

ПОДХОД К ОПЕРАТИВНОМУ АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

Д.А. Шнайдер, В.В. Абдуллин, А.А. Басалаев

APPROACH TO OPERATIONS ANALYSIS OF BUILDINGS HEAT SUPPLY

D.A. Shnayder, V.V. Abdullin, A.A. Basalaye

Рассматривается подход к оперативному анализу параметров качества и эффективности систем теплоснабжения зданий. Описывается ряд показателей, на основе которых будет производиться оценка. Сформулированы в виде неравенств условия, характеризующие критерии качества и эффективности систем теплоснабжения. Предложена структура системы анализа данных с учетом интеграции с автоматизированными системами коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ).

Ключевые слова: анализ, теплоснабжение, эффективность.

This article describes an approach to operations analysis of quality and efficiency factors of buildings heat supply systems. A set factors on base of which estimation will be produced is described. Quality and efficiency factors describing conditions are formulated in form of inequalities. Data analyse system structure is suggested, what is done taking into account integration with automated energy supply billing systems.

Keywords: analysis, heat supply, efficiency.

Введение

Актуальной задачей энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве РФ является обеспечение надежной и эффективной работы систем теплоснабжения. Первым этапом решения данной задачи является широкомасштабная установка приборов учета энергоресурсов, реализуемая в настоящее время в рамках Федерального закона № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. Внедрение приборов учета, в свою очередь, дает возможность для проведения оперативного анализа теплоснабжения зданий с целью выявления потерь ресурсов и повышения эффективности использования тепловой энергии.

В основе анализа работы системы теплоснабжения лежит сопоставление фактических и нормативных показателей. В зависимости от типа показатели могут характеризовать как работу источников теплоснабжения, так и тепловых сетей и потребителей тепловой энергии. Далее рассмотрим конкретные показатели качества и эффективности систем теплоснабжения.

1. Показатели качества и эффективности систем теплоснабжения

1. Температурные графики теплоснабжения.

Теплоснабжение потребителей осуществляется согласно расчетным температурным графикам, определяющим нормативную температуру теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах на вводе потребителя в зависимости от температуры наружного воздуха [1].

Сопоставление нормативного и фактического температурных графиков позволяет оценить работу теплосети и контролировать отклонения от расчетных показателей. По температурным графикам можно судить о состоянии тепловых систем здания, а также контролировать качество теплоснабжения.

Оценка качества работы источников тепла осуществляется путем сравнения фактической температуры $T_{\text{ф}}$ и нормативной $T_{\text{н}}$ ($T_{\text{н.в}}$) температуры теплоносителя в подающем трубопроводе, рассчитанной для текущей температуры наружного воздуха $T_{\text{н.в}}$. Условие выполнения критерия

Шнайдер Дмитрий Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации и управления ЮУрГУ; shnayder@ait.susu.ac.ru

Абдуллин Вильдан Вильданович – аспирант ЮУрГУ; vildan@ait.susu.ac.ru

Басалаев Александр Анатольевич – студент ЮУрГУ; sasha-basalae@mail.ru

Shnayder Dmitry Alexandrovich – PhD, assistant professor of the Automation and control department of SUSU; shnayder@ait.susu.ac.ru

Abdullin Vildan Vildanovich – postgraduate student of SUSU; vildan@ait.susu.ac.ru

Basalaye Alexander Anatolyevich – student of SUSU; sasha-basalae@mail.ru

качества работы источника тепловой энергии будет иметь вид

$$\Delta T_1 = |T_{1ф} - T_{1н}(T_{н.в})| \leq \delta_{T_1}, \quad (1)$$

где ΔT_1 – отклонение фактической температуры теплоносителя в подающем трубопроводе от нормативной; δ_{T_1} – технологический допуск, связанный с дискретностью регулирования температуры подаваемого теплоносителя на источниках, погрешностью измерений и другими факторами.

Критерий эффективности работы потребителей тепла может быть записан в виде условия

$$\Delta T_2 = |T_{2ф} - T_{2н}(T_{н.в})| \leq \delta_{T_2}, \quad (2)$$

где $T_{2ф}$, $T_{2н}(T_{н.в})$ – фактическая и нормативная температуры теплоносителя в обратном трубопроводе соответственно; δ_{T_2} – технологический допуск на отклонение температуры обратного теплоносителя. При этом повышенная температура $T_{2ф}$ означает недоиспользование потребителем поставляемого тепла и, как следствие, избыточный расход электроэнергии на циркуляционных насосах источника. Пониженная температура $T_{2ф}$ означает нехватку тепла и грозит замораживанием теплоносителя.

Реальные графики, иллюстрирующие изменение рассматриваемых фактических и нормативных значений температур для 5-этажного жилого дома, полученные с помощью автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) приведены на рис. 1.

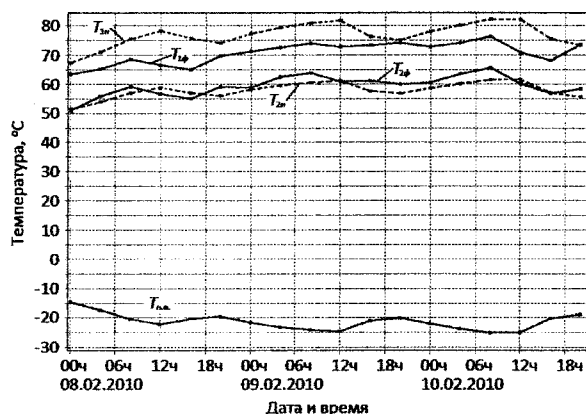


Рис. 1. Температурные графики

2. Утечки. Сопоставление значений текущих расходов теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах на вводе в здание, а также на источниках и в узловых точках системы теплоснабжения позволяет выявлять и локализовывать утечки теплоносителя в системе. Критерий целостности, а значит и эффективности системы теплоснабжения, будет иметь вид

$$\Delta G = |G_1 - G_2| \leq \delta_G, \quad (3)$$

где G_1 , G_2 – текущие расходы теплоносителя в контрольной точке системы; ΔG – величина утечки; δ_G – допуск, определяемый, главным образом, погрешностью измерений расхода.

Оперативный многоточечный контроль утечек в тепловой сети, сопряженный с расчетом гидравлических режимов на основе математического моделирования [2], позволяет эффективно выявлять незначительные повреждения тепловых сетей на ранних стадиях и тем самым предупреждать крупные аварии.

3. Давление теплоносителя. В случае прорыва трубопровода давление теплоносителя в сети резко падает. Контроль давления позволяет оперативно выявлять и реагировать на аварии, а также предупреждать избыточное давление в трубопроводе.

В реальных условиях нормы давлений в подающем и обратном трубопроводах на выходе источников и на вводах потребителей зависят от характеристик системы теплоснабжения и от сезонного фактора. Различают «зимний» режим, характеризующийся наибольшим потреблением тепловой энергии на отопление зданий, переходный «осеннее-весенний» режим, характеризующийся пониженным потреблением тепла на отопление, и «летний» режим, при котором тепло расходуется в основном только на горячее водоснабжение. Критерии качества, характеризующие нормальный режим работы системы теплоснабжения с точки зрения давлений теплоносителя, будут иметь вид:

$$|P_{1ф} - P_{1н}(F_c)| \leq \delta_P, \quad (4)$$

$$|P_{2ф} - P_{2н}(F_c)| \leq \delta_P, \quad (5)$$

где $P_{1ф}$, $P_{2ф}$ – фактическое давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети; $P_{1н}(F_c)$, $P_{2н}(F_c)$ – ступенчатые функции, определяющие нормативное давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в зависимости от фактора сезонности F_c ; δ_P – технологический допуск, определяемый потерями давлений в трубопроводах тепловой сети и погрешностью измерений.

4. Теплопотребление. Прямым параметром, характеризующим текущий расход тепла у потребителя, является фактическая тепловая нагрузка $Q_{ф}$, рассчитываемая прибором учета тепла. В зависимости от вида здания $Q_{ф}$ может включать в себя тепловые нагрузки отопления, горячего водоснабжения, вентиляции, а для промышленных зданий также технологическую нагрузку. При этом для каждого здания может быть рассчитана текущая нормативная тепловая нагрузка $Q_{н}(T_{н.в}, F_i)$, зависящая от температуры $T_{н.в}$ и ряда режимных факторов F_i , например, вида здания, режима работы теплопотребляющих установок, численности

персонала либо жителей и др. Отсюда критерий энергоэффективности теплоснабжения –

$$Q_{\Phi} \leq Q_n(T_{н.в.}, F_i), \quad (6)$$

а критерий качества теплоснабжения –

$$|Q_{\Phi} - Q_n(T_{н.в.}, F_i)| \leq \delta_Q, \quad (7)$$

где δ_Q – технологический допуск.

Сопоставление нормативного и фактического энергопотребления в ретроспективе позволяет оценивать энергетическую эффективность конкретных потребителей, групп потребителей, инженерных сетей, выявлять наиболее неблагоприятные в плане энергоэффективности объекты, а также оценивать эффект от проводимых мероприятий по энергосбережению (утепление швов, установка окон со стеклопакетом и т. п.). Так, в качестве примера на рис. 2 приведен полученный при помощи АСДУ температурный график для 5-этажного кирпичного жилого дома, 140 жителей. Верхняя линия – нормативное потребление тепла, нижняя линия – фактическое потребление. Значительная экономия, наблюдаемая на графике, во многом обусловлена установкой автоматизированного индивидуального теплового пункта.

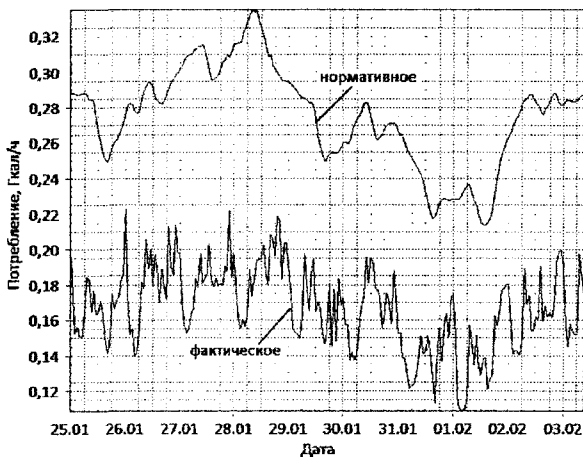


Рис. 2. Графики потребления

5. Удельное теплопотребление (расход тепла объектом, отнесенный к некоторой условной единице). Наиболее востребованными являются данные по удельному потреблению q на единицу объема V –

$$q_{\Phi}^{(V)} = Q_{\Phi} / V, \quad (8)$$

площади помещения S –

$$q_{\Phi}^{(S)} = Q_{\Phi} / S, \quad (9)$$

на 1 жителя –

$$q_{\Phi}^{(n)} = Q_{\Phi} / n \quad (10)$$

и т. п. Для указанных параметров вычисляются нормативные значения $q_n^{(V)}$, $q_n^{(S)}$, $q_n^{(n)}$.

Для участков тепловых сетей возможна оценка потерь на единицу длины трубопровода ℓ :

$$q_{\Phi}^{(\ell)} = Q_{\Phi} / \ell. \quad (11)$$

Удельные величины теплопотребления дают возможность сравнивать между собой однотипные объекты, например, административные здания, школы, детские сады, жилые дома одной серии, однотипные промышленные объекты и т. д, что, в свою очередь, дает возможность для выявления нерационального расхода энергии и дополнительной экономии ресурсов.

2. Автоматизированная система анализа качества и энергоэффективности теплоснабжения

Реальные системы теплоснабжения городов включают в себя большое количество разнородных потребителей, источников тепловой энергии и протяженные тепловые сети. При этом общее количество значений показателей эффективности и качества теплоснабжения может быть весьма значительным. В этой связи является целесообразным применение автоматизированных систем оперативного анализа энергоэффективности теплоснабжения зданий, работающих в комплексе с автоматизированными системами коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) и АСДУ. Структура подобной схемы приведена на рис. 3.

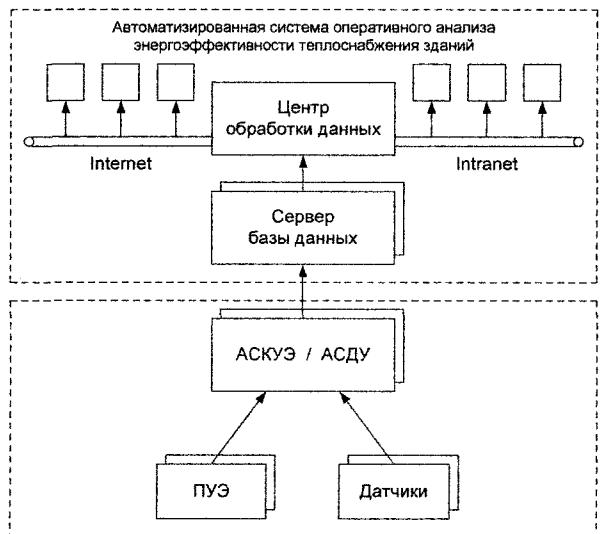


Рис. 3. Структура автоматизированной системы оперативного анализа энергоэффективности теплоснабжения

Данные в систему оперативного анализа поступают с АСКУЭ или АСДУ, работающими с полевым оборудованием. Хранение всей информации (исходных данных и результатов анализа) осуществляется на сервере БД центра обработки данных. К системе посредством локальной сети, а также посредством сети Интернет осуществляется

подключение конечных пользователей различных категорий.

Заключение

Актуальной задачей энергосбережения в системе теплоснабжения является внедрение приборов учета тепла в комплексе с автоматизированными системами оперативного анализа параметров теплоснабжения. В работе предложен подход и определены критерии оценки эффективности и качества работы источников, потребителей и тепловых сетей, предложена структура автоматизированной системы оперативного анализа энергоэф-

фективности на основе нормативных и фактических данных приборного учета.

Литература

1. Соколов, Е.Я. *Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов / Е.Я. Соколов. – 6-е изд., перераб. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 472 с.*
2. Гойтина, Е.В. *Методика идентификации параметров модели тепловой сети по данным эксплуатации / Е.В. Гойтина, Д.А. Шнайдер // Автоматизация и современные технологии. – 2007. – № 9. – С. 20–22.*

Поступила в редакцию 21 декабря 2010 г.