

ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

⁽¹⁾ Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, м. Київ,

⁽²⁾ Запорізька державна інженерна академія

Рассматриваются вопросы расчета параметров теплопроводов двухтрубной магистральной тепловой сети водяного отопления металлургических предприятий. Приводится зависимость дополнительных расходов энергии от параметров тепловой сети при отоплении помещений производственных цехов.

Розглядаються питання розрахунку параметрів теплопроводів двохтрубної магістральної теплової мережі водяного опалювання металургійних підприємств. Наводиться залежність додаткових витрат енергії від параметрів теплової мережі під час опалювання приміщень виробничих цехів.

Вступ. З урахуванням зростання цін на енергетичні ресурси в опалювальних системах підвищуються вимоги до систем обліку та регулювання відпускання теплоти споживачам. Для підвищення економічності систем тепlopостачання приміщень виробничих цехів металургійних підприємств необхідно враховувати вплив режимів експлуатації теплової мережі на параметри теплоносія в контрольованій системі.

Дослідження в області систем тепlopостачання відображено у роботах [1-3]. Проте прийняті методики передбачають лінійну залежність витрати теплоносія від гідравлічного опору мережі. Математичний апарат розрахунку теплообміну та гідро-динамічного опору в рідких середовищах розроблено С.С. Кутателадзе та удосконалено С.Й. Ткаченко [3]. Методи зниження додаткових витрат енергії за рахунок обліку транспортного запізнювання теплоносія відображено у роботі [4].

Останні дослідження в області раціональної експлуатації теплових мереж, що присвячено реконструкції наявних систем тепlopостачання, виконано С.Ю. Андрєєвим [5]. Проте температурні графіки, що вживають під час регулювання параметрів теплоносія [6], не враховують нелінійність характеристик теплової мережі та також є джерелами додаткових витрат енергії. Тому актуальним є вирішення завдання оптимального вибирання параметрів теплоносія за якісно-кількісним регулюванням параметрів теплової мережі.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка методу розрахунку параметрів теплопроводу, що дозволяє визначити теплові та гідравлічні втрати системи тепlopостачання залежно від режиму експлуатації теплової мережі.

Головна частина досліджень. Розглядають статичний режим функціонування магістральної теплової мережі. Під статичним режимом мають на увазі такий стан теплової мережі, коли споживання енергії споживачами (тепловий потік $Q_{\text{спож}}$) є постійним, а витрата та температура теплоносія в окремих точках мережі залишаються незмінними.

Тепловий потік $Q_{\text{кот}}$, що передається теплоносію котельнею, дорівнює сумі теплових потоків від тепlopунктів до споживачів $Q_{\text{спож}}$ і теплових потоків від теплопроводів до зовнішнього середовища $Q_{\text{серед}}$:

$$Q_{\text{кот}} = \sum Q_{\text{спож}} + \sum Q_{\text{серед}} \quad (1)$$

Віддавання теплоти споживачеві визначається обладнанням абонентських введень і за збалансованої системи опалювання компенсує тепловий потік від опалювальних приміщень до зовнішнього середовища, тобто є цілком корисним.

Тепловий потік від теплопроводів до зовнішнього середовища $Q_{\text{серед}}$, в свою чергу, визначається параметрами трубопроводу та тепловою напругою між теплоносієм, що транспортують, і довкіллям. Такий тепловий потік [3] є втратами системи тепlopостачання:

$$Q_{\text{серед}} = \frac{(T_{\text{розр}} - T_{\text{навк}}) \cdot L}{R}, \quad (2)$$

де $T_{\text{розр}}$ – нормативна температура у приміщенні, $T_{\text{розр}} = 0,5(T_{\text{вх}} + T_{\text{вих}})$; $T_{\text{вх}}$, $T_{\text{вих}}$ – відповідно температура теплоносія, що входить до трубопроводу, та температура теплоносія, що виходить з нього, $T_{\text{вих}} = T_{\text{вх}} - \frac{Q_{\text{серед}}}{c \cdot G}$; $T_{\text{навк}}$ – температура повітря зовні будівлі (приміщення); R – тепловий опір трубопроводу; L – довжина трубопроводу; c – питома теплоємність теплоносія [для води $c \approx 4200$ Дж/(кг·К)]; G – витрата теплоносія, кг/с.

В той же час магістральна система тепlopостачання є сукупністю ділянок трубопроводів, що характеризуються постійністю витрати та теплового опору:

$$T_{\text{розр}} = T_{\text{вх}} - \frac{Q_{\text{серед}}}{2c \cdot G}; \quad (3)$$

$$Q_{\text{серед}} = \left(T_{\text{вх}} - T_{\text{навк}} - \frac{Q_{\text{серед}}}{2c \cdot G} \right) \cdot \frac{L}{R}; \quad (4)$$

$$Q_{\text{серед}} \cdot \left(1 + \frac{L}{2c \cdot G \cdot R} \right) = (T_{\text{вх}} - T_{\text{навк}}) \cdot \frac{L}{R}; \quad (5)$$

$$Q_{\text{серед}} = \left(\frac{L \cdot (T_{\text{вх}} - T_{\text{навк}})}{2c \cdot G \cdot R + L} \right) \cdot \frac{L}{2c \cdot G} = \frac{2c \cdot G \cdot L}{2c \cdot G \cdot R + L} \cdot (T_{\text{вх}} - T_{\text{навк}}). \quad (6)$$

Температура теплоносія на виході ділянки трубопроводу дорівнює

$$T_{\text{вих}} = T_{\text{вх}} - \frac{Q_{\text{серед}}}{c \cdot G} = T_{\text{вх}} - \frac{2L}{2c \cdot G + L} (T_{\text{вх}} - T_{\text{навк}}); \quad (7)$$

$$T_{\text{вих}} = \frac{2c \cdot G \cdot R - L}{2c \cdot G \cdot R + L} \cdot T_{\text{вх}} + \frac{2L}{2c \cdot G \cdot R + L} \cdot T_{\text{навк}}. \quad (8)$$

Вводять масштаб довжини \bar{L} як відношення довжини ділянки трубопроводу L до його теплового опору R .

Тоді з врахуванням еквівалентної витрати теплоносія W ($W = c \cdot G$) значення теплових втрат і температури мережної води на виході трубопроводу можна записати у вигляді:

$$Q_{серед} = \frac{2W \cdot \bar{L}}{2W + \bar{L}} \cdot (T_{вх} - T_{навк}); \quad (9)$$

$$T_{вих} = \frac{2W - L}{2W + L} \cdot T_{вх} + \frac{2L}{2W + L} \cdot T_{навк}. \quad (10)$$

Регулювання температури опалювальних приміщень за фіксованої схеми підключення абонентської системи виконують шляхом змінювання витрати мережної води із магістрального теплопроводу через абонентську систему.

Еквівалентна витрата теплоносія через абонентську систему опалювання, що оснащена автоматичною системою регулювання температури у приміщеннях, дорівнює

$$W = \frac{Q_{серед}}{(T_{вх.приміщ} - T_{вих.приміщ})} = \chi_{оп} \cdot V \cdot \frac{(T_{пов.приміщ} - T_{навк})}{(T_{вх.приміщ} - T_{вих.приміщ})}, \quad (11)$$

де $\chi_{оп}$ – опалювальна характеристика будівлі; V – об'єм будівлі; $T_{пов, приміщ}$ – температура повітря у приміщенні; $T_{вх, приміщ}$, $T_{вих, приміщ}$ – відповідно температура на вході та виході опалювальної системи будівлі.

До завдання системи управління магістральною тепловою мережею входить підтримка необхідного рівня тиску в прямому та зворотному трубопроводах відповідно до п'єзометричного графіка.

Зниження тиску в абонентських системах контролюється автоматикою абонентських введень. У разі наявності надмірного тиску на введенні до абонентської системи зазначена система здійснює зниження тиску води шляхом дроселювання до припустимого рівня. Падіння тиску ΔP , що обумовлене опором в трубопроводі, визначають як [4]:

$$\Delta P = \frac{0,812\lambda \cdot G^2}{\rho \cdot d^2} \cdot L \cdot (1 + \alpha), \quad (12)$$

де λ – коефіцієнт тертя теплоносія об стінки трубопроводу; ρ – щільність теплоносія; d – діаметр трубопроводу; α – коефіцієнт місцевих втрат.

Потужність $N_{нас}$, що споживає мережений насос, обчислюють за допомогою співвідношення [1]

$$N_{нас} = \frac{G \cdot \Delta P_{\Sigma}}{\rho \cdot \eta}, \quad (13)$$

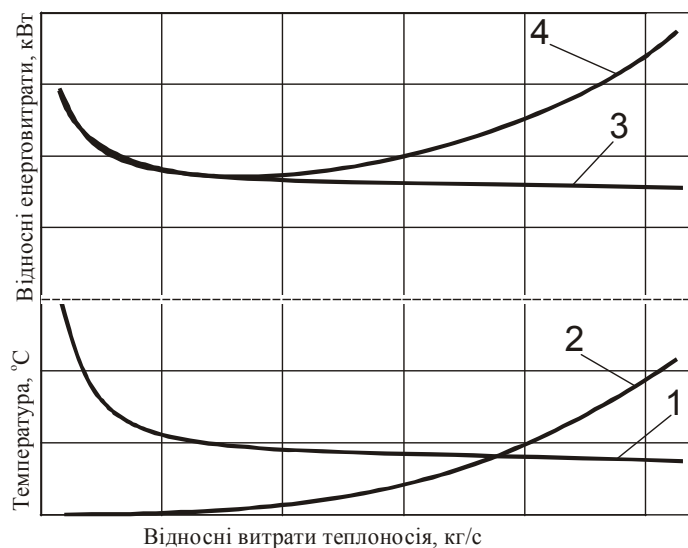
де ΔP_{Σ} – сумарне значення тиску у трубопроводах, $\Delta P_{\Sigma} = \Delta P + P_{стат}$; $P_{стат}$ – значення статичного тиску, що визначається висотою, на яку підіймається рідина (оскільки теплова мережа є замкнутою, то для такої системи теплопостачання $P_{стат} = 0$); η – коефіцієнт корисної дії насосного агрегату.

Таким чином, витрати енергії на підтримку роботи системи теплопостачання можна описати наступним рівнянням

$$Q_{вит} = N_{нас} + \frac{1}{\eta_{кот}} \cdot \sum_i^n Q_{серед}, \quad (14)$$

де $\eta_{кот}$ – коефіцієнт корисної дії котлового агрегату; $\sum_i^n Q_{серед}$ – сумарні витрати у трубопроводах до зовнішнього середовища; n – кількість трубопроводів.

Аналіз наведених залежностей (див. рис. 1) дозволяє оцінити режим експлуатації теплової мережі підприємства та встановити оптимальні умови теплозабезпечення приміщень виробничих цехів.



1 - температура теплоносія; 2 - енерговитрати насосної станції;
3 - енерговитрати котельної; 4 - сумарні енерговитрати

Рисунок 1 – Порівняльні характеристики енерговитрат під час аналізу теплових мереж

Як видно з рисунку, за певних умов експлуатації теплових мереж залежність сумарних енергетичних витрат від витрат теплоносія характеризується наявністю екстремуму під час забезпечення теплотою будівель і споруд. Урахування характеристик теплових мереж дозволить значно скоротити витрату теплоносіїв і забезпечити оптимальний температурний режим виробничих приміщень.

Висновки. Експлуатація теплової мережі за режимом, що є близьким до екстремуму за сумарними енергетичними витратами, дозволить підвищити економічність системи теплопостачання.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Теплотехнический справочник [Текст]. Т. 1 / Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. – 2-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1975. – 744 с. – Библиогр. : с. 738-742.
2. Теплотехнический справочник [Текст]. Т. 2 / Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. – 2-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1975. – 896 с. – Библиогр. : с. 812-817.
3. Кутателадзе, С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление [Текст] / С. С. Кутателадзе. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 367 с. – Библиогр. : с. 360-364. – ISBN 5-283-00061-3.
4. СНІП 2.04.07-86. Теплові мережі [Текст] : Натомість СНІП II-Г.10-73; введ. 21.01.1994. – К. : Вид-во стандартів, 1994. – 55 с.
5. Андреев, С. Ю. Теоретические основы процессов генерации динамических двухфазовых систем вода-воздух и их использование в технологиях очистки воды [Текст] / С. Ю. Андреев : монография. – Пенза : ПГУАС, 2005. – 184 с.
6. Теплотехніка [Текст] / Б. Х. Драганов, А. А. Долінський, А. В. Міщенко, Є. М. Письменний. – К : ІНКОС, 2005. – 504 с. – Библиогр. : с. 473-478. – ISBN 5-8156-207-0.

Стаття надійшла до редакції 20.12.2010 р.
Рецензент, проф. В.М. Михайлін