

УДК 621.311

Мартиняк М.А.,
Мисак Й.С., д.т.н., проф.

МЕТОД АНАЛІЗУ РОБОТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛА

Національний університет «Львівська політехніка» e-mail: marta.martynyak@gmail.com

В статті наведено метод аналізу роботи систем централізованого теплопостачання та математична модель теплового режиму передачі тепла для теплоізованих труб. Показано ефективність запропонованого методу при розрахунках коефіцієнтів корисної дії системи теплопостачання.

Ключові слова: централізоване теплопостачання, ізований трубопровід, тепловий режим, ефективність

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

Переваги централізованого теплопостачання над децентралізованим полягає перш за все в вирішенні важливого питання забруднення оточуючого 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 в розрахунках та питаннях обслуговування системи теплопостачання.

Постановка проблеми. Сьогодні в сфері теплопостачання існують невирішені проблеми, які характерні для більшості систем центрального теплопостачання, більшість із яких відпрацювали свій технічний ресурс і потребують кардинальних рішень з підвищення ефективності їх роботи та забезпечення високої надійності.

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

Недостатня 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 в нову рівновагу, з іншого боку споживач може лишитися можливості вибору, яку буде вкрай складно або навіть неможливо створити заново. Для вирішення даної проблеми політика держави, теплопостачальних організацій має бути спрямована на перехід від виробничої моделі управління до моделі, орієнтованої на споживача. Такий перехід дозволить споживачу отримувати якісні послуги, що скоріше всього збільшить його бажання підтримувати і оплачувати послуги централізованого теплопостачання [5]

Вирішення вищесказаних життєво-важливих проблем не можливе без індивідуального аналізу роботи систем централізованого теплопостачання.

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

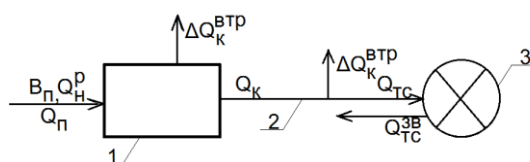


Рис. 1. Схема централізованого теплопостачання
1 – джерело генерації тепла (ТЕЦ або котельня);
2 – система передачі теплової енергії споживачу;
3 – тепловий споживач.

При такій системі теплопостачання кількість теплової енергії органічного палива, що поступає в котел визначається за зворотнім тепловим балансом:

$$Q_n = Q_k + \Delta Q_k^{6mp} \quad (1)$$

де Q_k - корисне тепло, що генерує котел;

ΔQ_k^{6mp} - втрати тепла в котлі.

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

$$Q_1 = \int_0^{\tau} Q_i d\tau$$

(2)

а при роботі n котлів кількість теплоти визначається як їх сума:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^{i=n} \int_0^{\tau} Q_i d\tau \quad (3)$$

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

$$\Delta Q_1^{emp} = Q_n \sum_{i=2}^{i=6} q_i \quad (4)$$

$$\text{або } \Delta Q_1^{emp} = \int_0^{\tau} \Delta Q_i d\tau \quad (5)$$

При роботі n котлів сумарні втрати тепла за період τ в генеруючому об'єкті визначається так

$$\Delta Q_K^{emp} = \sum_{i=1}^{i=n} \left(Q_n \sum_{i=2}^{i=6} q_i \right)_i \quad (6)$$

$$\text{або } \Delta Q_K^{emp} = \sum_{i=1}^{i=n} \int_0^{\tau} \Delta Q_i d\tau \quad (7)$$

тут q_2 – втрати тепла з відхідними газами, q_3 – втрати тепла з хімічною неповнотою згорання, q_4 – втрати тепла з механічним недопалом, q_5 – втрати тепла в навколишнє середовище, q_6 – втрати тепла з фізичним теплом жужелю.

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

$$Q_n = \sum_{i=10}^{i=n\tau} \int Q_i d\tau + \sum_{i=10}^{i=n\tau} \int \Delta Q_i d\tau \quad (8)$$

При цьому коефіцієнт корисної дії η_K генеруючого об'єкту визначимо із рівняння

$$\eta_K = \frac{Q_K}{Q_n} = \frac{\int_0^{\tau} Q_i d\tau}{\int_0^{\tau} Q_i d\tau + \int_0^{\tau} \Delta Q_i d\tau} \quad (9)$$

Для сучасних котлів η_K 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:

$$Q_{mc} = Q_n - (\Delta Q_{mp}^{emp} + \Delta Q_K^{emp}) \quad (10)$$

Коефіцієнт транспорту тепла η_{mp} знайдемо за формулою:

$$\eta_{mp} = \frac{Q_{mc}}{Q_K} \quad (11)$$

Коефіцієнт транспорту тепла характеризує досконалість транспортної системи генеруючого об'єкту. В старих транспортних системах, які відпрацювали свій технічний ресурс η_{mp} достатньо низький 80% і нижче, а в сучасних з використанням попередньо ізольованих труб η_{mp} становить 95% і більше.

При відомих коефіцієнтах корисної дії генеруючого об'єкту η_K та η_{mp} транспорту тепла кількість тепла, що поступає до теплового споживача визначимо так:

$$Q_{mc} = Q_n \eta_K \eta_{mp} \quad (12)$$

При цьому корисне тепло споживача Q_{mp}^K визначимо за формулою:

$$Q_{mp}^K = Q_{mc} - Q_{mc}^{36} \quad (13)$$

Важливим елементом в системі централізованого теплопостачання є транспорт енергоносія споживачу. Як було сказано вище, в багатьох транспортних енергосистемах, що відпрацювали свій технічний ресурс η_{mp} достатньо низький, що приводить до значних втрат енергії.

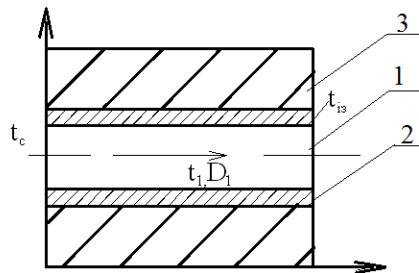


Рис.2 Ізолюваний трубопровід
1- канал для передачі енергоносія, 2 – стінка трубопроводу, 3 – захисний теплоізолюваний шар

Для розрахунку втрат енергії через ізолюваний трубопровід розглянемо систему диференціальних рівнянь.

На рис.2 схематично зображено ізолюваний трубопровід.

Запишемо диференціальне рівняння для ізолюваного трубопроводу:

$$c_1 m_1 \frac{\partial t_1(x, \tau)}{\partial \tau} + c_1 D_1 \ell \frac{\partial t_1(x, \tau)}{\partial x} = \alpha_1 A_1 (t_c - t_1) \quad (14)$$

$$\frac{\partial t_c(y, \tau)}{\partial \tau} = \alpha_c \frac{\partial^2 t_c(y, \tau)}{\partial y^2} \quad 0 \leq y \leq \delta_1 \quad (15)$$

$$\frac{\partial t_{i3}(y, \tau)}{\partial \tau} = \alpha_{i3} \frac{\partial^2 t_{i3}(y, \tau)}{\partial y^2} \quad 0 \leq y \leq \delta_2 \quad (16)$$

Граничні умови:

$$\left. \frac{\partial t_c}{\partial y} \right|_{y=0} = -\frac{\alpha_1}{\lambda_c} (t_1 - t_c) \quad (17)$$

$$t_c|_{y=-\delta_1} = t_{i3}|_{y=\delta_1}$$

$$\left. \lambda_c \frac{\partial t_c}{\partial y} \right|_{y=\delta_1} = \left. \frac{\partial t_{i3}}{\partial y} \right|_{y=\delta_1} \quad (18)$$

$$\left. \frac{\partial t_{i3}}{\partial y} \right|_{y=\delta_2} = -\frac{\alpha_2}{\lambda_{i3}} (t_{i3} - t_3(\tau))$$

Висновки. 1. Більшість сучасних систем централізованого теплопостачання мають характерну проблему технічного зношення, не відповідають сучасному технічному рівні в зв'язку із чим потребують суттєвих капітальних вкладень, як в модернізацію котелень так і в транспортні енергосистеми.

2. Запропонований метод аналізу та розрахунку ефективності роботи енергосистем дозволяють аналізувати їх роботу та визначати економічність в залежності від режимів їх експлуатації.

3. Розроблена математична модель визначення втрат енергії для ізолюваного трубопроводу, впровадження якої у виробництво дозволить більш ефективно визначати теплові втрати в трубопроводах централізованого теплопостачання.

4. Необхідно проводити енергетичний аудит будинків, на основі якого розробляти заходи по фінансуванню і покращенню умов потрапляння теплової енергії до споживача.

Список літературних джерел

1. Енергетичні ресурси та потоки. За загальною ред. Шидловського А.К.-К.: «Українські енциклопедичні знання», 2003 – 468с.
2. В.А. Малярченко. Енергетичні установки. Харків, «Видавництво САГА», 2008 -320с.
3. О.П. Воїнов, С.О. Воїнов, М.М. Полунін. Перспективи оновлення котлів у малих системах теплопостачання, Енергетика та електрифікація, №4, 2013 с.11-13.
4. Полунін М.М., Воїнов А.П. Проблематика розвитку систем теплоснабження/Вісник ОГАСА-2008, №30.
5. О.В. Мельниченко. Стан систем теплопостачання міст України та напрями удосконалення їх роботи. НТЖ «Нова Тема», №2/2009(21), с.44-47.
6. Сафьянц А. С. Повышения эффективности сжигания топлива в котлах малой мощности/ А.С. Сафьянц, В.Ю. Ермакова// Охрана навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: зб. доповідей VIII міжнародна наукова конференція аспірантів і студентів, 14-16 квітня 2009.- Донецьк: ДонНТУ – 2009. – Т.І. – с.86-87