

УДК 631.22:632

## Ефективність системи теплопостачання культивацийних споруд з використанням вторинних енергетичних ресурсів

Б.Х. Драганов<sup>1</sup>, Н.В. Чепурна<sup>2</sup>, М.А. Кириченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>д.т.н., професор, Інститут енергетики і автоматики НУБіП України

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва і архітектури

<sup>3</sup>к.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва і архітектури

*Викладено ексергетичний метод визначення ефективності теплообмінних апаратів для системи теплопостачання культивацийних споруд з використанням вторинних енергетичних ресурсів.*

*Ключові слова: ексергія; ефективність; ВЕР; культивацийні споруди.*

**Вступ.** У всіх системах енергопостачання, як правило, в навколишнє середовище викидається значна кількість вторинних енергоресурсів, які можуть бути ефективно використані для теплопостачання. Прикладом подібних джерел енергії можуть служити скидна теплота компресорних станцій магістральних газопроводів; нагріті вентиляційні викиди; відхідні гази дизельних електростанцій та інше. Вторинні енергоресурси (ВЕР) використовують для теплопостачання різних об'єктів, у тому числі культивацийних споруд захищеного ґрунту.

Ефективність системи теплопостачання залежить від енергетичних показників використаних теплообмінних апаратів для даної системи. В даний час існує декілька способів інтенсифікації процесу теплообміну. Однак посилення теплообміну супроводжується формуванням турбулентних вихорів в потоці і, отже, зростання гідравлічного опору.

Для оцінки теплогідравлічної характеристики каналів теплообмінного апарату використовують такі показники: стандартне уявлення інтенсифікації теплообміну ( $\overline{N}_u = N_u / N_{u_0}$ ) і збільшення гідравлічного опору ( $\overline{f} = f / f_0$ ), де параметри  $N_u$  і  $f$  відносяться до інтенсифікації теплообміну, а  $N_{u_0}$  та  $f_0$  - до стандартного каналу [1, 2]. У цих залежностях  $N_u$  - критерій Нуссельта,  $f$  - показник гідравлічного опору.

З чого випливає, що показником ефективності теплообмінних апаратів з інтенсифікації процесу передачі теплоти служить критерій:

$$\eta = (N_u / N_{u_0}) / (f / f_0). \quad (1)$$

Оскільки процеси теплообміну і тертя незворотні, то більш інформативним і обґрунтованим критерієм теплогідравлічної ефективності є ексергія [3, 4].

Втрати ексергії в теплообмінному апараті можуть бути визначені:

$$\sum E_i = E_T + E_p + E_u, \quad (2)$$

де  $E_T$  - втрати ексергії через кінцеву різницю температур;  $E_p$  - втрати ексергії через гідравлічний опір теплообмінного апарата (ТА);  $E_u$  - втрати ексергії із за теплообміну з навколишнім середовищем.

Втрати ексергії при теплообміні в умовах кінцевої різниці температур, тобто втрати в навколишнє середовище будуть становити:

$$E_T = Q\tau_e, \quad (3)$$

де  $Q$  - тепловий потік;  $\tau_e$  - ексергетична температурна функція, яка дорівнює:

$$\tau_e = (T - T_{o.c.})/T,$$

де  $T_{o.c.}$  - температура навколишнього середовища.

Визначити втрати ексергії через гідравлічний опір можемо за формулою:

$$E_p = T_{o.c.} \Delta s_p = -T_{o.c.} R \int_{p_{ex}}^{p_{вх}} \frac{dp}{p} = T_{o.c.} R \ln \frac{p_{вх}}{p_{ex}}, \quad (4)$$

де  $\Delta s_p$  - зміна ентропії в системі, обумовлена втратами тиску;  $R$  - газова стала;  $p$  - тиск.

При  $\Delta p/p_{вх}$  з рівняння (4) можна отримати більш спрощене рівняння:

$$E_p = GRT_{o.c.} \Delta p / p_{вх}, \quad (5)$$

де  $G$  - масова витрата теплоносія,  $\Delta p$  - втрати тиску в каналі.

Сумарні втрати ексергії через кінцеву різницю температур ( $E_T$ ) і через гідравлічний опір ( $E_p$ ) визначаються за наступними формулами:

$$E = E_T + E_p = \left[ Q \left( 1 - \frac{T_{o.c.}}{T} + GRT_{o.c.} \Delta p / p_{вх} \right) \right] \quad (6)$$

або

$$E = E_T + E_p = \left[ Gc_p \frac{T - T_{o.c.}}{T} + GR\Delta p / p_{вх} \right] T_{o.c.} \quad (7)$$

де  $c_p$  - ізобарна теплоємність теплоносія.

Втрати ексергії через теплообмін з навколишнім середовищем:

$$E_u = Q\bar{\tau}_{en} G_n q_n \bar{\tau}_{en} + G_o q_o \bar{\tau}_{eo}, \quad (8)$$

де  $G_{n(o)}$  - масова витрата теплоносія, що нагрівається (охолоджується);

$q_{n(o)}$  - кількість тепла, для нагрівання (охолодження) потоку на одиницю масової витрати;  $\bar{\tau}_{en(eo)}$  - середня ексергетична температура ізоляції з боку потоку, що нагрівається (охолоджується).

Ексергетичний ККД теплообмінного апарату дорівнює відношенню ексергії, що відводиться із системи  $E_{вх}$ , до підведеної ексергії:

$$\eta_{ex} = \frac{E_{вих}}{E_{вх}} = \frac{E_{вх} - E_T - E_p - E_u}{E_{вх}} \quad (9)$$

**Висновки.** Проведений аналіз показав що втрати ексергії через теплообмін з навколишнім середовищем незначні, і ними можна знехтувати. В подальшому ексергетичний аналіз може бути доповнений ексергоекономічною оптимізацією, що представляє собою поєднання ексергетичного і вартісного показника в їх взаємозалежності.

### Література

1. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных сил. Т.5. Тепломассообмен и теплогидравлическая эффективность вихревых и закрученных потоков./А.А. Халатов, И.И. Борисов, С.В. Шевцов – Киев: ИТТФ НАН Украины, 2005.
2. Калинин Э.К. Интенсификация теплообмена в каналах. / Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, С.А. Ярхо – М.: Машиностроение, 1981.
3. Эксергетические расчеты технических систем: Справ пособие / В.М. Бродянский, Г.П. Верхивкер, Я.Я. Карчер и др. под ред. А.А. Долинского и В.М. Бродянского, Киев: Наукова думка, 1991.
4. Кафаров В.В. Оптимизация теплообменных процессов и систем. / В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин, Л.В. Гурьева – М.: Энергоатомиздат, 1988.

### **Эффективность системы теплоснабжения культивационных сооружений с использованием вторичных энергоресурсов**

Б.Х. Драганов, Н.В. Чепурная, М.А. Кириченко

*Изложено эксергетический метод определения эффективности теплообменных процессов для системы теплоснабжения культивационных сооружений с использованием вторичных энергоресурсов.*

*Ключевые слова: эксергия, эффективность, ВЭР, культивационные сооружения.*

### **Efficiency heating system cultivating plants using waste energy**

B. Draganov, N. Chepurnaya, M. Kirichenko

*Described method for determining the exergy efficiency of heat exchange processes for the heating system cultivating plants using waste energy.*

*Keywords: exergy efficiency; RES; Cultivation facilities*

Надійшла до редакції 16.06.2014 р.