических режимов СОТ 1 и СОТ 2 по фактическим интегральным коэффициентам теплопередачи k_u , имевшим место при проведении экспериментальных исследований СОТ.



а



б

Рис. 2. Переходные характеристики для системы 1 (кривая 1), для системы 2 (кривая 2): по исходным данным (а) – за ноябрь; (б) – за декабрь

Анализ переходных характеристик, полученных в результате численного исследования показывает, что АСУТП 1 имеет в 1,3...1,7 раз меньшее время переходного процесса для графиков ЦКР с параметрами температур ниже 120-70 °С.

Обозначения

t_e – температура воздуха внутри помещения; τ – время; k_n – коэффициент теплопередачи отопительных приборов; F_n – площадь нагрева отопительных приборов; ρ – плотность воздуха в помещении; c_p – удельная изобарная теплоёмкость воздуха; V – объём помещения; k, F – коэффициент теплопередачи и площадь ограждающих конструкций соответственно; t_n – температура наружного воздуха; k_{nl} – коэффициент,

учитывающий затраты теплоты на компенсацию теплотерь через пол;
 t_1, t_2 – температура в прямой и обратной магистрали соответственно; g – коэффициент подмешивания; G_1, G_2 – расход из прямой и обратной магистрали соответственно; g_{cm} – средний коэффициент подмешивания; Z – коэффициент, зависящий от конструкции регулирующего органа; g^* – коэффициент подмешивания из обратной магистрали; g_{cm}^* – коэффициент подмешивания из обратной магистрали, зависящий от графика ЦКР; Q_s – теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж, определяемые по [3]; ν – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $\nu = 0,8$; ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления

Литература

[1] Цынаева, Е. А. Автоматизированная система оптимального управления отоплением учебного заведения / Н. Н. Ковальногов, А. С. Ртищева, Е. А. Цынаева // Проблемы энергетики. Известия ВУЗов. – 2007. – №3–№4, С. 100–107.

[2] Цынаева, Е. А. Эффективность автоматизированных систем управления теплопотреблением зданий / Е. А. Цынаева, А. А. Цынаева // Материалы II международной молодежной научной конференции «Гражданская авиация: 21 век». – Ульяновск, 2010. – С. 46-47.

[3] СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.