УДК 621.311

М.А. Мартиняк, Й.С. Мисак
Національний університет “Львівська політехніка”

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПОСТАЧАННЯ ТЕПЛА СПОЖИВАЧАМ

© Мартиняк М.А., Мисак Й.С., 2014

Розглянуто методику розрахунку ефективності роботи систем централізованого теплопостачання на основі теплових балансів з врахуванням втрат тепла.

Ключові слова: система централізованого теплопостачання, теплові мережі, споживач тепла, коефіцієнт корисної дії, джерело генерації тепла.

The article is devoted to the method of calculating the efficiency of district heating systems based on heat balance with regard to heat loss.

Most of today district heating systems have a specific problem of technical wear and do not meet the modern technical level. In this connection there is a need in substantial capital investments for upgrading the boiler plants as well as networks for transportation of heat to the consumers.

The method of analysis and calculation of the efficiency of energy systems without heat consumers and with heat consumers is proposed to analyze the performance of the systems and to determine the costs depending on the mode of operation and design features.

Key words: district heating system, heat networks, heat efficiency, the source of heat generation.

Вступ

Централізоване теплопостачання в Україні займає важливе місце в системі забезпечення тепловою енергією побутових та промислових об’єктів [1]. Фактично у всіх областях і в більшості районних міст України існують системи централізованого теплопостачання [2].

Переваги централізованого теплопостачання над децентралізованим полягає насамперед у вирішенні важливого питання забруднення навколишнього середовища: зменшення шкідливих викидів в атмосферу з димовими газами, а також теплового навантаження району в умовах постійного дефіциту природних енергоресурсів в державі.

При цьому споживач повинен мати можливість швидко та легко розібратись у розрахунках та питаннях обслуговування системи теплопостачання.

Постановка проблеми

Сьогодні у сфері теплопостачання існують невирішенні проблеми, які характерні для більшості систем центрального теплопостачання, що відпрацювали свій технічний ресурс і потребують кардинальних рішень з підвищення ефективності їх роботи та забезпечення високої надійності.

Впродовж багатьох років експлуатації систем центрального теплопостачання фактично не приділялася увага діагностиці систем теплових режимів роботи котелень та ТЕЦ, оптимізації режимів роботи та теплопостачання споживачам теплової енергії, не нарощувалась і теплова потужність електростанцій, у районних котельнях газ використовувався не раціонально, а на шляху з котельні до споживача теплова мережа втрачала більше як 20 % теплової енергії.

Недостатньою є увага і до споживача, яка виявляється значною та довгостроковою проблемою систем централізованого теплопостачання. Таке падіння попиту на послуги централізованого теплопостачання може бути тимчасовим, поки споживач робить свій вибір і ринок приходить у нову рівновагу; з іншого боку, – споживач може залишитися без можливості вибору, яку буде вкрай складно або навіть неможливо створити заново. Для вирішення цієї проблеми політика держави щодо теплопостачальних організацій має бути спрямована на перехід від виробничої моделі управління до моделі, орієнтованої на споживача. Такий перехід дасть змогу споживачу отримувати якісні послуги, що найшвидше збільшить його бажання підтримувати і платити за послуги централізованого теплопостачання [5].

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Вирішення вищесказаних життєвоважливих проблем неможливе без індивідуального аналізу роботи систем централізованого теплопостачання.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо систему централізованого теплопостачання, яка складається із джерела генерації теплової енергії (ТЕЦ або котельня), трубопроводів подачі енергії і теплового споживача, (рис. 1).

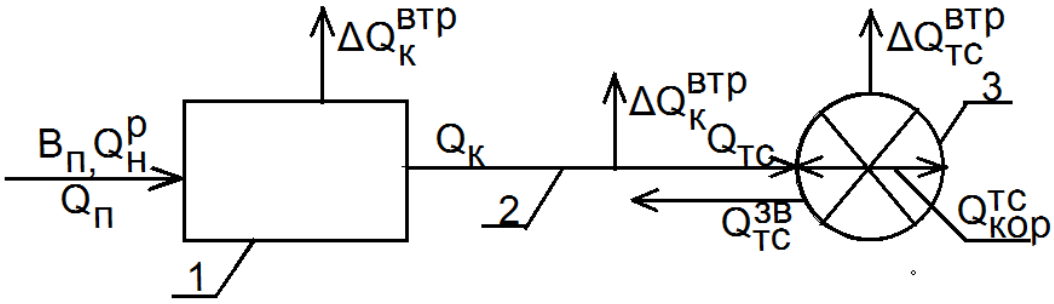

Рис. 1. Схема централізованого теплопостачання:
1 – джерело генерації тепла (ТЕЦ або котельня); 2 – система передачі теплової енергії споживачу; 3 – тепловий споживач

За такої системи теплопостачання кількість теплової енергії органічного палива, що поступає у котел, визначається за зворотним тепловим балансом:

$$Q_n = Q_к + \Delta Q_к^{втр}, \tag{1}$$

де $Q_к$ – корисне тепло, що генерує котел; $\Delta Q_к^{втр}$ – втрати тепла у котлі.

Кількість тепла, що генерує котел за період його роботи τ, можна знайти за формулою

$$Q_1 = \int_0^t Q_i dt \ , \tag{2}$$

а під час роботи n котлів кількість теплоти визначається як їх сума:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^{i=n} \int_0^t Q_i dt \ . \tag{3}$$

Втрати тепла котлом за період τ його роботи знайдемо як добуток втрат тепла q_i на кількість теплоти Q_n, що поступає в котел:

$$\Delta Q_1^{втр} = Q_n \sum_{i=2}^{i=6} q_i \tag{4}$$

або

$$\Delta Q_1^{втр} = \int_0^t \Delta Q_i dt \ . \tag{5}$$

Під час роботи n котлів сумарні втрати тепла за період τ в генеруючому об'єкті визначається так:

$$\Delta Q_к^{втр} = \sum_{i=1}^{i=n} \left(Q_n \sum_{i=2}^{i=6} q_i \right)_i \tag{6}$$

або

$$\Delta Q_к^{втр} = \sum_{i=1}^{i=n} \int_0^t \Delta Q_i dt \ , \tag{7}$$

де q_2 – втрати тепла з відхідними газами; q_3 – втрати тепла з хімічною неповнотою згоряння; q_4 – втрати тепла з механічним недопалом; q_5 – втрати тепла у навколишнє середовище, q_6 – втрати тепла з фізичним теплом жужелю.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Загальну кількість теплоти, що генерує об'єкт, та його теплові втрати можна визначити як суму складових теплового балансу об'єкта за формулою

$$Q_n = \sum_{i=1}^{i=n} \int_0^t Q_i dt + \sum_{i=1}^{i=n} \int_0^t \Delta Q_i dt \ . \tag{8}$$

При цьому коефіцієнт корисної дії $h_к$ генеруючого об'єкта визначимо із рівняння

$$h_к = \frac{Q_к}{Q_n} = \frac{\int_0^t Q_i dt}{\int_0^t Q_i dt + \int_0^t \Delta Q_i dt} . \tag{9}$$

Для сучасних котлів $h_к$ може змінюватися від 87 до 94 %, а для котлів, що відпрацювали свій технічний ресурс, він значно менший і може знижуватися до 70 % і нижче.

Кількість тепла, що поступає споживачу, визначимо як

$$Q_{mc} = Q_n - \left(\Delta Q_{mp}^{втр} + \Delta Q_к^{втр}\right). \tag{10}$$

Коефіцієнт транспортування тепла h_{mp} знайдемо за формулою

$$h_{mp} = \frac{Q_{mc}}{Q_к} . \tag{11}$$

Коефіцієнт транспортування тепла характеризує досконалість транспортної системи генеруючого об'єкта. У старих транспортних системах, які відпрацювали свій технічний ресурс h_{mp}, він достатньо низький – 80 % і нижче, а в сучасних системах з використанням попередньо ізольованих труб h_{mp} становить 95 % і більше.

Тоді коефіцієнт корисної дії централізованої системи теплопостачання $h_{цс}$ визначиться так:

$$h_{цс} = \frac{Q_{mc}}{Q_n} = \frac{Q_к}{Q_n} \times \frac{Q_{mc}}{Q_к} \tag{12}$$

або

$$h_{цс} = h_к \times h_{mp} .$$

За відомих коефіцієнтів корисної дії генеруючого об'єкта $h_к$ та транспортування тепла h_{mp} кількість тепла, що поступає до теплового споживача, визначимо так:

$$Q_{mc} = Q_n h_к h_{mp} . \tag{13}$$

Як було сказано, в багатьох транспортних енергосистемах, що відпрацювали свій технічний ресурс, h_{mp} достатньо низький, що призводить до значних втрат теплової енергії.

За потреби визначення коефіцієнта корисної дії теплового споживача h_{mc} та загальних витрат у тепловому споживачі $\Delta Q_{mc}^{втр}$ запишемо тепловий баланс споживача, а саме:

$$Q_{mc} = Q_{кор}^{mc} + \Delta Q_{mc}^{втр} + Q_{mc}^{зв}. \tag{14}$$

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

а коефіцієнт корисної дії теплового споживача $h_{тр}$ визначимо як:

$$h_{тр} = \frac{Q_{кор}^{тс}}{Q_{тс}}. \quad (15)$$

Тоді коефіцієнт корисної дії системи подачі тепла $h_{цс}^{тс}$ з врахуванням теплового споживача визначимо як:

$$h_{цс}^{тс} = \frac{Q_{кор}^{тс}}{Q_{п}} = \frac{Q_{к}}{Q_{п}} \times \frac{Q_{тс}}{Q_{к}} \times \frac{Q_{кор}^{тс}}{Q_{тс}} \quad (16)$$

або

$$h_{цс}^{тс} = h_{к} \times h_{тр} \times h_{тс}.$$

Кількість тепла, що корисно споживає тепловий споживач, розраховуємо за формулою

$$Q_{кор}^{тс} = Q_{п} \times h_{к} \times h_{тр} \times h_{тс}. \quad (17)$$

При цьому корисне тепло споживача $Q_{кор}^{тс}$ можна визначити за рівнянням

$$Q_{кор}^{тс} = Q_{тс} - \left(\Delta Q_{тс}^{втр} + Q_{тс}^{зв}\right). \quad (18)$$

Якщо $Q_{тс}^{зв}$ кількість тепла, що поступає із конденсатом (живильною водою) від теплового споживача в котел, визначається достатньо просто, то втрати тепла у самому тепловому споживачі $\Delta Q_{тс}^{втр}$ потребує спеціальних вимірів та розрахунків, враховуючи тип споживача, його конструктивні особливості, режими роботи, температурні чинники тощо.

Висновки:

1. Більшість сучасних систем централізованого теплопостачання мають характерну проблему технічного зношення, що не відповідають сучасному технічному рівню, у зв'язку із чим потребують істотних капітальних вкладень як в модернізацію котелень, так і в транспортні енергосистеми та безпосередньо теплові споживачі.

2. Запропонований метод аналізу та розрахунку ефективності роботи енергосистем без теплового споживача та з тепловим споживачем дають змогу аналізувати їх роботу та визначати економічність залежно від режимів їх експлуатації та конструктивних особливостей.

3. Необхідно проводити енергетичний аудит систем та розрахунки, на основі яких розробляти заходи з фінансування і покращення умов постачання теплової енергії до споживача.

1. Енергетичні ресурси та потоки / за заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: "Українські енциклопедичні знання", 2003. – 468 с. 2. Маляренко В.А. Енергетичні установки. – Харків: "Видавництво САГА", 2008 – 320 с. 3. Воінов О.П., Воінов С.О., Полунін М.М. Перспективи оновлення котлів у малих системах теплопостачання // Енергетика та електрифікація. – 2013. – № 4. – С. 11–13. 4. Полунин М.М., Воинов А.П. Проблематика развития систем теплоснабжения / Вестник ОГАСА. – 2008. – № 30. 5. Мельниченко О.В. Стан систем теплопостачання міст України та напрями удосконалення їх роботи // НТЖ "Нова Тема". – 2009. – № 2(21). – С. 44–47. 6. Сафьянц А. С. Повышение эффективности сжигания топлива в котлах малой мощности / А.С. Сафьянц, В.Ю. Ермакова // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: зб. доп. VIII Міжнар. наук. конф. аспірантів і студ., 14–16 квітня 2009. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Т. І. – С. 86–87.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua