

## МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПОМП

© Маліновський А., Турковський В., Музичак А., 2004

**Increase of efficiency of use of the electric power in heat municipal establishments surveyed due to optimization of modes of a complex the engine — pump- hydraulic a network of thermal systems. The idea of optimization will consist in the coordination of push-expensing characteristics of the pump and a network. Push-expensing characteristic network of the composite configuration are offered for gaining on the basis of topological method with use of the matrix-vector form of representation of a network architecture.**

**Постановка проблеми.** Технологічне споживання електричної енергії теплокомунальними підприємствами є значним — у сумарній вартості енергоносіїв його частка перевищує 10 %, а деколи й 20 %, що, у багатьох випадках, є набагато більшим від об'єктивно необхідної потреби.

Серед складових споживання електроенергії важливою є частка, що припадає на електропривід циркуляційних pomp. Враховуючи, що споживання електричної енергії на приведення в рух теплоносія лінійно залежить від витрат води і напору та від ККД помпи, параметри помпи слід вибрати так, щоб точка перетину її напірно-витратної характеристики  $H_n(G_n)$  з характеристикою мережі  $H_m(G_m)$  відповідала максимальному ККД або була близькою до нього.

**Задача досліджень.** Враховуючи, що на значення електроспоживання pomp впливає низка факторів, пов'язаних з роботою усіх ділянок тракту транспортування теплоносія, оптимізація витрат електроенергії на приведення в рух теплоносія може бути виконана за рахунок вибору оптимального режиму комплексу двигун—помпа—гідравлічна мережа.

Теплове навантаження та гідравлічні режими теплокомунальних підприємств за останній період різко змінилось. Це зумовлено від'єднанням частини споживачів, зміною навантаження абонентів, відхиленням від проектних окремих технічних вирішень у споживачів, встановленням приладів обліку тепла, регулюванням циркуляції теплоносія у споживачів, замуленням теплових мереж тощо.

Все це спричиняє розбалансування режиму теплових мереж та завдає збитки підприємствам за рахунок:

- зростання питомих витрат електроенергії;
- недопостачання тепла на об'єкти, обладнані лічильниками;
- перевитрат тепла на об'єктах, де не встановлені лічильники.

Вказане є однією з причин незадовільної якості теплопостачання та низьких показників роботи теплокомунальних підприємств.

**Аналіз останніх досліджень.** Для визначення еквівалентної напірно-витратної характеристики мережі використовувались графічні та графоаналітичні методи. Серед графоаналітичних методів розрізняють дві групи побудов. Перша група має на меті визначення поточкорозподілу, і її характерною рисою є побудова спряжених кривих в системі координат "напори — витрати". Друга група — це побудова так званих п'єзометричних графіків, які виконуються в системі координат "напори — довжини ділянок мережі".

Обмежені можливості графічних методів для одержання кількісних результатів, порівняно складних систем очевидні, тому актуальним для складних систем є розроблення числових методів.

**Виклад основного матеріалу.** Для оптимізаційних розрахунків необхідно мати модель теплової мережі. Схема довільної гідравлічної мережі може бути описана рівнянням виду [1, 2]

$$\bar{P}\bar{G} = 0$$

де  $\tilde{P}$  — перша матриця інцидентій (матриця сполучень);  $\vec{G}$  — вектор потоків теплоносія у вітках мережі.

В теплових мережах наявні витoki теплоносія в різних точках мережі. В гідравлічному розрахунку бажано їх врахувати, для чого пропонують використати поняття джерела потоків (еквівалент в електротехніці — джерело струму).

$$\tilde{P}\vec{G} = \vec{J}$$

де  $\vec{J}$  — вектор джерел потоків, який еквівалентує втрати (витoki) теплоносія з мережі та поповнення теплоносія живильними насосами.

В теплових мережах чітко розрізняють прямий і зворотний трубопроводи, тому матрицю інцидентій можна розділити на кілька складових

$$\tilde{P} = \begin{pmatrix} \tilde{P}_{\text{дж}}^n & \tilde{P}_m^n & 0 & \tilde{P}_a^n \\ \tilde{P}_{\text{дж}}^z & 0 & \tilde{P}_m^z & \tilde{P}_a^z \end{pmatrix},$$

де  $\tilde{P}_{\text{дж}}^n$ ,  $\tilde{P}_{\text{дж}}^z$  — підматриці інцидентій джерела відносно прямої та зворотної мережі;  $\tilde{P}_m^n$  — підматриця інцидентій прямої мережі;  $\tilde{P}_m^z$  — підматриця інцидентій зворотної мережі;  $\tilde{P}_a^n$ ,  $\tilde{P}_a^z$  — підматриці інцидентій абонентів відносно прямої та зворотної мережі.

Вектор потоків віток відповідно можна розділити на такі елементарні вектори

$$\vec{G} = (\vec{G}_{\text{дж}}, \vec{G}_m^n, \vec{G}_m^z, \vec{G}_a)_t$$

де  $\vec{G}_{\text{дж}}$  — вектор потоків у вітці з циркуляційною помпою;  $\vec{G}_m^n$ ,  $\vec{G}_m^z$  — вектори потоків у вітках відповідно прямої та зворотної мережі;  $\vec{G}_a$  — вектор потоків абонентів мережі, а вектор джерел потоків на елементарні вектори

$$\vec{J} = (\vec{J}_m^n, \vec{J}_m^z)_t,$$

де  $\vec{J}_m^n$ ,  $\vec{J}_m^z$  — вектори джерел струм у вузлах прямої та зворотної мережі;

За умови, що теплові мережі не мають замкнених контурів як в прямій, так і в зворотній мережах, на основі матриці інцидентій можна реалізувати її згортання до однієї вітки з еквівалентною характеристикою  $H_m(G_m)$ . Для запропонованого аналітичного опису теплової мережі існують нескладні алгоритми пошуку паралельно та послідовно сполучених віток, що дає змогу за допомогою послідовно-паралельних перетворень звести усю мережу до однієї вітки з еквівалентною напірно-витратною характеристикою  $H_m(G_m)$

Нумерування вузлів здійснюємо в такій послідовності: спочатку нумерують вузли прямої мережі а потім — вузли зворотної. Під час нумерування віток спочатку нумерують вітку живильної помпи, потім — вітки прямої мережі, далі — вітки зворотної мережі і на закінчення — вітки абонентів.

**Згортання схеми теплової мережі здійснюють так:**

1. Шукають та узагальнюють послідовно з'єднані елементи мережі.
2. Формують нову матрицю інцидентій.
3. Шукають та узагальнюють паралельно під'єднані елементи мережі.
4. Формують нову матрицю інцидентій.
5. Якщо кількість віток більша від однієї, переходять до кроку 1, в іншому випадку згортання схеми завершено.

На кожному кроці перетворення схеми перевіряють правильність еквівалентування паралельних та послідовно з'єднаних елементів за умови, що матриці  $\|\tilde{P}_{\text{дж}}^n \tilde{P}_m^n\|$  та  $\|\tilde{P}_{\text{дж}}^z \tilde{P}_m^z\|$  є квадратними.

Ці алгоритми можна реалізувати будь-якою сучасною мовою програмування.

Для оптимізації споживання електричної енергії циркуляційними помпами та розроблення гідравлічних режимів водяних теплових мереж, з використанням наведеного підходу, розроблено

інформаційно-аналітичний програмний комплекс "Гідралічні режими". Комплекс дає змогу визначати координати режиму подавального і зворотного трубопроводів, обґрунтувати параметри помпи та електродвигуна, вибрати обладнання ввідних вузлів (елеваторів, дросельних шайб), оптимізувати температурний графік подачі теплоносія.

За зміни структури мережі програма автоматично формує нову матрицю інцидентів та виконує перерахунок характеристики мережі.

Як приклад, розглянемо теплову мережу, схема якої наведена на рис. 1, а напірно-витратна характеристика з робочою точкою — на рис. 2.

Для забезпечення циркуляції необхідної кількості теплоносія в тепловій мережі можна встановити помпи 1К-6 чи 2К-9. Характеристики роботи обладнання для обох варіантів наведені в таблиці.

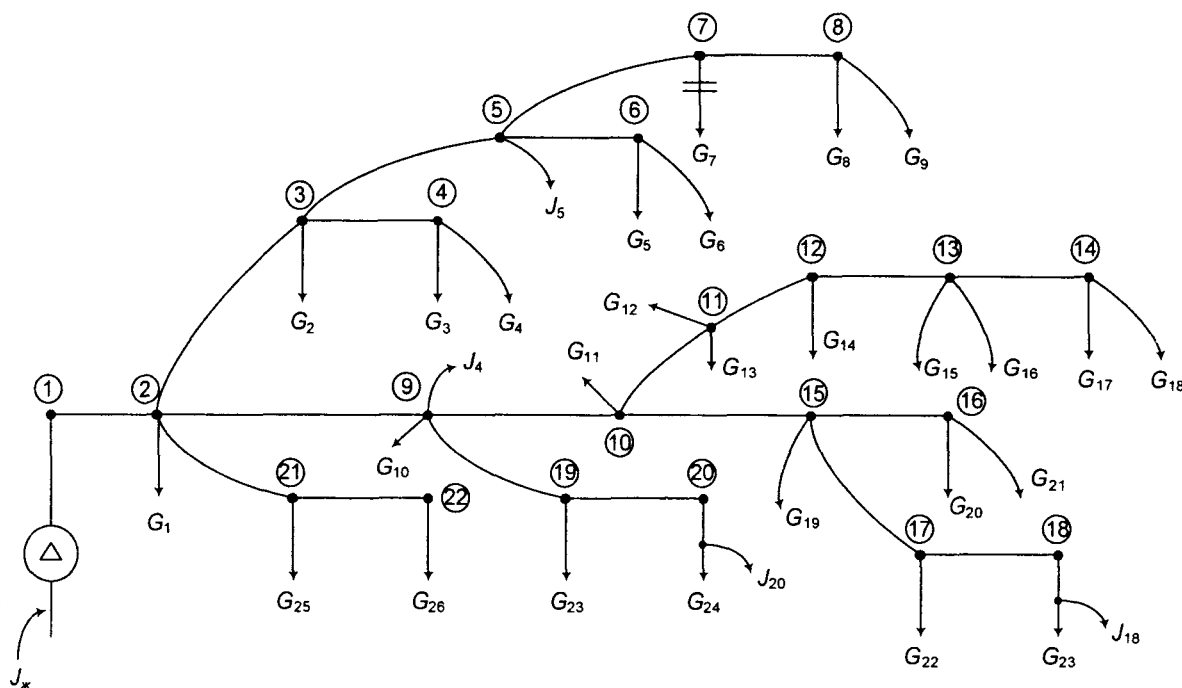


Рис. 1. Схема теплової мережі

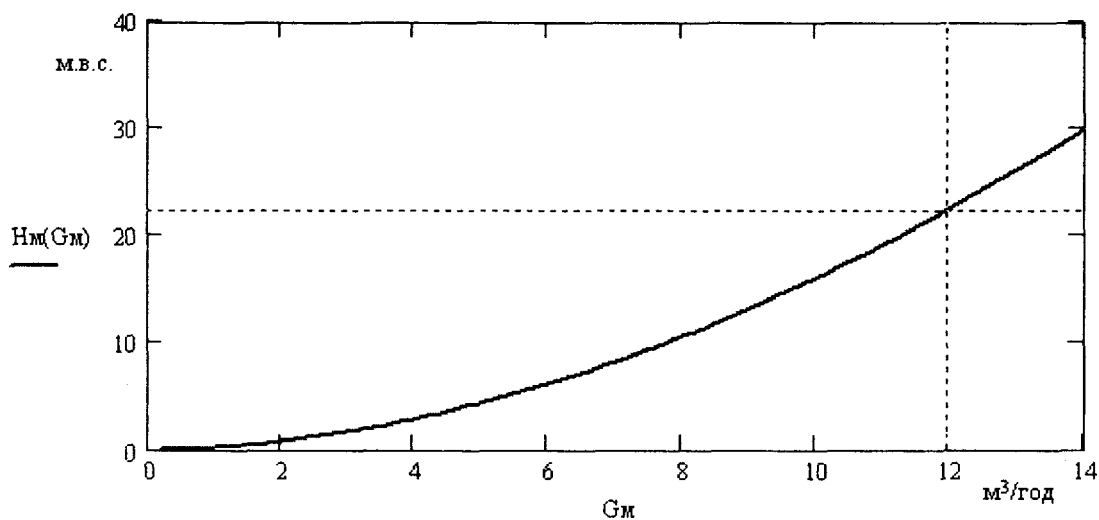


Рис. 2. Напірно-витратна характеристика мережі

## Характеристики роботи обладнання для обох варіантів

Параметри	Помпа	1К6	2К9
Діаметр колеса, мм		128	118
Витрати теплоносія, м <sup>3</sup> /год		10,6	10,4
Напір, м.в.с.		17,9	17,2
Коефіцієнт корисної дії		56	56
Потужність привідного двигуна, кВт		0,95	0,8

Як видно з таблиці, у разі встановлення помпи 1К6 буде витрачатися на 18,75 % електричної енергії більше ніж у разі встановлення помпи 2К9.

Запропонований підхід був верифікований контрольними вимірюваннями в чинній будинковій мережі тепlopостачання. Він застосовувався для розрахунку розгалуженої мережі теплозабезпечення населеного пункту з населенням близько 100 тис.

### Висновки

1. Запропонований формалізований метод визначення напірно-витратних характеристик теплової мережі, який добре піддається алгоритмізації.
2. Метод дає змогу врахувати витоки теплоносія з мережі теплозабезпечення.
3. Ефективність і достовірність методу верифікована контрольними вимірюваннями чинної мережі.

1. Меренков А.П., Хасильев В.Я. *Теория гидравлических цепей.* — М., 1985. 2. Евдокимов А.Г., Дубровский В.В., Тевяшев А.Д. *Потокораспределение в инженерных сетях.* — М., 1979. 3. *Насоси. Каталог-довідник.* — М., 1959.

УДК 215.111

М. Чальцев

Автомобільно-дорожній інститут

Донецького національного технічного університету

## ЕНЕРГОЗБЕРЕГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ПНЕВМАТИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

© Чальцев М., 2004

**Essential reduction of energy expenses is provided by new pulse technology of pneumatic transport with use of a size small-sized blow tank feeder. The new technology is introduced on Slaviansk power station into line of a coal dust to the power unit.**

Істотним недоліком пневматичного транспорту є підвищена витрата енергії порівняно з механічним транспортом. Питома витрата енергії на одиницю ваги матеріалу, що транспортується, становить 3—5 кВт·ч/т·км, що у 3—6 разів більше порівняно з механічним транспортом [1]. Якщо враховувати масштаби впровадження пневматичного транспорту в усі галузі народного господарства, то стає очевидною актуальність цієї проблеми.

Основними споживачами енергії в пневмотранспортних системах (ПТС) є живильник та транспортний трубопровід. Витрати енергії на транспорт матеріалу по трубопроводу залежать від його діаметра, довжини, способу транспортування та механічних параметрів суміші, таких, як концен-