

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Румянцев Дмитрий Владимирович

инженер КИПиА

ООО «ИКП «Никас»

г. Челябинск, Челябинская область

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ ЗДАНИЙ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ОТОПЛЕНИИ

Аннотация: в данной работе рассмотрены основные цели и задачи системы управления тепловыми процессами зданий при современных требованиях к тепловому комфорту, и сбережению энергии, а также представлена структура такой системы управления.

Ключевые слова: управление тепловыми процессами зданий, комбинированное отопление, оптимальное управление.

С целью повышения энергоэффективности отопительных систем в зданиях и помещениях часто используются приборы отопления разного принципа действия [4; 2; 8], например приборы радиаторного и воздушного отопления. Причины, по которым используются комбинированные системы отопления, могут быть различными. Это может быть связано как с конструктивными особенностями здания [2], так и с мерами по снижению потребления энергии и повышением уровня теплового комфорта [4; 8].

Помимо комбинаций различных приборов отопления, на практике все чаще встречаются решения с комбинацией первичных источников энергии, таких, как солнечные коллекторы, тепловые насосы, городские тепловые сети, газовые и электрические котлы, рекуператоры и другие [5; 9; 10]. Выбор определенной комбинации источников энергии может также обуславливаться их различной эффективностью в зависимости от сезона, стоимости энергоносителей, условий окружающей среды, технических условий и других факторов.

Главным образом, комбинация источников тепла и приборов отопления с различными свойствами позволяет использовать их индивидуальные преимущества в единой системе отопления с целью сбережения затрат на потребляемую энергию и обеспечения заданных параметров микроклимата в помещении.

Комбинированное отопление наиболее часто применяются в зданиях производственного типа, выставочных залах, торговых центрах и других, где не требуются значительные капитальные затраты и имеются возможности экономии энергии, из-за прерывистого графика работы [6; 7].

Прерывистый график работы системы отопления заключается в поддержание более низкой температуры воздуха помещения в периоды отсутствия людей в помещении, что приводит к экономии тепловой энергии.

В соответствии с ГОСТ 30494-2011 [3] – «Параметры микроклимата в общественных и жилых зданиях» комплексным показателем, характеризующим тепловую обстановку в здании, может являться результирующая температура, определяемая по следующей зависимости:

$$T_{su} = b_1 \cdot T_r + b_2 \cdot T_{a,int} \quad (1)$$

где $T_{a,int}$ – температура воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$;

T_r – радиационная температура помещения, представляющая собой среднее значение температур всех внутренних поверхностей ограждений и отопительных приборов, $^{\circ}\text{C}$;

b_1, b_2 – коэффициенты, принимающие значения по 0,5 при скорости движения воздуха в помещении ниже 0,2 м/с или 0,4 и 0,6 соответственно при скорости движения воздуха от 0,2 м/с до 0,6 м/с.

Таким образом, при управлении тепловым режимом здания наиболее правильно поддерживать не температуру воздуха в помещении, а результирующую температуру.

Достоинством результирующей температуры, как критерия теплового комфорта является то, что температура воздуха и температуры необходимых поверхностей могут быть измерены с помощью широкодоступных датчиков температур

комнатного и накладного исполнения. Кроме того, выражение (1) имеет линейную зависимость и не требует дополнительных преобразований при реализации линейных алгоритмов управления.

На практике, для управления комбинированными системами отопления используются алгоритмы, не отвечающие современным требованиям к решению поставленной задачи. Например, в [7] описывается комбинированная система отопления, состоящая из базисной части водяного отопления и догревающей части – для натопа, в виде воздушного отопления. Водяное отопление при этом является не регулируемым. Эффективность подобных алгоритмов оценивается путем расчетов или сравнения экспериментальных результатов с результатами, полученными от других алгоритмов, что усложняет разработку систем управления и не гарантирует минимальные затраты на энергию при использовании этих алгоритмов.

Для решения задачи минимизации затрат энергии при прерывистом отоплении в [1] используется оптимальное управление. Но рассматривается только процесс перехода из дежурно режима в рабочий и из рабочего в дежурный режим. Такой алгоритм не подходит для управления комбинированным отоплением, поскольку в данном случае задача оптимального управления должна решаться на всем временном интервале управления.

Рассмотрим принцип, по которому должна работать система управления комбинированным отоплением с прерывистым графиком работы. При настройке такой системы управления отоплением пользователь, кроме уставок результирующей температуры, определяющей уровень теплового комфорта в дежурном и рабочем режимах соответственно, задает также время начала и окончания рабочего режима, а также стоимостные показатели тепловой и электрической энергии с учетом ночного и дневного тарифов. Кроме того, система управления должна располагать данными о количестве потребляемой энергии воздушными и радиаторными приборами отопления в отдельности.

Задача системы управления заключается в автоматическом переключении между режимами и поддержание заданного теплового комфорта в соответствующих режимах при минимальных суммарных затратах на потребляемую энергию.

На рис. 1 приведен предполагаемый график изменения результирующей температуры при функционировании системы управления в течение суток.

На графике t_h и t_k соответствуют времени начала и окончания рабочего режима помещения. Задача ставится таким образом, чтобы поддерживать заданную результирующую температуру помещения $T_{su}^{stp,раб}$ в допустимых пределах на интервале $[t_h, t_k]$ для рабочего режима и $T_{su}^{stp,деж}$ в допустимых пределах на интервалах $[0, t_h]$ и $(t_k, 24]$ для дежурного режима с минимальными суммарными затратами на энергию, потребляемую системой отопления за сутки.

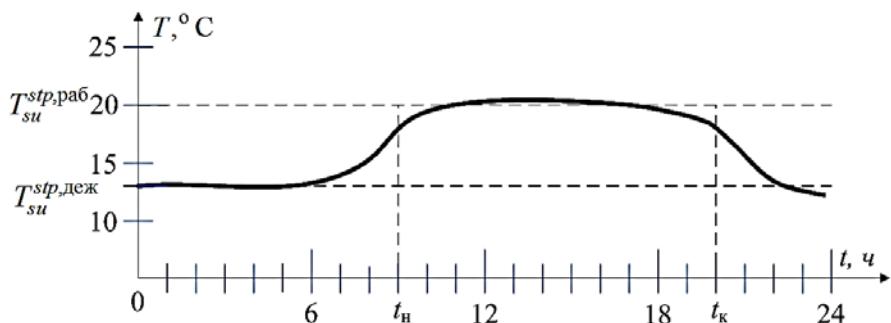


Рис. 1. График изменения результирующей температуры при работе системы отопления в рабочем и дежурном режимах

На рис. 2 показана упрощенная структура системы управления тепловыми процессами здания, реализующей поставленную задачу.

Объект управления (ОУ) представляет собой помещение, на которое оказывают влияния основные возмущающие воздействия: температура уличного воздуха ($T_{a,ext}$), тепловые потери от вентиляции (Q_{vent}). Выходными параметрами ОУ являются: радиационная температура (T_r) и температура воздуха помещения ($T_{a,int}$).

На вход блока оптимизации БО поступают значения установленной результирующей температуры в рабочем и дежурном режимах T_{su}^{stp} , времени начала (t_h) и окончания рабочего режима помещения (t_k).

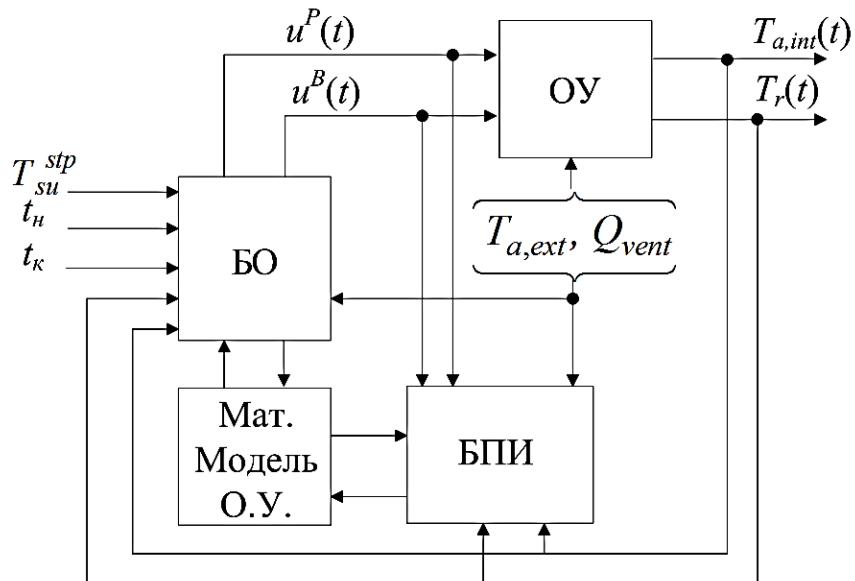


Рис. 2. Структурная схема системы управления тепловыми процессами здания при комбинированном отоплении

Математическая модель объекта управления используется блоком оптимизации для поиска таких управляющих воздействий радиаторных $u^P(t)$ и воздушных $u^B(t)$ приборов отопления, которые бы обеспечили заданный уровень теплового комфорта при минимальных затратах на потребляемую энергию.

Блок параметрической идентификации (БПИ) используется для настройки математической модели в соответствии с объектом управления. Настройка продолжается до тех пор, пока значения результирующей температуры и температуры воздуха помещения, получаемые из математической модели, не будут соответствовать с допустимой точностью, их реальным значениям ($T_{a,int}$ и T_r).

Таким образом, представленный алгоритм позволит наилучшим образом распределять тепловую нагрузку между приборами отопления при прерывистом режиме работы, что снизит суммарные затраты энергии на систему отопления, сохраняя значение результирующей температуры, характеризующей уровень теплового комфорта в помещении, в заданных пределах.

Список литературы

1. Анисимова Е.Ю. Оптимизация температурных режимов общественно-административных и производственных зданий: дис. канд. техн. наук / Е.Ю. Анисимова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 172 с.
2. Бродач М.М. Отопление соборов – практика альтернативных решений / М. М. Бродач // журнал «АВОК». – 2004. – №2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2342 (дата обращения: 01.03.2011).
3. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ, 2013.
4. Иродов В.Ф. Многокритериальное управление тепловыми режимами в системах воздушно-лучистого отопления / В.Ф. Иродов, Ю.В. Хацкевич [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nbuu.gov.ua/portal/natural/Nvb/2009_54/irodov.pdf (дата обращения: 01.03.2011).
5. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учеб. пособие / В.Г. Лабейш. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 79 с.
6. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. 1. Отопление / П.Н. Каменев [и др.]. – М.: Стройздат, 1975. – 483 с.
7. Сканави А.Н. Отопление: Учебник для вузов / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М.: АСВ, 2008. – 576 с.
8. Табунщиков Ю.А. Экспериментальное исследование оптимального управления расходом энергии / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач // АВОК. – 2006. – №1. – С. 32–36.
9. A distributed MPC strategy based on Benders» decomposition applied to multi-source multi-zone temperature regulation. / Petru-Daniel Moros, RomainBourdais, DidierDumur [и др.] // Journal of Process Control. – 2010. – 9 p.
10. Fu L. Laboratory research on combined cooling, heating and power (CCHP) systems / L. Fu, X.L. Zhao, S.G. Zhang [и др.] // Energy Conversion and Management. – 2009. – №4. – С. 977–982.