

# Энергоэффективное управление теплоснабжением зданий на основе ПТК ПолиТЭР: методы, алгоритмы, опыт внедрения

*Абдуллин Вильдан Вильданович,*

*начальник отдела автоматизации коммерческого учета энергоресурсов  
ООО НПП «Политех-Автоматика».*

*Шнайдер Дмитрий Александрович,*

*д.т.н., профессор кафедры «Автоматика и Управление» НИУ ЮУрГУ.*

## **Введение**

Повышение эффективности систем отопления зданий является одной из важных задач энерго- и ресурсосбережения для жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Так, доля тепловой энергии в общем энергопотреблении основного комплекса зданий Южно-Уральского государственного университета, составляет около 36% [1]. Доля тепловой энергии в структуре энергоресурсов, потребляемых многоквартирными домами еще выше – от 2/3 до 3/4 [2].

Базовым принципом регулирования отопления является управление по температуре наружного воздуха как основному возмущающему фактору систем отопления. Данный подход оправдан, т.к. позволяет получить приемлемое качество, при этом реализует простейшие алгоритмы управления и использует легко измеряемые данные. Однако основным фактор, определяющий качество работы системы отопления – это температура воздуха в помещениях. По этой причине важным является создание систем управления, учитывающих фактические значения температуры воздуха в помещениях здания. Управление отоплением по температуре воздуха в помещениях описано в литературе и предлагается производителями оборудования, однако существует ряд проблем, затрудняющих реализацию данного подхода на практике:

- в различных помещениях многоэтажного здания температура воздуха различается;
- система отопления здания обладает большой инерционностью и проявляет свойства нелинейного распределенного объекта, что затрудняет управление по температуре воздуха в помещении с использованием известных инженерных методов;
- на температуру воздуха в здании влияет множество возмущающих факторов, влияние которых затруднительно измерить или оценить на практике (солнечная радиация, ветер, внутренние бытовые теплопоступления и др.)

По этой причине в большинстве существующих на рынке и массово реализуемых на практике систем управления отоплением многоэтажных зданий значение температуры воздуха в помещениях либо не учитывается вовсе, либо используется лишь для контроля качества управления без непосредственного влияния на формирование управляющего воздействия.

## **Управление отоплением по упреждающей оценке температуры воздуха в помещении**

Авторами предложен новый подход [3] к управлению отоплением многоэтажного здания на основе упреждающей оценки температуры воздуха в помещении, рассчитываемой с использованием модели обратной динамики теплового режима здания.

Предложенный подход сочетает базовое управление подачей тепла на отопление здания с дополнительной коррекцией по температуре воздуха в помещениях. Базовое управление осуществляется при помощи регулятора автоматизированного теплового пункта здания в зависимости от основного возмущающего воздействия – температуры наружного воздуха. Дополнительно вводимый контур упреждающего управления осуществляет коррекцию подачи тепла на отопление здания в зависимости от упреждающей (прогнозной) оценки температуры воздуха в помещениях здания. Обобщенная структура предложенной системы упреждающего управления приведена на рис. 1. На рисунке:  $T_{ind}$  – температура воздуха в помещении,  $T'_{ind}$  – прогнозная оценка температуры воздуха в помещении,  $T_{out}$  – температура наружного воздуха,  $Q_h^b$  – базовое управляющее воздействие (тепловая мощность),  $\Delta Q_h^{corr.}$  – величина коррекции базового управляющего воздействия, формируемого контуром упреждающего управления,  $Q_h^{corr.}$  – откорректированное управляющее воздействие.

В работе [4] предложен подход, использующий концепцию обобщенного температурного возмущения  $T_z$  для учета неизмеряемых факторов, влияющих на температуру воздуха в помещении. Под неизмеряемыми факторами в предлагаемом подходе понимаются указанные выше факторы,

воздействие которых на систему отопления существенно, однако труднооценимо в реальных условиях. Предложенная концепция позволяет записать уравнение теплового баланса в следующем виде:

$$T'_{\text{ind}}(t) = \frac{Q_h(t)}{q_h \cdot V} + T_{\text{out}}(t) - T_z(t), \quad (1)$$

В уравнении (1) величины  $T_{\text{out}}$  и  $Q_h$  измеряются средствами АИТП,  $T_{\text{ind}}$  определяется как среднее значение температуры, измеряемой в ключевых помещениях здания. Сбор данных осуществляется с использованием современных технологий: интеллектуальных датчиков, объединенных в сеть MicroLan или посредством беспроводных сенсорных сетей (ZigBee, WirelessHART). Значения удельных теплотерь здания  $q_h$  и обобщенного температурного возмущения  $T_z$  могут быть рассчитаны в реальном времени по следующим формулам:

$$q_h = \frac{M_t \{Q_h(t)\}}{V (M_t \{T_{\text{out}}(t)\} - M_t \{T_{\text{ind}}(t)\})}, \quad (3)$$

$$T'_z(t) = \frac{Q_h(t)}{q_h \cdot V} + T_{\text{out}}(t) - F_0^{-1} \{T_{\text{ind}}(t)\}, \quad (4)$$

где  $M_t\{\bullet\}$  – оператор усреднения во времени,  $F_0^{-1}\{\bullet\}$  – оператор обратной динамики теплового режима здания, использующий прогнозирующие свойства экспоненциального сглаживания. [4]

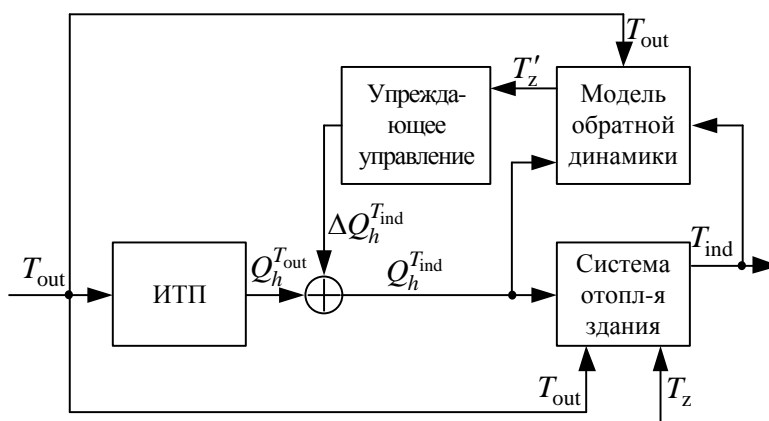


Рис. 1. Обобщенная структура системы управления отоплением здания с контуром упреждающего управления:

### Оценка эффективности предлагаемого подхода

Для оценки эффективности предлагаемого подхода была разработана математическая модель, позволяющая осуществлять моделирование температурных и теплогидравлических режимов здания, работу оборудования теплового пункта и распределенных элементов системы отопления (трубопроводов, радиаторов). Результаты моделирования показали, что использование предложенного подхода обеспечивает положительный эффект как с точки зрения качества отопления, так и с точки зрения энергосбережения. На рис. 2 представлены результаты моделирования колебаний средней температуры воздуха в помещениях здания при общепринятом регулировании по температуре наружного воздуха (тонкая линия) и с использованием упреждающего управления по прогнозной оценке (жирная линия). Внедрение предлагаемого подхода существенно стабилизирует температуру воздуха в помещениях здания, уменьшая амплитуду суточных колебаний до  $\pm 1,2^\circ\text{C}$  и полностью компенсируя статическую ошибку управления, вызванную действием более «медленных» факторов (несовершенство температурного графика, проведение энергосберегающих мероприятий, естественное старение здания и т.д.).

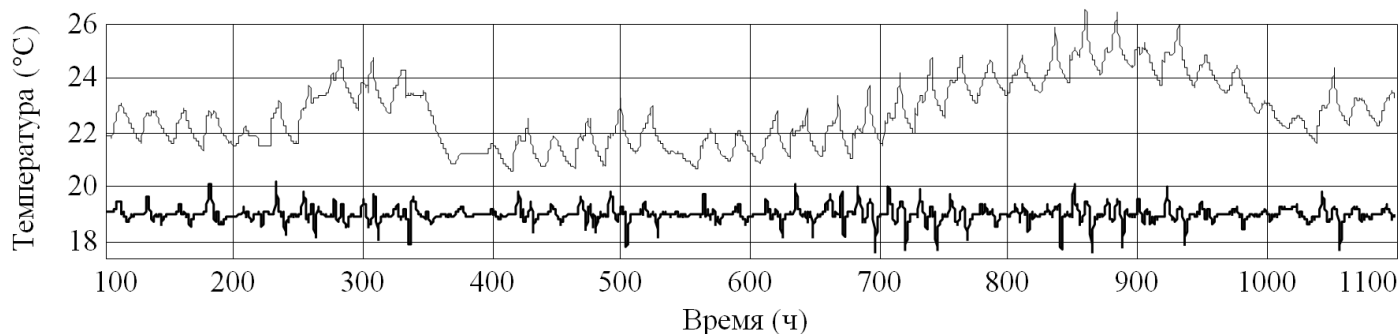


Рис. 2. Обобщенная структура системы управления отоплением здания

Элементы разрабатываемой системы внедрены в учебно-лабораторном корпусе ЗБВ Южно-Уральского государственного университета. В рамках АИТП корпуса реализован алгоритм базового управления, построена сеть Microlan из 25 датчиков для сбора данных о температуре в здании. В настоящее время осуществляется отработка на практике алгоритмов упреждающего управления.

Экспериментальные исследования, проведенные на модели и на реальном объекте, показали, что потенциал дополнительного энергосбережения от внедрения предложенного алгоритма в рамках АИТП составляет 10,9%. [4]

### Техническая реализация на базе ПТК «ПолиТЭР»

Реализация предложенного подхода производилась с использованием программно-технического комплекса «ПолиТЭР». На рис. 3 представлена экранная форма программного обеспечения АСДУ «ПолиТЭР».

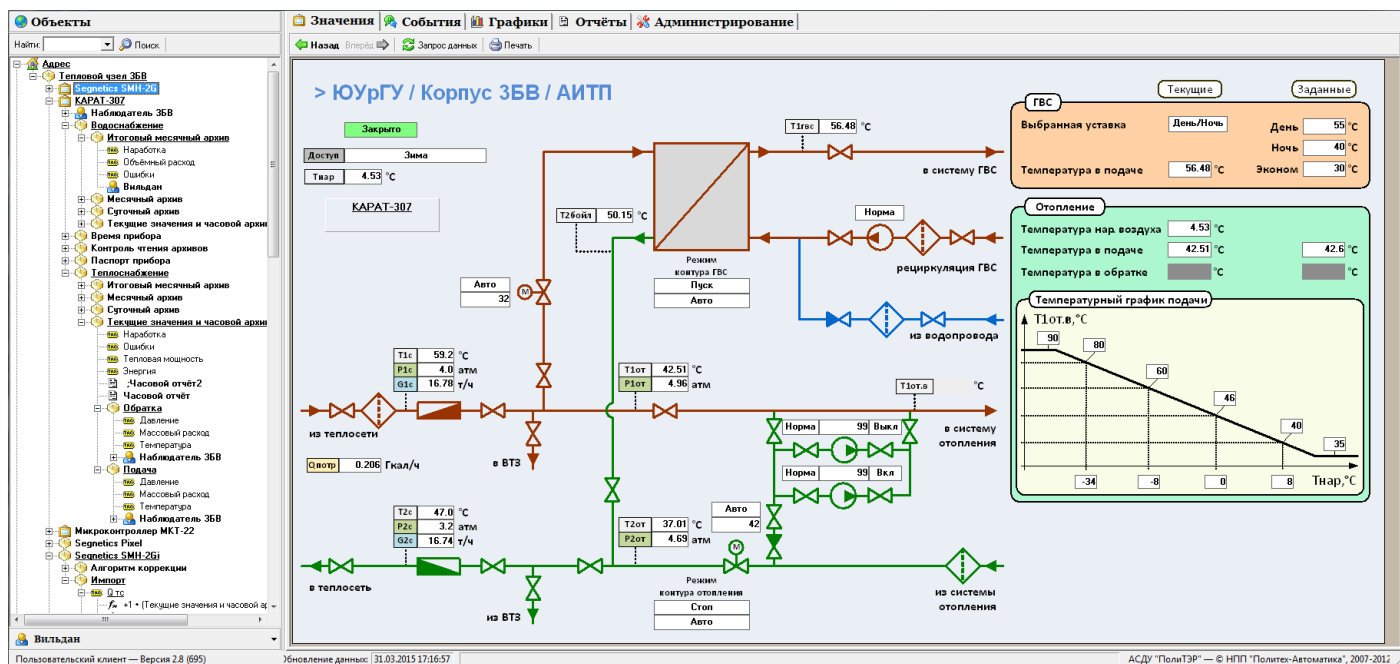


Рис. 3. Экранная форма внедренной системы управления на базе ПТК «ПолиТЭР»

Сферой применения ПТК «ПолиТЭР» являются объекты ЖКХ, топливно-энергетического комплекса и промышленных предприятий, включая инженерные сети тепло-, водо-, электро-, газо- и пароснабжения. ПТК «ПолиТЭР» соответствует требованиям ГОСТ Р 8.596-2002, ГОСТ Р 8.654-2009 и внесен в государственный реестр средств измерений (регистрационный №53530-13), что позволяет использовать ПТК «ПолиТЭР» в системах коммерческого учета энергоресурсов.

Отличительной особенностью ПТК «ПолиТЭР» является объединение функций коммерческого учета и диспетчерского управления потреблением энергоресурсов в режиме реального времени в рамках единой автоматизированной системы (АСДУ и АИИКУЭ). В ПТК «ПолиТЭР» поддерживаются все наиболее распространенные типы и марки приборов учета и контроллеров, перечень которых постоянно расширяется. Использование единой системы для

комплексного контроля над всеми потребляемыми энергоресурсами не только снижает капитальные затраты на внедрение системы диспетчеризации, но также сокращает количество обслуживающего персонала и уменьшает стоимость эксплуатации системы.

На базе ПТК «ПолиТЭР» возможно создание многоуровневых вертикально интегрированных систем, что дает возможность создания как систем индивидуального, так и группового учета и управления. Предусмотрено взаимодействие со смежными автоматизированными системами (расчетные, платежные, бухгалтерские программы), экспорт и импорт данных с использованием стандартных механизмов: SQL-запросов, OPC-серверов, XML (например, в формате 80020).

Встроенные средства онлайн-анализа энергоэффективности и качества энергоснабжения позволяют осуществлять оперативное выявление отклонений фактических значений параметров от установленных норм с учетом допусков, предоставляют функции диагностики исправности приборов учета и контроллеров.

#### **Литература:**

[1] По данным энергетического аудита ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), проведенного в 2012 году.

[2] Эффективное сбережение энергоресурсов – одно из ключевых звеньев реформирования ЖКХ в России / Н. А. Калентьева // Экономическая наука и практика: материалы междунар. науч. конф. (г. Чита, февраль 2012 г.). – С. 198–201.

[3] Building Heating Feed-forward Control Based on Indoor Air Temperature Inverse Dynamics Model / V. V. Abdullin, D. A. Shnayder, A. A. Basalaev // Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of The World Congress on Engineering and Computer Science 2014, WCECS 2014, 22-24 October, 2014, San Francisco, USA, pp. 886–892.

[4] Method of Building Thermal Performance Identification Based on Exponential Filtration / V. V. Abdullin, D. A. Shnayder, L. S. Kazarinov // Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of The World Congress on Engineering 2013, Volume III, WCE 2013, 3-5 July, 2013, London, U.K., pp. 2226-2230.