

УДК 338

ЗАДОЛЬСЬКИЙ А. М., к.е.н., доц.; КАЛИМУН В. І., студент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ЕКОНОМІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ

Під час проектування теплообмінників техніко-економічним показникам їхньої роботи приділяється недостатньо уваги. Це призводить до використання малоефективних конструкцій апаратів. У статті запропоновано сучасну методику оптимізації теплообмінних апаратів.

Ключові слова: теплообмінник, проектування теплообмінників, оптимізація теплообмінників, критерій оптимальності теплообмінників.

© Задольський А. М., Калимун В. І., 2013.

Постановка проблеми. В Україні протягом останніх двадцяти років майже не досліджували проблеми оптимального проектування теплообмінних апаратів, попри те, що ці апарати є найбільш розповсюдженими видами обладнання в багатьох галузях. Відсутність дієвої сучасної методики оптимізації теплообмінників призводить до невиправданих витрат часу проектувальників і можливості створення малоефективних, а то й непридатних до експлуатації теплообмінників.

Аналіз попередніх досліджень. Раніше вже були спроби впровадити критерії оптимальності теплообмінників. Наприклад, якщо стояло завдання змінити розміри або масу, оптимальним вважали апарат найменших розмірів чи маси. Було запропоновано також порівняння площ теплообмінної поверхні. Кращим вважали той варіант, для якого відношення коефіцієнта тепловіддачі до гідравлічного опору було мінімальним [1]. Використовували й співвідношення теплоти, переданої крізь стінку, і роботи, витраченої на подолання опору руху теплоносія [2]. Усі ці критерії мали суттєвий недолік, характеризуючи не апарат в цілому, а лише одного його параметра, наприклад, поверхні теплопередачі. Таким чином, невирішеною частиною наукової проблеми є відсутність сучасної методики оптимізації теплообмінників. Цю проблему можна вирішити, впровадивши інтегральний критерій оптимальності.

Метою статті є розробка методичних підходів до оптимізації теплообмінних апаратів з використанням єдиного універсального інтегрального критерію.

Виклад основного матеріалу. За величинами, наявними в технічному завданні на проектування теплообмінника, не можна однозначно визначити всі характеристики апарата з точки зору забезпечення його ефективною роботою. Наприклад, для визначення коефіцієнтів тепловіддачі необхідно задаватися швидкостями теплоносіїв, і відповідно площами прохідних перерізів. Іноді навіть досвідченому конструкторові необхідно зробити 5...6 варіантів розрахунків кожухотрубного теплообмінника, щоб знати оптимальні співвідношення між розмірами кожуха і труб, їх кількістю, кроком розташування в трубній решітці, відстанями між перегородками тощо. Цю ситуацію можна змінити, якщо задачу проектування формулювати як задачу оптимізації.

З формальної точки зору будь-який критерій оптимальності (у тому числі інтегральний – ППТ) є функцією, що залежить від m параметрів, визначених у завданні на проектування – ППТ = $f(x_1; x_2; \dots; x_m)$. Для визначеності будемо вважати, що розв'язання задачі оптимізації полягає в тому, щоб знайти такі значення змінних x_i , щоб ППТ = $f(x_1; x_2; \dots; x_m) \rightarrow \min$.

Одночасно постає питання, які змінні ми маємо вибрати для визначення цієї функції? Найпростішим критерієм є площа поверхні теплопередачі. Тоді ставиться задача знайти варіант з найменшою величиною площі за заданих гідравлічних опорах чи швидкостях теплоносіїв. Пошук апарата з мінімальною площею дозволяє зробити його більш компактним і дешевим. Але апарат із мінімальною площею не завжди має мінімальну масу. Тому задача економії металу більш вдало поєднується з оптимізацією апарата за масою. Якщо вибрати її як змінну, слід звертати увагу на конструктивні елементи апарата, насамперед масу трубного пучка. Такий підхід є раціональним, коли маса поверхні теплопередачі становить понад 60...70 % від маси апарата. Якщо апарат необхідно встановити в обмеженому просторі, то як критерій оптимальності вибирають його габаритні розміри, наприклад, висоту чи зовнішній діаметр. Усі ці змінні є переважно конструктивними.

Існує також група термодинамічних критеріїв, насамперед коефіцієнт корисної дії теплообмінника (співвідношення кількостей теплоти, прийнятої теплоносієм нижчого потенціалу й відданої теплоносієм вищого потенціалу), тепловий потік, коефіцієнт теплопередачі тощо. Деякі автори пропонують визначати як

критерій оптимальності експлуатаційні затрати, які розраховують, як суму затрат на енергетичні ресурси та амортизаційних відрахувань $KOP = Z_{ен} + Z_{ам}$, хоча в цьому разі не враховуються затрати на виготовлення апарата.

Усі наведені вище критерії є частинними, не дозволяючи найкращим чином вирішити основне завдання проектування – забезпечення високої ефективності апарата в цілому.

Змінною, що враховує більшість параметрів теплообмінника, є зведені затрати $Z = Z_{ек} + K/T_n$, де $Z_{ек}$ – річні експлуатаційні (поточні) затрати на роботу апарата у вартісній формі; K – капітальні затрати на створення апарата у вартісній формі; T_n – нормативний строк роботи апарата у роках. Найбільш ефективним буде той апарат, для якого $Z \rightarrow \min$. У цьому випадку зведені затрати є своєрідним техніко-економічним критерієм оптимальності конструкції. Попри економічну природу величини Z , зміст цього критерію є значною мірою технічним. Фактично, зведені затрати є синтетичною величиною, що визначає технічні характеристики в економічній формі.

При цьому капітальні затрати $K = C_t + C_m + (K_{н1}N_1 + K_{н2}N_2)$, де C_t – ціна придбання теплообмінника, грн; C_m – вартість монтажних робіт, грн; $K_{н1}$ і $K_{н2}$ – вартість одиниці встановленої потужності насосно-компресорного обладнання, грн/кВт; N_1 і N_2 – встановлена потужність насосно-компресорного обладнання, кВт. У свою чергу, експлуатаційні затрати $Z_{ек} = Z_{ам} + Z_{п,р} + Z_{ен}$, де $Z_{ам}$ – щорічні амортизаційні відрахування, грн.; $Z_{п,р}$ – затрати на поточний ремонт, грн.; $Z_{ен}$ – вартість енергії, витраченої на прокачування теплоносіїв крізь апарат.

З урахуванням цього, $KOP = Z_{ам} + Z_{п,р} + Z_{ен} + [C_t + C_m + (K_{н1}N_1 + K_{н2}N_2)]/T_n$.

Щоб у процесі розрахунку теплообмінника можна було визначити значення ІКОП, його алгоритм має складатися з таких етапів:

- визначають площу поверхні теплопередачі. Це необхідно для подальшого розрахунку розмірів і маси теплообмінника. В межах теплового розрахунку визначаються зі швидкостями теплоносіїв;
- розраховану площу розподіляють між елементами конструкції теплообмінника;
- виконують гідравлічний розрахунок, визначаючи гідравлічні опори та обираючи насосно-компресорне обладнання;
- за конструктивними розмірами, масою апарата та іншими конструктивними особливостями визначають собівартість виготовлення апарата і прогнозу ціну його реалізації;
- розраховують ІКОП;
- повторюють розрахунки для декількох варіантів конструкції теплообмінника, порівнюючи їх ІКОП;
- вибирають варіант теплообмінника з мінімальним значенням ІКОП.

Досить часто проектні роботи по модернізації вже існуючого теплообмінника здійснюють з метою покращання роботи (теплого потоку, маси, об'єму, ресурсу між чищеннями); використання теплоти (коефіцієнта корисної дії, утримання теплоти); економічних показників (собівартості, ціни реалізації, економічного ефекту від експлуатації). У цьому випадку $KOP = P/Z$, де P – результат вдосконалення теплообмінника у вартісній формі, грн; Z – затрати для досягнення цього результату, грн. Оптимальною буде конструкція теплообмінника, для якої ІКОП буде максимальним.

Висновок. Розроблено інтегральний техніко-економічний критерій оптимальності (ІКОП) теплообмінників, що враховує технічні та економічні характеристики теплообмінних апаратів. Методику визначення ІКОП можна застосовувати і до іншого устаткування хімічних виробництв.

Список використаної літератури

1. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сухомел. – М. : Энергия, 1969. – 431 с.
2. Клименко А. П. Расчет теплообменных аппаратов на электронных вычислительных машинах / А. П. Клименко, Г. Е. Каневец. – М. : Энергия, 1996. – 287 с.
3. Кузовлев В. А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи / В. А. Кузовлев. – М. : Высш. шк., 1995. – 297 с.
4. Покропивний С. Ф. Ефективність інноваційно-інвестиційної діяльності / С. Ф. Покропивний, А. П. Новак. – К. : КНЕУ, 1997. – 181 с.
5. Покропивний С. Ф. Экономическое обоснование инженерных решений / С. Ф. Покропивный. – К. : Техника, 1985. – 206 с.

Надійшла до редакції 05.02.2013.

Zadolskyu A. M., Kalytun V. I.

ECONOMIC OPTIMIZATION OF HEAT EXCHANGERS

Heat exchangers take one of the leading places at the enterprises of chemical, food and other industries both in Ukraine and abroad. The improvement of design process and manufacture of these devices is one of the areas of intensification technology processes of production a mineral fertilizer, synthetic fibers, pulp and paper industry, etc. In the design process of heat exchangers in values, that are contained to the technical task of design can not be uniquely determine the optimal sizes of the device. Even experienced designers are forced to make some choices of calculations (sometimes 5... 6) before the opportunity to find the optimal size of the device fall for them (pipe size, pitch of their placement in the tube lattice, the distance between the walls in the intertube space, etc.)

As the experience shows in the design process of the heat exchangers designers obviously don't pay enough attention to the technical and economic performance of these devices. It's about the cost of manufacturing heat exchangers, cost implementation, cost in the process of exploitation. That's why in some cases efficient heat exchangers are made and exploit, and in others they are less efficient and even practically useless for modern conditions of the construct devices.

This problem can be solved by the introduction of modern methods of economic direction for optimizing heat exchangers.

Keywords: heat exchanger, optimization, economic efficiency.

References

1. *Isachenko V. P. Teploperedacha [Heat transfer] / V. P. Isachenko, V. A. Osipova, A. S. Suhomel. – M. : Jenergija, 1969. – 431 s.*
 2. *Klimenko A. P. Raschet teploobmennyyh apparatov na jelektronnyh vychislitel'nyh mashinah [Calculation of heat exchange devices on electronic computers] / A. P. Klimenko, G. E. Kanevec. – M. : Jenergija, 1996. – 287 s.*
 3. *Kuzovlev V. A. Tehnicheskaja termodinamika i osnovy teploperedachi [Technical thermodynamics and heat transfer] / V. A. Kuzovlev. – M. : Vysshaja shkola, 1995. – 297s.*
 4. *Pokropyvnyi S. F. Efektyvnist innovatsiino-investytsiinoi diialnosti [The effectiveness of innovation and investment] / S. F. Pokropyvnyi, A. P. Novak. – K. : KNEU, 1997. – 181 s.*
 5. *Pokropivnij S. F. Jekonomicheskoe obosnovanie inzhenernyh reshenij [Economic ground of engineering decisions] / S. F. Pokropivnij. – K. : Tehnika, 1985. – 206 s.*
-