

## ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ТЕПЛА В РЕАКТОРАХ ТИПУ ТЕПЛООБМІННИКА

*д. т. н., проф. Бараненко В.О. \*, Седлецька О.В.\*\**

*\*ДВНЗ Український державний хіміко – технологічний університет*

*\*\*ДВНЗ Придніпровська державна академія*

*будівництва та архітектури*

*Дніпропетровськ, Україна*

В хіміко – технологічних схемах використовуються різні види машин та апаратів для забезпечення теплообмінних, масообмінних та інших процесів. Центральним апаратом в цих схемах є хімічний реактор – пристрій для проведення різноманітних процесів. До таких реакторів відносять також пристрої – теплообмінники, в яких хімічні реакції супроводжуються тепловими ефектами, якщо ґрунтуються на фізичних явищах таких, як процес розчинення, кристалізації, випаровування та інші.

Дана робота пов'язана з проблемою зниження енергоємності в хімічній індустрії. Вона присвячена питанням оптимального проектування стратегії функціонування реакторів – теплообмінників. Будеться відповідна математична модель нелінійного програмування. Реалізація цієї моделі здійснюється за допомогою методу динамічного програмування, за яким побудована система функціональних рівнянь. На базі запропонованого підходу можливо проведення аналізу оптимальних проектів у умовах детермінованих даних, а також в умовах нечіткої невизначеності.

**Постановка задачі.** За роботою [1] на схемі (Рис. 1) зображена батарея основних теплообмінників, батарея допоміжних водоохолоджувачів та піч.

Нехай відомі:  $W$  - швидкість основного потоку, що нагрівається,  $T_N$  - його температура та  $H_N$  – ентальпія, а  $T_0$  – також температура та  $H_0$  – ентальпія потоку, який виходить з печі. Також задається значення видатності -  $\omega_j$ , температури –  $t_j$  та ентальпія потоку теплоносія -  $h_j$ . Для усіх допоміжних теплообмінників

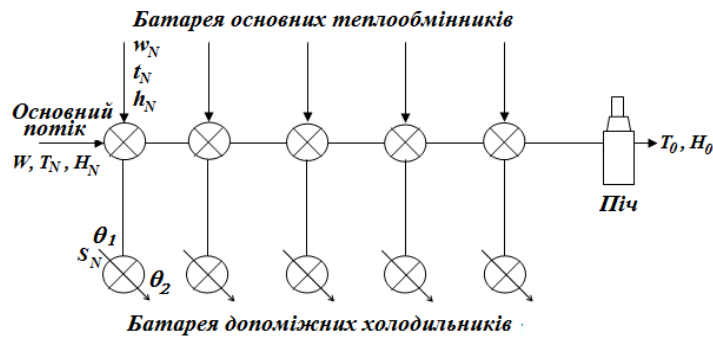


Рис.1 Операторна схема деякої моделі хіміко – технологічної системи

температури  $\theta_1$  і  $\theta_2$  води, що охолоджує, відповідно на вході і виході вважаються сталими та однаковими. Відома також повна кількість тепла, яку потрібно надати основному потоку, а саме  $W$  ( $H_0 - H_N$ ). Треба при цих умовах мінімізувати річні витрати для усіх стадій технологічного процесу шляхом вибору відповідної поверхні теплообміну для кожного теплообмінника та печі. В ці витрати треба залучити вартість основних та допоміжних теплообмінників, печі і вартість води, що охолоджує їх.

**Виклад основного матеріалу.** Нехай повна кількість тепла, що підводиться до основного потоку

$$Q = \sum_{i=1}^N q_i, \quad (1)$$

де  $Q$  - є, а  $q_i$  - є тепло, що підводиться до основного потоку, яке поступає в  $i$  теплообмінник. Через  $s_i$  позначено розхід охолоджувальної води в  $i$  допоміжному теплообміннику. Повна кількість використаної охолоджувальної води є:

$$S = \sum_{i=1}^N s_i. \quad (2)$$

Нехай кожне значення  $s_i$  обмежено величиною  $S_{max}$ . Змінні  $q_i$  та  $s_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) - є керуючі величини, причому

$$\begin{aligned} 0 \leq q_i \leq Q \\ 0 \leq s_i \leq S_{max} \end{aligned} \quad (3)$$

Критерієм якості системи, що розглядується, є річні витрати для усіх стадій технологічного процесу, які треба мінімізувати:

$$\sum g_i(q_i, s_i, R_i) \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $g_i(q_i, s_i)$  - витрати на  $i$  - стадії багатокрокового процесу, в якому початкові дані є вектор показників основного потоку  $R_i = (W, T_i, H_i)$  та величини  $Q$  і  $S_{max}$ . Нарешті запишемо такі оптимізаційні моделі:

$$\{q_i^{opt}\}_{i=1, \dots, N} = \arg \left\{ \min_{\substack{0 \leq q_i \leq Q \\ 0 \leq s_i \leq S_{max}}} \sum_{i=1}^N g_i(q_i, s_i, R_i) \mid \sum_{i=1}^N q_i = Q \right\} \quad (5)$$

$$\{q_i^{opt}, s_i^{opt}\}_{i=1, \dots, N} = \arg \left\{ \min_{q_i, s_i} \sum_{i=1}^N g_i(q_i, s_i) \mid \sum_{i=1}^N q_i = Q \mid \sum_{i=1}^N s_i = S \right\} \quad (6)$$

Задача (6) відрізняється від задачі (5) тим, що тут задається крім величини  $Q$  також величина розходу охолоджувальної води  $S$ . В задачі (5) вона обмежена величиною  $S_{max}$ . Може статися, що величини  $Q$  та  $S$  є неточними, нечітко поданими і задаються, наприклад, як величина  $Q$  є «близько до величини  $Q^*$ », а величина  $S$  дорівнює «приблизно значенню  $S^*$ ». В цьому випадку доцільно скористатися положеннями теорії нечітких множин [2], а саме: виконати етап фаззифікації вихідних нечітких даних. Далі за моделями задач (5) або (6) виконати оптимізацію з урахуванням даних, що отримані на попередньому етапі. І нарешті, за нечіткими результатами виконати дефаззифікацію, перетворення отриманих нечітких чисел в чіткі. Тут припускається, що числа  $Q, S$  належать до нечітких (L – R) – типу. Крім того,

$$Q \in A \subset T \subset R; S \in B \subset P \subset R,$$

де  $A, B$  – нечіткі множини;  $T, P$  – універсальні множини;  $R$  – множина дійсних чисел. Відповідні функції належності нечітких чисел будуть  $\mu_A(x)$  і  $\mu_B(x)$ . У випадку задачі (6) розв'язання здійснюється на множині  $C = A \times B$  – декартовому добутку нечітких множин  $A$  та  $B$ . Уведення нечітких чисел дозволяє проаналізувати вплив похибки у вихідних даних на кінцевий результат, тобто чутливість моделі, що розглядається. Позначимо через  $f_N(Q)$  – річні витрати від дії  $N$  – теплообмінників, охолоджувачів і печі:

$$f_N(Q, S) = \min \sum_{i=1}^N g_i(q_i, s_i, R_i) \quad (7)$$

з обмеженнями

$$\sum_{i=1}^N q_i = Q; \sum_{i=1}^N s_i = S \quad (8)$$

при умові, що процес розгляду починається з  $k$  теплообмінника. Вартість витрат печі, припускається сталою величиною і на результат мінімізації вона не впливає. До цієї нелінійної задачі оптимізації підійдемо з боку багатокрокових процесів прийняття рішень, де можна застосувати метод динамічного програмування. За цим методом із виразів (7) – (8) функціональні рівняння

$$f_k(Q_k, S_k) = \min_{\substack{0 \leq q_k \leq Q_k \\ 0 \leq s_k \leq S_k}} [g_k(q_k, s_k, R_k) + f_{k-1}(Q_k - q_k, S_k - s_k)], \quad (9)$$

де  $f_0(Q_0, S_0) \equiv 0$ ;  $k=N, N-1, \dots, 2, 1$ ; . На першому та останньому кроці багатокрокового обчислювального процесу треба враховувати вихідні дані, щодо основного потоку  $H_0, H_N, T_0, T_N, W$ .

**Обговорення результатів та висновки.** Сформульована задача, яка пов'язана з пошуком оптимальної стратегії подання певної кількості тепла до основного потоку в батареї з  $N$  теплообмінниками і розходу охолоджуваної води в  $N$  допоміжних теплообмінниках, за критерієм мінімуму річних витрат на експлуатацію цих апаратів. Оптимізаційна модель розглядається як багатокроковий процес прийняття рішень, до реалізації якого залучається метод динамічного програмування, функціональні рівняння якого є основою чисельної рекурентної процедури.

Пропонується детерміновану оптимізаційну модель використовувати для аналізу впливу нечіткої невизначеності, щодо початкових даних, на результат оптимізації. В цьому випадку застосовується апарат нечітких чисел, зокрема (L – R) – типу.

### **ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА**

Робертс С. Динамическое программирование в процессах химической технологии и методах управления./М.: Мир.-1965. – 480 с.

Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств./М.: Радио и связь. – 1982. - 432 с.