

УДК 697.34

М. А. ЯРЕМЕНКО, инженер

ООО «Дивайс», г. Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦЕНЫ ГАЗА НА ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК МЕЖДУ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ ИСТОЧНИКОМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И АВТОНОМНЫМИ КВАРТИРНЫМИ ЭЛЕКТРОКОТЛАМИ

Исследовано влияние цены газа на оптимальное распределение тепловых нагрузок между централизованным источником теплоснабжения и автономными квартирными электрокотлами.

Ключевые слова: система централизованного теплоснабжения, оптимальное управление, автономные квартирные электрокотлы.

Досліджений вплив ціни газу на оптимальний розподіл теплових навантажень між централізованим джерелом теплопостачання і автономними квартирними електрокотлами.

Ключові слова: система централізованого теплопостачання, оптимальне управління, автономні квартирні електрокотли.

Введение

Целесообразность применения автономных квартирных отопительных электрокотлов определяется многими факторами, в том числе возможностью оперативного управления на уровне отапливаемой квартиры и особенно возможностью снижения стоимости тепловой энергии у потребителя. Последнее зависит от многих факторов: от удаления централизованных источников теплоты от отапливаемых районов, от экономических характеристик отопительного оборудования, от цены электроэнергии и газа и др. Именно задача выбора оптимальной нагрузки на автономные квартирные электрокотлы в зависимости от цены на газ рассматривается в настоящей работе.

Основная часть

Рассматривается система теплоснабжения жилого дома, представляющая собой совокупность квартирных систем отопления, питающихся от общего ввода в дом или домовую котельную, а также от автономных электрокотлов в каждой квартире. Упрощенная технологическая схема этой отопительной системы для отдельной квартиры приведена на рис. 1 [1].

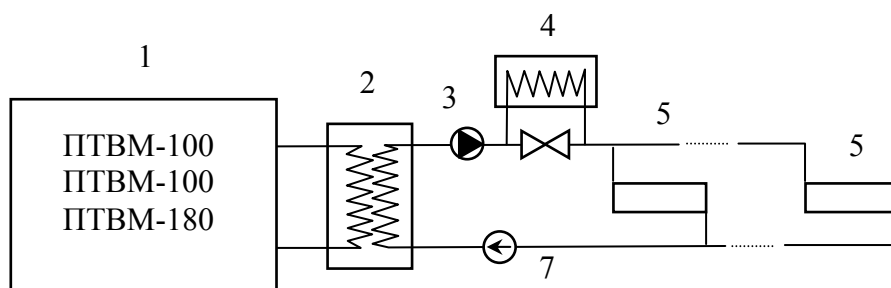


Рис. 1. Схема системы отопления квартиры

Здесь:

1 – отопительная котельная, состоящая из трех котлов (ПТВМ-100, ПТВМ-100 и ПТВМ-180);

2 – пластинчатый теплообменник;

3 – расходомер;

- 4 – электрический нагреватель с установкой климат-контроля;
- 5 – нагревательный прибор с терморегулятором;
- 6 – задвижка;
- 7 – циркуляционный насос.

Квартиры обогреваются за счет двух источников:

– отопительной котельной, нагрузка на которую $\bar{Q}_{ц}$, МВт, в дальнейшем выбирается оптимальной. При этом $Q_{ц}$, МВт, является частью нагрузки $\bar{Q}_{ц}$ в отношении к отдельной квартире;

– квартирного отопительного котла, нагрузка на который составляет величину $Q_{к}$, МВт, и $\bar{Q}_{к}$ – для группы котлов.

Формальная постановка задачи оптимального управления рассматриваемой отопительной системой может быть представлена следующим образом.

При заданной температуре наружного воздуха $t_{нв}$, $^{\circ}\text{C}$, и соответствующей величине общей нагрузке на отапливаемый район $\bar{Q}(t_{нв})$, МВт, или аналогичной нагрузки на отдельную квартиру $Q(t_{нв})$, найти величину нагрузки на котельную $\bar{Q}_{ц}$, МВт, или ее часть, приходящуюся на отдельную квартиру $Q_{ц}$, МВт, и на квартирные электродкотлы $Q_{к}$, МВт, обеспечивающие минимум стоимости теплоты у потребителя C , гривен/МДж при выполнении условия

$$Q_{ц}(t_{нв}) + Q_{к}(t_{нв}) = Q(t_{нв}), \quad (1)$$

то есть суммарная комфортная тепловая нагрузка на отапливаемую квартиру $Q(t_{нв})$ должна равняться сумме нагрузок, вырабатываемых на центральной котельной $Q_{ц}$ и на квартирном отопительном электродкотле $Q_{к}$.

Математическая постановка этой задачи выглядит следующим образом.

Найти

$$\begin{aligned} \min C(Q_{ц}, Q_{к}), \\ Q_{ц}, Q_{к} \in \Omega \end{aligned} \quad (2)$$

где область Ω определяется системой соотношений

$$\begin{aligned} Q_{ц}(t_{нв}) + Q_{к}(t_{нв}) &= Q(t_{нв}), \\ Q_{ц, \min} < Q_{ц} < Q_{ц, \max}; \quad Q_{к, \min} < Q_{к} < Q_{к, \max} \end{aligned} \quad (3)$$

где:

– $Q_{ц, \max}$, $Q_{к, \max}$, $Q_{ц, \min}$, $Q_{к, \min}$, МВт – максимальная и минимальная величины нагрузок, заданные техническими характеристиками энергогенерирующего оборудования и пропускными возможностями электросетей.

Величина целевой функции C , гривен/МДж, может быть представлена следующим соотношением [1]

$$C(Q_{ц}, Q_{к}) = \frac{C_{к}(Q_{к}) \cdot Q_{к} + C_{ц}(Q_{ц}) \cdot Q_{ц}}{Q_{к} + Q_{ц}}. \quad (4)$$

Здесь $C_{к}$ и $C_{ц}$, гривен/МДж – стоимость тепловой энергии, производимой квартирными электродкотлами и централизованными источниками теплоты соответственно.

Для решения оптимизационной задачи (2) в первую очередь необходимо построить зависимости $C_k(Q_k)$ и $C_{\Pi}(Q_{\Pi})$ в аналитическом виде. При формировании этих зависимостей необходимо соблюдать одно из основных положений системного подхода о том, что все оптимизационные задачи должны решаться при условиях работы оборудования на оптимальном режиме.

Учитывая это, рассчитывались значения C_{Π} , гривен/МДж, для различных Q_{Π} , МВт, с использованием программных комплексов, приведенных в [2]. Аналогично рассчитывается $C_k(Q_k)$. В качестве основных исходных данных при решении этой задачи использовались технические характеристики энергогенерирующего оборудования и сетей, общая нагрузка на отопительную систему, температурный график и др.

Так, в частности, рассматривалась отопительная котельная, состоящая из трех отопительных котлов (ПТВМ-100, ПТВМ-100 и ПТВМ-180). Оптимизационная задача решалась для заданных величин стоимости газа $C_g = 1,2$ гривен/м³; $C_g = 1,5$ гривен/м³ и $C_g = 1,65$ гривен/м³. Результаты решения представлены на рис. 2. Для получения аналитических зависимостей $C_{\Pi}(Q_{\Pi})$ и $C_k(Q_k)$ были аппроксимированы данные, представленные на рис. 2.

$$C_k(Q_k) = 0,0658 - 4,685 \cdot Q_{\Pi} + 4,77 \cdot Q_{\Pi}^2, \quad (5)$$

$$C_{\Pi}(Q_{\Pi}) = 0,0608 - 5,0977 \cdot Q_{\Pi} + 462,66 \cdot Q_{\Pi}^2, \quad (C_g = 1,45 \text{ гривен/м}^3); \quad (6)$$

$$C_{\Pi}(Q_{\Pi}) = 0,0653 - 4,681 \cdot Q_{\Pi} + 4,772 \cdot Q_{\Pi}^2, \quad (C_g = 1,65 \text{ гривен/м}^3). \quad (7)$$

C_k, C_{Π} , гривен/МДж

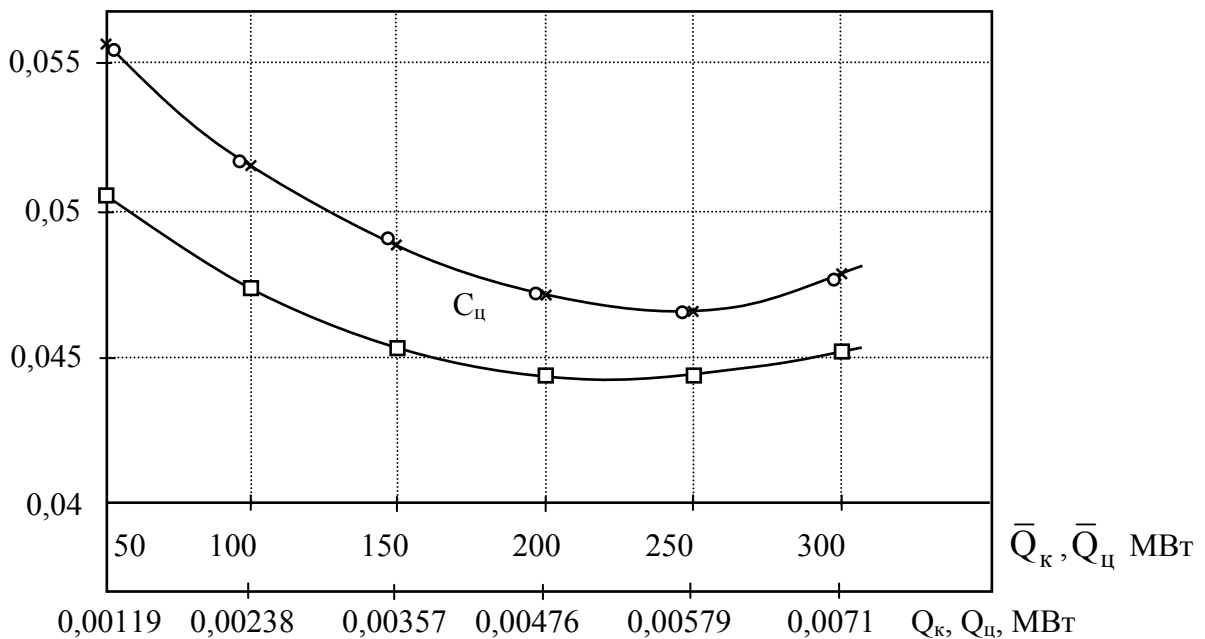


Рис. 2. Зависимость C_k и C_{Π} , гривен/МДж от $Q_{\Pi}, Q_k, \bar{Q}_k, \bar{Q}_{\Pi}$ МВт

○ – C_{Π} для $C_g = 1,65$ гривен/м³; □ – C_{Π} для $C_g = 1,45$ гривен/м³;
 × – C_k , гривен/МДж

Получив аналитические зависимости $C_{\Pi}(Q_{\Pi})$ и $C_k(Q_k)$ и подставив их в (4) можно приступить к решению оптимизационной задачи (2). В качестве примера рассмотрим решение для $C_g = 1,45$ гривен/м³.

Оптимизационная задача (2) решалась методом нелинейного математического программирования НМП [3] и была реализована с применением программного вычислительного комплекса EUREKA, где ее постановка выглядела следующим образом.

$$\text{Profit} = \frac{0,0658 - 4,685 \cdot Q_{\text{к}} + 477,14 \cdot Q_{\text{к}}^2}{Q_{\text{к}} + Q_{\text{ц}}} + \frac{0,0608 - 5,0977 \cdot Q_{\text{ц}} + 462,66 \cdot Q_{\text{ц}}^2}{Q_{\text{к}} + Q_{\text{ц}}}; \tag{8}$$

$$f(Q_{\text{к}}, Q_{\text{ц}}) := Q_{\text{к}} + Q_{\text{ц}} = 0,008 \text{ МВт};$$

$$\text{\$min(Profit).}$$

В результате решения получаем

$$Q_{\text{ц,опт}} = 0,007 \text{ МВт}; Q_{\text{к,опт}} = 0,001 \text{ МВт};$$

$$\left(\frac{Q_{\text{к}}}{Q} \cdot 100\% \right)_{\text{опт}} = 12,5 \text{ \%}.$$

Аналогичные расчеты были проведены для $C_{\text{г}} = 1,2$ гривен/м³ и $C_{\text{г}} = 1,65$ гривен/м³ и сведены в единую таблицу.

Анализ представленных в таблице результатов позволяет сделать следующие выводы.

Таблица

Зависимости $Q_{\text{ц,опт}}, Q_{\text{к,опт}}, \text{МВт}; C, \text{грн/МДж}$ и $\left(\frac{Q_{\text{к}}}{Q} \cdot 100\% \right)_{\text{опт}}$ от $C_{\text{г}}, \text{гривен/м}^3$

$C_{\text{г}}, \text{гривен/м}^3$	1,2	1,45	1,65
$Q_{\text{ц,опт}}, \text{МВт}$	0,008	0,007	0,00402
$Q_{\text{к,опт}}, \text{МВт}$	0	0,001	0,00398
$C, \text{гривен/МДж}$	0,0463	0,4956	0,05459
$\left(\frac{Q_{\text{к}}}{Q} \cdot 100\% \right)_{\text{опт}}$	0 %	12,5 %	50 %

Выводы

По мере увеличения цены газа оптимальная тепловая нагрузка на автономные квартирные электродкотлы существенно увеличивается. Это объясняется ростом цены тепловой энергии, вырабатываемой на централизованном источнике теплоты, по мере роста $C_{\text{г}}$. Так, например, при росте цены газа от $C_{\text{г}} = 1,2$ гривен/м³ до $C_{\text{г}} = 1,65$ гривен/м³ величина $\left(\frac{Q_{\text{к}}}{Q} \cdot 100\% \right)_{\text{опт}}$ возрастает от 0 % до 50 %. Следовательно, потребление тепловой энергии из этого источника (особенно в условиях неустойчивой государственной политики в этом вопросе) становится нерациональным.

Список литературы

1. Яременко М. А. Оптимальное распределение тепловых нагрузок между централизованными источниками теплоты и квартирными электродкотлами // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – № 61, 2010. – С. 268 – 270.

2. Методы системного анализа в задачах оптимального проектирования централизованных систем теплоснабжения: Учебное пособие для ВУЗов / Ф. А. Стоянов, С. Ю. Андреев, Л. П. Шевченко. – Харьков: «Золотые страницы», 2005. – 140 с.

3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование.– М.: Мир, 1975.– 536 с.

RESEARCH OF INFLUENCE OF PRICE GAZA ON OPTIMUM DISTRIBUTING OF THERMAL LOADINGS BETWEEN THE CENTRALIZED SOURCE OF TEPLOSABZHENIYA AND AUTONOMOUS HOUSINGS ELECTRO-CALDRONS

M. A. JAREMENKO, engineer

Influence of gas cost on the heat demand optimum partition among the central heat station and local electric heating boiler units is investigated.

Keywords: central heating system, optimum control, local electric heating boiler unit.

Поступила в редакцию 16.02 2011 г.