

УДК 697.3-52

**Г. О. БАЛАСАНЯН**, д-р техн. наук, проф., проф. ОНПУ, Одеса;  
**О. А. КЛИМЧУК**, канд. техн. наук, доц., доц. ОНПУ, Одеса;  
**Е. В. КИРИЛЛОВА**, аспірантка ОНПУ, Одеса

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ КОМБІНОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕКСЕРГОЕКОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ

Рассмотрены режимы работы комбинированной системы теплоснабжения учебного корпуса с использованием возобновляемых источников энергии. Представлена принципиальная схема внедряемой установки теплоснабжения. Проведен эксерго-экономический анализ эффективности работы различных источников тепла в зависимости от внешних факторов. Предложена методика оптимизации технико-экономических параметров тепловой схемы комбинированной системы теплоснабжения на основе эксергоэкономического анализа. Для комбинированной системы теплоснабжения учебного корпуса решена задача оптимизации рабочих параметров.

**Ключові слова:** поновлювальні джерела тепла, комбіноване теплопостачання, эксергоекономічний метод, оптимізація роботи системи теплопостачання.

### Вступ

В останні роки досить широко в системах теплопостачання застосовують відновлювальні джерела енергії. При цьому як правило додатково встановлюють резервне джерело тепла – газовий котел, та бак-акумулятор. Така система теплопостачання стає комбінованою. Вартість основного обладнання комбінованої системи теплопостачання досить значна, тому досить важливо на етапі проектування визначити основні показники роботи такої системи, для її оптимізації.

В даній роботі розглянута методика оптимізації параметрів теплової схеми комбінованої системи теплопостачання (рис.), що заснована на эксергоекономічному аналізі. Оптимізація параметрів наведеної теплової схеми виконується з метою мінімізації сумарної вартості продуктів, що виробляються системою при граничних умовах, пов'язаних з надійністю, зручністю експлуатації і технологією виготовлення системи.

**Мета роботи** – визначити найбільш ефективний режим роботи джерел тепла комбінованої системи теплопостачання навчального корпусу.

Ексергоекономічний метод, покладений в основу оптимізації представленої схеми, об'єднує ексергетичний та економічний аналіз, який є потужним інструментом для розуміння взаємозв'язку між термодинамікою і економікою і дозволяє проаналізувати режими роботи енергоспоживаючої системи з точки зору вартості [1].

Суть методу полягає в розбивці системи на окремі енергоперетворюючі компоненти, для кожного з яких можна записати рівняння балансу вартості, яке показує, що сума вартостей, пов'язаних з усім процесом транспорту ексергії, дорівнює сумі вартостей усіх видів ексергії плюс відповідна вартість капітальних витрат і витрат на обслуговування [2]:

$$\sum_e C_{e,k} + C_{w,k} = C_{q,k} + \sum_i C_{i,k} + Z_k, \quad (1)$$

де  $C_{e,k}$ ,  $C_{i,k}$  – відповідно вхідна і вихідна вартості потоків ексергії в  $k$ -м компоненті;  $C_{w,k}$  – вартість потоку ексергії, пов'язана з витратою роботи в компоненті;  $C_{q,k}$  –

© Г.О. Баласян, О.А. Климчук, Е.В. Кириллова, 2014

вартість потоку ексергії, пов'язана з виведенням тепла з компонента;  $Z_k$  – вартість капітальних витрат і витрат на обслуговування  $k$ -го компонента.

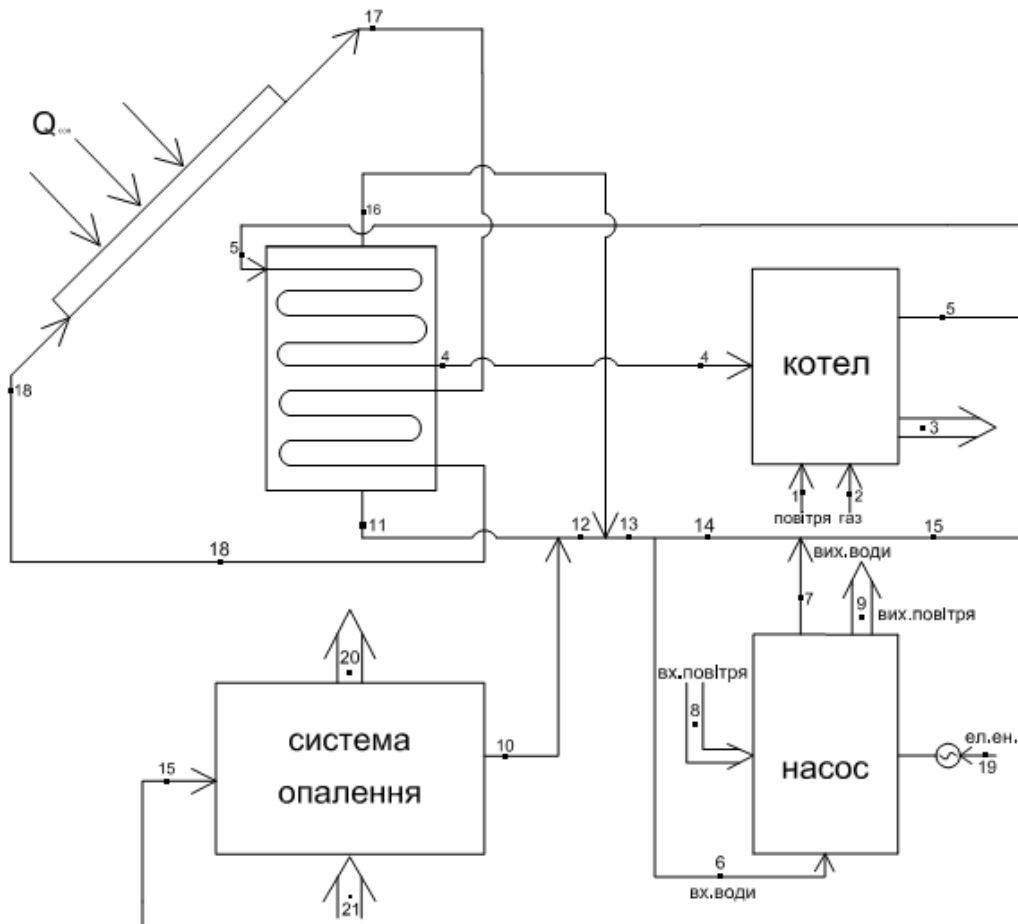


Рис. – Схема комбінованої системи тепlopостачання навчального корпусу

Для кожного компонента системи вводиться поняття «паливо» (будь-яке зменшення ексергії потоку між входом і виходом) і «продукту» (будь-яке збільшення ексергії потоку між входом і виходом), а також допоміжні рівняння вартості, що характеризують взаємозв'язок між компонентами.

Цільова функція, значення якої мінімізується, дорівнює сумарній вартості продукту системи (тепло до системи опалення) та визначається виразом:  $(C_{20} - C_{21}) \rightarrow \min$ .

Поставлена задача оптимізації, яка є завданням нелінійного програмування, була вирішена з використанням електронних таблиць Excel (програма «Пошук рішення»).

Вихідні дані для вирішення задачі:

- ціна електроенергії .....  $C_{\text{ел}} = 1,07$  грн./ (кВт·год.);
- ціна палива .....  $C_{\text{газа}} = 4,6$  грн/м<sup>3</sup>;
- нижча теплота згоряння газу .....  $Q_{\text{н}}^p = 32$  МДж/м<sup>3</sup>;
- площа геліоколектора ..... 20 м<sup>2</sup>;
- площа будівлі, що опалюється ..... 800 м<sup>2</sup>;
- номінальна теплова потужність теплового насосу ..... 18,5 кВт;

– максимальна теплова потужність водогрійного котла.....105 кВт.

Результати розрахунку основних показників ексергоекономічного методу зведені в таблицю.

Таблиця

Основні показники ексергоекономічного аналізу

Найменування компоненту	Деструкція ексергії, $E_{D,k}$ , кВт	Ексергетична ефективність, $\varepsilon_k$	Ціна ексергії палива, $C_{F,k}$ , грн./(кВт·год.)	Ексерго-економічний фактор, $f_k$
Тепловий насос	6,17	0,182	0,88	0,330
Котел	4,32	0,085	0,52	0,629
Бак-акумулятор	0,12	0,784	18,62	0,089
Геліоколектор	2,27	0,076	0,00	1,000
Вся система	11,05	0,249	0,62	0,714

### Висновки

1) Запропоновано методику оптимізації техніко-економічних параметрів теплової схеми комбінованої системи теплопостачання на основі ексергоекономічного аналізу.

2) Поставлена і вирішена задача оптимізації параметрів теплової схеми комбінованої системи теплопостачання.

**Список літератури:** 1. *Bejan, A. Thermal Design and Optimization* [Text] / A. Bejan, G. Tsatsaronis, M. Moran. – New York: J. Wiley, 1996. 2. *Тсатсароніс, Джордж* Взаємодія термодинаміки і економіки для мінімізації вартості енергоперетворюючої системи [Текст] / Джордж Тсатсароніс. – Одеса: ТОВ «Студія «Негоціант», 2002. – 152 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Bejan, A., G. Tsatsaronis and M. Moran. *Thermal Design and Optimization*. New York: J. Wiley, 1996. Print. 2. Tsatsaronis, Dzhorzh. *Vzajemodija termodynamiky i ekonomiky dlja minimizacii' vartosti energoperetvorjujucej systemy*. Odesa: TOV "Studija «Negociant", 2002. Print.

*Надійшла (received) 11.03.2014*