

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

А.А. Басалаев

MODEL OF ENERGY EFFICIENT HEATING FOR BUILDINGS

A.A. Basalaev

Рассматривается построение модели системы энергоэффективного теплоснабжения зданий. Представлены основные зависимости параметров функционирования потребителей в системе теплоснабжения для режимов без регулирования по температуре наружного воздуха и с регулированием температуры подаваемого в систему отопления и возвращаемого из нее теплоносителя по температуре наружного воздуха.

Ключевые слова: теплоснабжение, моделирование.

This article describes the model of energy efficient heating for buildings. The main mathematical relations between parameters of consumers in heat supply system are shown for modes without regulation according to the outdoor temperature and with regulation of supply and return heat carrier temperature according to the outdoor temperature.

Keywords: heat supply, simulation.

Введение

Одним из эффективных инструментов при решении задачи повышения качества управления распределением и потреблением энергоресурсов является моделирование режимов функционирования систем энергоснабжения. Его преимущества проявляются как на этапе проектирования при определении оптимальных проектных параметров системы и ее структуры, так и при проведении реконфигурации системы с целью повышения ее эффективности, но уже с учетом накопленных статистических данных по результатам эксплуатации. Поскольку модель создается для нахождения наиболее эффективных режимов работы системы, то параметры объектов модели должны удовлетворять требованиям энергоэффективности, которые могут составляться на основе энергетических паспортов зданий, нормативной и технической документации [1, 2] и результатов энергоаудита системы. Рассмотрим расчет параметров потребителей модели системы энергоэффективного теплоснабжения зданий.

Расчет параметров потребителей системы теплоснабжения

Одним из основных аспектов энергоэффективного функционирования системы теплоснабжения является отпуск и потребление тепловой энергии в зависимости от погодных условий. В

данной модели основной характеристикой окружающей среды выбрана фактическая температура наружного воздуха t_H , поскольку ее колебания приводят к наиболее значительным изменениям потребляемого количества тепловой энергии. Согласно [1] тепловая энергия на отопление Q определяется по формуле:

$$Q = \alpha q V (t_B - t_H), \quad (1)$$

где q – удельное количество тепловой энергии, потребляемой на отопление; α – поправочный коэффициент, зависящий от расчетной температуры наружного воздуха; V – объем отапливаемого помещения; t_B – среднесуточная температура помещения.

Из зависимостей, приведенных в [3], температуру внутреннего воздуха t_B можно оценить по формуле:

$$t_B = t_H + \frac{\tau_{CP} - t_H}{1 + \frac{\theta_P}{\Delta t_P} \cdot \left(\frac{\theta_P}{\tau_{CP} - t_{BP}} \right)^n}, \quad (2)$$

где $\tau_{CP} = (t_3 - t_2) / 2$ – фактическая средняя температура теплоносителя; t_3 и t_2 – фактические температуры подаваемого и возвращаемого теплоносителей; $\Delta t_P = t_{BP} - t_{HP}$ – разность расчетных температур внутреннего и наружного воздуха; $\theta_P = (t_{3P} - t_{2P}) / 2$ – расчетный температурный напор; t_{3P} и t_{2P} – расчетные температуры подаваемого и возвращаемого теплоносителей; n – постоянная,

Басалаев Александр Анатольевич – аспирант кафедры автоматизации и управления, Южно-Уральский государственный университет; sasha-basalaev@mail.ru

Basalaev Alexander Anatolievich – post-graduate student of Automation and Control Department, South Ural State University; sasha-basalaev@mail.ru

зависящая от типа отопительных приборов и схемы подачи теплоносителя.

Согласно [4], t_{3P} и t_{2P} рассчитываются в зависимости от t_H . Таким образом, Q выражается через следующие параметры:

$$Q = f(q, V, n, t_H, t_3, t_2). \quad (3)$$

Для эффективного функционирования системы источник должен отпускать в сеть теплоноситель с температурой, рассчитываемой по проектному графику в зависимости от t_H , а потребитель должен регулировать расход теплоносителя также в зависимости от t_H . В сфере ЖКХ преобладают 2 схемы регулирования расхода теплоносителя потребителями: поддержание температуры подаваемого t_3 и возвращаемого t_2 теплоносителя по графику в зависимости от t_H . Параметры потребителя рассчитываются при решении следующей системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = f(q, V, n, t_H, t_3, t_2) \\ Q = G_1 (t_1 - t_2) \\ Q = G_3 (t_3 - t_2) \\ G_3 = G_1 + G_{\Pi} \\ \frac{G_1}{G_0} = f_{\text{кЛ}} \left(\frac{G_{\Pi}}{G_{\Pi 0}} \right) \\ P_1 - P_2 + \Delta P_H (G_0) = G_0^2 s_0, \end{array} \right. \quad (4)$$

где t_1 – температура подаваемого теплоносителя, рассчитываемая по температурному графику источника с учетом теплопотерь при передаче теплоносителя; G_1 – расход подаваемого теплоносителя; G_3 – расход теплоносителя в системе отопления здания; G_{Π} – часть возвращаемого теплоносителя из системы отопления, расходую-

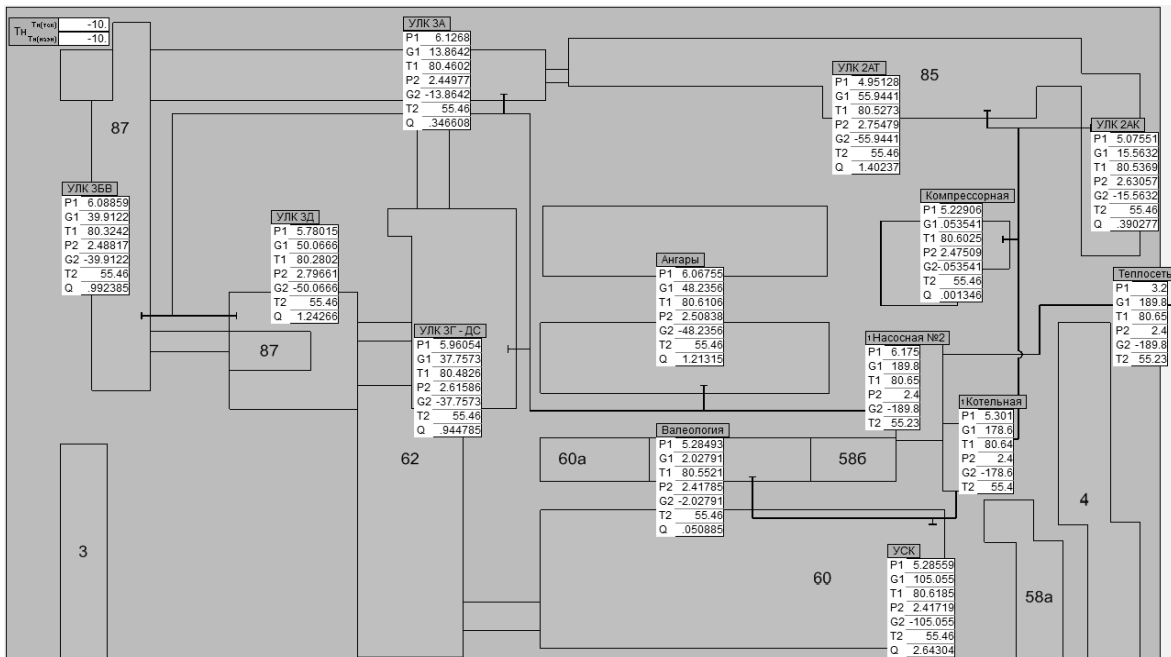
мого на подмес; G_0 – максимальный расход подаваемого из сети теплоносителя при $G_{\Pi} = 0$; s_0 – проектное минимальное сопротивление системы, рассчитанное при $G_{\Pi} = 0$; P_1 и P_2 – давления в подающем и возвращающем трубопроводах на вводе здания; $f_{\text{кЛ}}$ – функция, отражающая зависимость расхода на вводе от расхода на подмес и определяемая расходной характеристикой используемого клапана; ΔP_H – функция, задающая зависимость перепада давлений, создаваемого циркуляционным насосом, от расхода теплоносителя, проходящего через данный насос; $G_{\Pi 0}$ – максимальный расход на подмес при $G = 0$, получаемый из уравнения:

$$\Delta P_H (G_{\Pi 0}) = G_{\Pi 0}^2 s_0. \quad (5)$$

В случае поддержания температуры возвращаемого теплоносителя t_2 за счет подмеса теплоносителя из возвращающего трубопровода в подающий $t_2 = f(t_H)$ неизвестными параметрами являются Q , t_1 , t_3 , G_1 , G_3 , G_{Π} . В случае поддержания температуры подаваемого в систему отопления теплоносителя t_3 за счет подмеса теплоносителя из возвращающего трубопровода в подающий $t_3 = f(t_H)$ неизвестными параметрами являются Q , t_1 , t_2 , G_1 , G_3 , G_{Π} . Также в сети могут существовать потребители без регулирования по t_H с изменяемым вручную расходом G_1 , для которых неизвестными параметрами являются Q , t_1 , t_2 , t_3 , G_3 , G_{Π} .

Заключение

С использованием методики, описанной в работе [5], в среде VisSim была разработана модель системы теплоснабжения комплекса зданий Южно-Уральского государственного университе-



Интерфейсная часть фрагмента модели системы теплоснабжения

та (см. рисунок). Система состоит из 3 групп сетей теплоснабжения. Первая группа включает энергоцентр с 2 источниками в виде газопоршневых агрегатов, насосную станцию и 38 потребителей (10 потребителей с регулированием расхода теплоносителя в зависимости от температуры воздуха). Вторая группа состоит из источника (городской тепловой сети), насосной станции и 5 потребителей (2 потребителя с регулированием). Третья группа включает 2 источника (котельную с 3 котлами и газотурбинную станцию с 5 энергоагрегатами), насосную станцию и 4 потребителя (1 потребитель с регулированием). Результаты моделирования показали, что построенная модель с достаточной для практического использования степенью точности отражает состояние системы теплоснабжения, что позволяет использовать эту модель для анализа энергоэффективности исследуемого комплекса.

Литература

1. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. – М.: ГУП ЦПП, 1997. – 111 с.
2. Российская Федерация. Приказы. О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений: утв. Приказом Минрегионразвития РФ от 28.05.2010 г. № 262. – <http://docs.kodeks.ru/document/902219249>
3. Сапрыкин, И.М. О наладке и режимах систем отопления / И.М. Сапрыкин // *Новости теплоснабжения*. – 2008. – № 1 (89). – С. 44–46.
4. Апарцев, М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения / М.М. Апарцев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 204 с.
5. Шишкин, М.В. Моделирование теплогидравлических систем в среде Vissim / М.В. Шишкин, Д.А. Шнайдер // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. – 2004. – Вып. 3. – № 9 (38). – С. 120–123.

Поступила в редакцию 25 июня 2012 г.