

УДК 697.34

В.М.ГОЛУБЦОВ, д-р техн. наук, Е.Н.КРЮЧКОВ, канд. техн. наук
Запорожская государственная инженерная академия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Приводятся аналитические зависимости, определяющие температуру воздуха внутри помещений в системах централизованного теплоснабжения с качественным регулированием отпуска теплоты потребителям в зависимости от изменения параметров теплоносителя в тепловых сетях. Показана зависимость изменения расхода топлива и оплаты за отпущенную тепловую энергию при изменении температуры воздуха внутри помещения.

В системах централизованного теплоснабжения качество предоставляемых услуг по отоплению жилых и общественных зданий в основном зависит от поддержания расчетной температуры теплоносителя перед отопительной системой. Отклонение от расчетных параметров приводит к нарушению теплового баланса и изменению температуры воздуха в отапливаемом помещении.

Правилами предоставления населению услуг по теплоснабжению [1] предусматривается уменьшение оплаты за предоставленные услуги при отклонении фактической температуры воздуха в помещении от расчетной $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 5% за каждый градус отклонения.

С целью урегулирования расчетов за предоставленные услуги по теплоснабжению Проблемным институтом нетрадиционных энерго-технологий и инжиниринга разработан проект методики перерасчетов за услуги централизованного теплоснабжения [2]. Аналогичные методики созданы теплоснабжающими предприятиями Харькова, Днепропетровска [3,4]. Основным показателем в этих методиках, дающим основание для перерасчетов, является температура воздуха в помещении, зафиксированная в акте обследования. Они могут быть реализованы только для незначительного числа потребителей, по заявлениям которых составлялись акты обследований. Проводить измерения температуры воздуха во всех отапливаемых помещениях практически невозможно, к тому же этот показатель во многом зависит от субъективных факторов.

Согласно [1] такие перерасчеты необходимо проводить за весь период отклонения температуры воздуха в помещении от расчетной в течение всего отопительного сезона. Для этих целей нужно иметь универсальную методику, позволяющую по фактической температуре воды в тепловой сети (перед отопительной системой) определить параметры воздуха в отапливаемом помещении, а также выполнить кор-

ректировку оплаты за предоставляемые услуги по теплоснабжению.

Количество теплоты, поступающее в отапливаемые помещения через нагревательные приборы, должно компенсировать потери теплоты в окружающую среду при сохранении в отапливаемом помещении заданной расчетной температуры воздуха.

Из совместного решения уравнения теплопередачи для нагревательного прибора и уравнения теплового баланса для отопительной системы количество потребляемой тепловой энергии определяем по уравнению

$$Q = \frac{\tau_3 - (t_1 + t_2)/2}{1/(kFn) + 0,5/W_n}. \quad (1)$$

Как видно из этого уравнения, тепловая нагрузка может регулироваться путем изменения пяти параметров: коэффициента теплопередачи нагревательных приборов k , площади поверхности нагревательных приборов F , температуры греющего теплоносителя на входе в нагревательные приборы τ_3 , водного эквивалента греющего теплоносителя W_n , длительности работы отопительной системы n .

На практике тепловая нагрузка регулируется, как правило, только путем изменения температуры теплоносителя τ_1 и водного эквивалента греющего теплоносителя W_n .

Для водных систем теплоснабжения наибольшее распространение получил метод центрального качественного регулирования отопительной нагрузки, заключающийся в регулировании отпуска теплоты путем изменения температуры теплоносителя на входе в нагревательные приборы при сохранении постоянным количества (расхода) теплоносителя, подаваемого в регулируемую установку. Для принятых расчетных параметров текущие значения температуры воды в тепловой сети и в местной системе отопления для условий $t_{ен} = const$ рассчитываем по уравнениям [5].

В реальных условиях из-за нарушения технологического процесса выработки тепловой энергии, чаще всего по причине ограничения подачи топлива, расчетная температура теплоносителя τ_1 не выдерживается. Это, в свою очередь, приводит к нарушению теплового баланса в отапливаемых помещениях и снижению в них температуры воздуха. В связи с этим возникает необходимость определения фактической температуры воздуха в помещениях при отклонении параметров теплоносителя от расчетных.

Температура воздуха внутри отапливаемых помещений поддерживается постоянной на основе равенства теплового баланса между приходом теплоты от нагревательных приборов и расходом теплоты в окружающую среду через стены ограждающих конструкций. Количество теплоты, отданное отопительными приборами возду-ху отапливаемого помещения, определяем из уравнения, Дж/с

$$Q_{np} = F_{np} K_{np} \left(\frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_в \right), \quad (2)$$

где F_{np} – площадь поверхности нагрева отопительного прибора, м²; K_{np} – коэффициент теплопередачи от воды в отопительном приборе к воздуху отапливаемого помещения, Вт/м² К; τ_3, τ_2 – температура горячей воды на входе в отопительный прибор и на выходе из него, °С; $t_в$ – температура воздуха в отапливаемом помещении, °С.

Количество теплоты, прошедшее через стены, ограждающие кон-струкции, в окружающую среду, определяем по формуле, Дж/с

$$Q_{cm} = F_{cm} K_{cm} (t_в - t_н), \quad (3)$$

где F_{cm} – площадь поверхности ограждающих конструкций, м²; K_{cm} – коэффициент теплопередачи через ограждающие конструкции, Вт/м² К; $t_в$ – температура внутри отапливаемого помещения, °С; $t_н$ – температура наружного воздуха, °С.

В свою очередь, количество теплоты, отданное водой в отопи-тельном приборе в процессе теплообмена, можно определить из урав-нения

$$Q_{воды} = GC_p (\tau_3 - \tau_2), \quad (4)$$

где C – расход воды через отопительные приборы, кг/с; C_p – тепло-емкость воды, кДж/кг·К.

В установившемся тепловом режиме соблюдается следующее ра-венство:

$$Q_{np} = Q_{cm} = Q_{воды}. \quad (5)$$

Исходя из этого, имеем

$$F_{np} K_{np} \left(\frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_в \right) = F_{cm} K_{cm} (t_в - t_н); \quad (6)$$

$$GC_p (\tau_3 - \tau_2) = F_{cm} K_{cm} (t_в - t_н); \quad (7)$$

$$GC_p(\tau_3 - \tau_2) = F_{np}K_{np} \left(\frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_g \right). \quad (8)$$

Температуру воды на выходе из отопительного прибора найдем из уравнения (7) в следующем виде:

$$\tau_2 = \tau_3 - \frac{F_{cm}K_{cm}}{GC_p} (t_g - t_n). \quad (9)$$

После подстановки значения τ_2 из уравнения (9) в уравнение (6) и деления левой и правой части на $F_{np}K_{np}$ последнее преобразуется к виду

$$\tau_3 + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{F_{cm}K_{cm}}{GC_p} + \frac{F_{cm}K_{cm}}{F_{np}K_{np}} \right) t_n = \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{cm}K_{cm}}{GC_p} + \frac{F_{cm}K_{cm}}{F_{np}K_{np}} \right) t_g. \quad (10)$$

Введем следующие обозначения:

$$K_1 = \frac{F_{cm}K_{cm}}{GC_p}; \quad K_2 = \frac{F_{cm}K_{cm}}{F_{np}K_{np}}.$$

Подставляя K_1 и K_2 в уравнения (9) и (10), находим температуру воздуха внутри отапливаемых помещений t_g и температуру теплоносителя на выходе из отопительных приборов τ_2 из выражений

$$t_g = \frac{\tau_3 + (0,5K_1 + K_2)t_n}{1 + 0,5K_1 + K_2}, \quad ^\circ\text{C}; \quad (11)$$

$$\tau_2 = \tau_3 + K_1(t_n - t_g), \quad ^\circ\text{C}. \quad (12)$$

При подключении абонентов через элеватор температуру воды на входе в отопительный прибор определяем по формуле

$$\tau_3 = \frac{\tau_1 + u\tau_2}{1 + u}, \quad (13)$$

где $u = G_0 / G$ коэффициент смешения (эжекции) элеватора, равный отношению расхода подмешиваемой воды из обратной линии к расходу воды из подающей линии тепловой сети через сопло элеватора.

Из уравнения (13) находим температуру воды в подающем трубопроводе τ_1 , $^\circ\text{C}$:

$$\tau_1 = (1 + u)\tau_3 - u\tau_2. \quad (14)$$

Заменив τ_2 в (14) на его значение из (12), после преобразований по-

лучим

$$\tau_1 = \tau_3 + u\tau_3 - u[\tau_3 + K_1(t_H - t_e)] = \tau_3 - K_1u(t_H - t_e).$$

Откуда

$$\tau_3 = \tau_1 + K_1u(t_H - t_e). \quad (15)$$

Заменив в уравнении (11) τ_3 на его значение из (15) и выполнив решение относительно t_e , получим

$$\begin{aligned} t_e(1 + 0,5K_1 + K_2) &= \tau_1 + K_1u(t_H - t_e) + (0,5K_1 + K_2)t_H, \\ t_e + 0,5K_1t_e + K_2t_e &= \tau_1 + K_1ut_H - K_1ut_e + 0,5K_1t_H + K_2t_H, \\ t_e(1 + 0,5K_1 + K_2 + K_1u) &= \tau_1 + (0,5K_1 + K_2 + K_1u)t_H, \\ t_e &= \frac{\tau_1 + (0,5K_1 + K_2 + K_1u) \cdot t_H}{1 + 0,5K_1 + K_2 + K_1u} = \frac{\tau_1 + [(0,5 + u)K_1 + K_2] \cdot t_H}{1 + (0,5 + u)K_1 + K_2}. \end{aligned} \quad (16)$$

Таким образом, получена аналитическая зависимость, позволяющая определить температуру воздуха внутри отапливаемого помещения в общем виде для закрытых и открытых систем теплоснабжения с качественным регулированием отпуска теплоты на отопление.

При подключении абонентов напрямую (без элеваторного узла) температура воздуха внутри отапливаемого помещения определяется по уравнению (16) при $u = 0$

$$t_e = \frac{\tau_1 + (0,5K_1 + K_2)t_H}{1 + 0,5K_1 + K_2}. \quad (17)$$

Коэффициенты K_1 и K_2 определяем на основании температурных графиков качественного регулирования системы теплоснабжения: коэффициент K_1 – из уравнения (7)

$$K_1 = \frac{\tau_3 - \tau_2}{t_e - t_H}, \quad (18)$$

коэффициент K_2 – из уравнения (6)

$$K_2 = \frac{0,5(\tau_3 + \tau_2) - t_e}{t_e - t_H}. \quad (19)$$

Выводы

На основе анализа процессов теплообмена в системах централизованного теплоснабжения определены количественные соотношения изменения температуры воздуха внутри помещений в зависимости от изменения температуры воды в подающей магистрали тепловой сети.

Полученные аналитические решения могут быть использованы при разработке методики перерасчета стоимости услуг по теплоснабжению в зависимости от отклонения параметров теплоносителей в системах теплоснабжения от расчетных значений.

1. Правила надання населенню послуг з водо - теплопостачання та водовідведення: Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 30.12.97. №1497.

2. Методика перерахунків за послуги централізованого теплопостачання. Держбуд України. Проблемний Інститут нетрадиційних енерготехнологій та інжинірингу. – К., 2001.

3. Методики перерасчета за услуги теплоснабжения. – Харьков: Харьковтеплоэнерго, 2001.

4. Методики перерасчета за услуги теплоснабжения. – Днепропетровск: Днепропетлоэнерго, 2001.

5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 360 с.

Получено 05.02.2003

УДК 697.34

Л.В.ЛЫСАК

ЗАО «Теплоэлектроцентрль - 3», г.Харьков

А.Ф.РЕДЬКО, Ф.А.СТОЯНОВ, доктора техн. наук

Л.Ф.СТОЯНОВ, канд. техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ В ГОРОДСКОЙ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Рассматриваются методы рационального управления ТЭЦ в течение отопительного сезона.

Работа посвящена актуальной тематике – экономии топливно-энергетических ресурсов за счет применения компьютерных технологий управления энергетическими системами.

Задача оптимального управления отдельными теплогенерирующими агрегатами решалась в работах [1-4]. В предлагаемой статье рассматривается задача рационального управления ТЭЦ в целом.

Процесс выработки тепловой и электрической энергии в теплофикационной системе протекает следующим образом. В парогенераторах вырабатывается пар с постоянными параметрами $P=7,1$ МПа и $t_0=490$ °С, который поступает в паровые теплофикационные турбины, состоящие из частей высокого давления (ЧВД) и частей низкого давления (ЧНД). Между этими частями происходит отбор пара для обеспечения тепловой нагрузки на отапливаемые районы. Пар из отбора поступает в бойлер, где концентрируется и отдает теплоту сетевой воде. Конденсат из бойлера поступает в деаэратор и далее в парогенера-