

Висновки. Аналізуючи отримані дані в таблиці та на рис. 2 і 3, можна дійти таких висновків. Зростання температури зовнішнього повітря на $(40 - 22) \cdot 100 / 22 = 82$ % призводить до зростання температури випаровування кондиціонера на $(17,1 - 9,0) \cdot 100 / 9,0 = 90$ %, а температури конденсації – на $(49,9 - 31,9) \cdot 100 / 31,9 = 56$ %. Разом з тим ексергетичний ККД зростає на $(0,274 - 0,166) \cdot 100 / 0,166 = 65$ % за незначного зменшення холодопродуктивності кондиціонера на $(2050 - 1959) \cdot 100 / 1959 = 4,6$ %. При цьому робоча холодопродуктивність зростає до 31 °С, а далі – зменшується, що є негативним.

1. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. *Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения*. – М., 1981. 2. Шаргут Я., Петела Р. *Эксергия*. – М., 1968. 3. Бродянский В.М. *Эксергетический метод термодинамического анализа*. – М., 1973. 4. Лабай В.Й. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі // *Науково-технічний збірник КНУБА “Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання”*. – Київ, 2006. Вип 10. – С. 80–88. 5. Лабай В.Й., Омельчук О.В. Залежність температурног режиму split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі. // *Вісник НУ „Львівська політехніка”*. – 2006. – № 561. – С. 20–25. 6. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. *Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник*. – М., 1985. 7. Лабай В.Й., Омельчук О.В., Ярослав В.Ю. *Эксергетична оцінка роботи місцевих автономних кондиціонерів “Sanyo”* // *Вісник НУ “Львівська політехніка”*. – 2005. – № 545. – С. 108–113. 8. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. *Кондиционирование воздуха и холодоснабжение*. – М., 1985. 9. *Sanyo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900*.

УДК 697.94.(075)

В.Й. Лабай, О.В. Омельчук

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

ЭКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ МІСЦЕВИХ АВТОНОМНИХ КОНДИЦІОНЕРІВ “FUJI ELECTRIC”

© Лабай В.Й., Омельчук О.В., 2007

Описано ексергетичний метод аналізу роботи одноступеневих хладонових холодильних машин, які використовують в місцевих автономних кондиціонерах. Визначено ексергетичний ККД split-кондиціонерів фірми «FUJI ELECTRIC» для стандартних умов і показано його залежність від холодопродуктивності кондиціонера.

In this article it was described the method of the exergetic analysis of one-step freon cooling engines, that are used in the local autonomous air conditioners. It was defined the exergetic output-input ratio of the several «split» air conditioners of firm «FUJI ELECTRIC» for standart conditions and shown dependence of it from the air conditioner cooling capacity.

Постановка проблеми. Для визначення максимальної ефективності роботи холодильної машини загалом, а також для оцінки втрат енергії в її окремих конструктивних елементах найзручніше використовувати загальний термодинамічний метод аналізу – *ексергетичний* [1].

Ексергія системи у цьому стані вимірюється кількістю перетворюваної енергії, яка може бути отримана від системи завдяки її зворотному переходу з цього стану в стан рівноваги з навколишнім середовищем.

Ексергетичний аналіз дає змогу встановити максимальні термодинамічні можливості системи, визначити втрати ексергії в ній та обґрунтувати рекомендації з вдосконалення окремих її елементів [1, 3].

Аналіз останніх досліджень. Сучасні місцеві автономні кондиціонери, які використовують для створення відповідного мікроклімату у невеликих приміщеннях, досягли певного технічного вдосконалення. Для подальшого підвищення ефективності роботи цих кондиціонерів потрібний детальний аналіз їхнього функціонування.

Для цього авторами розроблений *ексергетичний* метод аналізу холодильних машин місцевих автономних кондиціонерів, який є методом термодинамічного дослідження холодильної машини як загалом, так і її окремих частин, щоб отримати повну інформацію про процеси перетворення енергії, які існують в таких системах [1, 3, 4, 5]. Результатом аналізу є знаходження ексергетичного ККД процесу загалом та втрат ексергії в окремих елементах технічної системи зокрема.

Завдання досліджень. Мета роботи – розробити методику визначення ексергетичного ККД та втрат ексергії в окремих елементах місцевих автономних кондиціонерів і використати її для split-кондиціонерів фірми “FUJI ELECTRIC”. Для цього потрібно встановити:

- ексергетичний ККД split-кондиціонерів “FUJI ELECTRIC” для їх різної стандартної холодопродуктивності;
- втрати ексергії в окремих елементах split-кондиціонера “FUJI ELECTRIC” зі стандартною холодопродуктивністю 2050 Вт.

Це і було завданням досліджень.

Викладення основного матеріалу. Для розрахунку ексергетичного ККД та аналізу роботи холодильної машини місцевого автономного кондиціонера необхідно мати такі вихідні дані:

- стандартну холодопродуктивність кондиціонера;
- температуру внутрішнього повітря на вході у випарник і припливного на виході з нього;
- температуру зовнішнього повітря на вході і на виході з конденсатора;
- термодинамічні властивості холодильного агента – хладону-22 (R22);
- схему холодильної установки (рис. 1, а).

Розрахувавши температуру випаровування та конденсації за стандартних умов для зовнішнього повітря $t_{H1} = 35^{\circ}\text{C}$, яким охолоджується конденсатор холодильної машини кондиціонера, і внутрішнього повітря $t_{C1} = 27^{\circ}\text{C}$, яке охолоджується у випарнику холодильної машини кондиціонера, а також температуру всмоктування пари холодильного агента в компресор і переохолодження рідкого холодильного агента в конденсаторі будували процес роботи холодильної установки *без охолодження компресора* в термодинамічній p,i -діаграмі (рис. 1, б). В характерних точках схеми за діаграмою або за таблицями знаходили параметри холодильного агента [2].

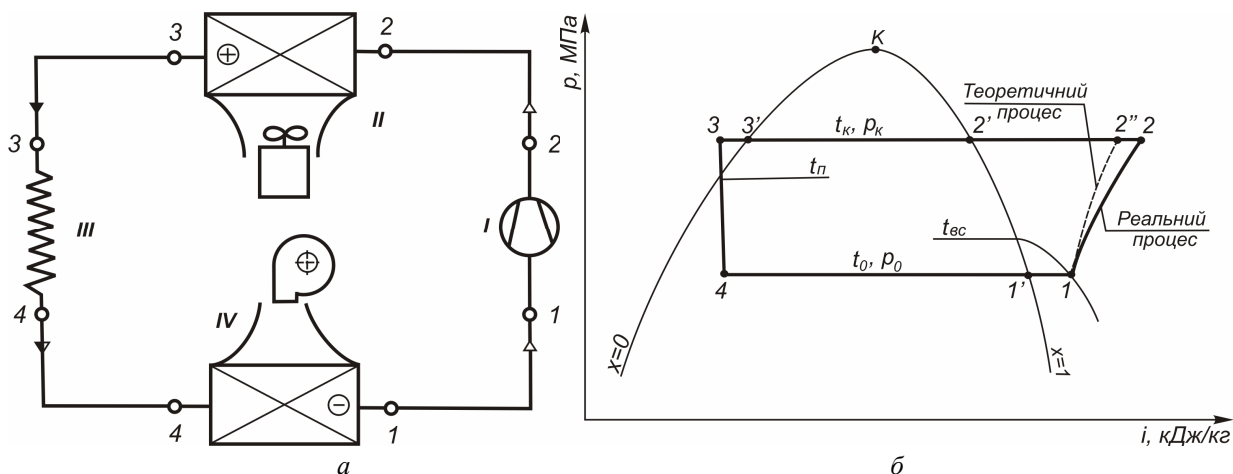


Рис. 1. Схема холодильної машини (а) та побудова процесів роботи на p,i -діаграмі (б):
 I – компресор; II – конденсатор; III – капілярна трубка; IV – випарник

Питома внутрішня індикаторна робота компресора становить

$$l_i = i_2 - i_1, \text{ кДж/кг.} \quad (1)$$

За термодинамічною p, i -діаграмою визначаємо витрати теплоти на одиницю витрати робочого холодильного агента в окремих апаратах холодильної установки.

Знаходимо холодильний коефіцієнт установки за формулою

$$\varepsilon = \frac{\eta_{ем} q_0}{l_i}, \quad (2)$$

де $\eta_{ем}$ – електромеханічний ККД компресора ($\eta_{ем} = 0,9$); $q_0 = i_1 - i_4$, кДж/кг – питома витрата теплоти у випарнику на одиницю витрати холодильного агента.

Ексергетичний ККД холодильної машини знаходили за формулою

$$\eta_e = E_c \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

де $E_c = \frac{T_{н.с}}{T_c} - 1$ – питома витрата електричної енергії (ексергії) в ідеальному циклі, віднесена до

одиниці теплоти, підведеної до теплоприймальника (випарника) з середньою температурою \bar{T}_c , К; $T_{н.с}$ – температура навколишнього середовища, К.

Значення ексергії холодильного агента в характерних точках процесу визначали за формулою

$$e = i - i_{н.с} - T_{н.с} (s - s_{н.с}), \text{ кДж/кг,} \quad (4)$$

де i – значення питомої ентальпії холодильного агента в характерних точках процесу, кДж/кг; $i_{н.с}$ – значення питомої ентальпії холодильного агента в стані $T_{н.с}, p_{н.с}$ (температура і тиск навколишнього середовища), який знаходиться в рівновазі з навколишнім середовищем, кДж/кг; s та $s_{н.с}$ – відповідні значення ентропії холодильного агента, кДж/(кг·К), які визначали за термодинамічними таблицями або діаграмами [2].

Знаходимо питому кількість ексергії, яка вводиться в холодильну машину у вигляді електричної енергії, підведеної до електродвигуна компресора, за формулою

$$e_{вх} = \frac{N_e \cdot 10^{-3}}{G}, \text{ кДж/кг,} \quad (5)$$

де N_e – споживана потужність електродвигуном компресора, Вт; $G = Q_x \cdot 10^{-3} / q_0$ – кількість циркулюючого холодильного агента в контурі холодильної машини, кг/с.

Знаходимо втрати ексергії в окремих апаратах холодильної установки:

$$d = e_{пoch} - e_{кін}, \text{ кДж/кг,} \quad (6)$$

або у відсотках від ексергії, яка вводиться в холодильну машину:

$$D = \frac{e_{пoch} - e_{кін}}{e_{вх}} \cdot 100 \%. \quad (7)$$

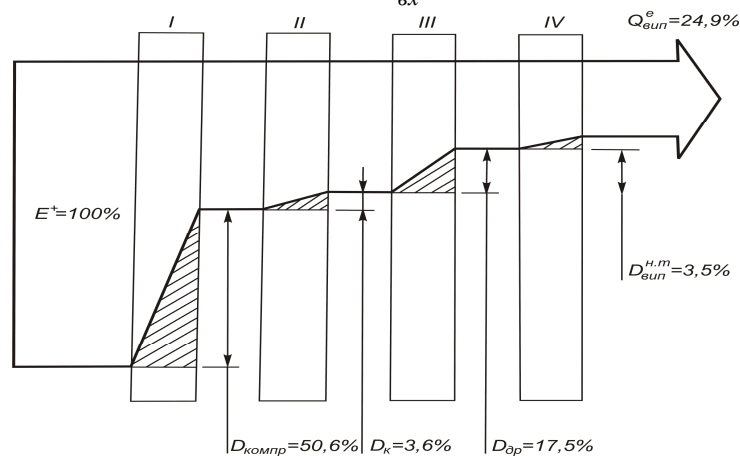


Рис. 2. Ексергетична діаграма потоків холодильної машини на прикладі кондиціонера фірми "FUJI ELECTRIC" холодопродуктивністю $Q_{x, cm} = 2050 \text{ Вт}$ за стандартних умов ($T_{н.с} = 308 \text{ К}$; $T_{c1} = 300 \text{ К}$)

За результатами розрахунку будуюмо ексергетичну діаграму потоків холодильної машини (рис. 2).

Нами проведений розрахунок ексергетичного ККД одноступеневих холодильних машин кондиціонерів типу «split» фірми «FUJI ELECTRIC» різної холодопродуктивності за стандартних умов. Для розрахунку приймали:

- переохолодження рідкого холодильного агента у конденсаторі $\Delta t_{\text{перех}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- перегрівання пари холодильного агента у випарнику $\Delta t_{\text{перегр}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- кінцеву різницю температур у випарнику (внутрішнього повітря і киплячого холодильного агента) $\Delta t_{\text{вип}} = 2...4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- кінцеву різницю температур у конденсаторі (зовнішнього повітря і холодильного агента, який конденсується) $\Delta t_{\text{к}} = 3...5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для розрахунків на ЕОМ p,i -діаграму хладону-22 (R22) в діапазоні температур $0...50 \text{ }^\circ\text{C}$ використали у вигляді аналітичних залежностей $P = f(t)$, $i = \varphi(t)$, $s = \psi(t)$.

Результати розрахунку зводимо в таблицю.

Результати розрахунку ексергетичного ККД кондиціонерів фірми "FUJI ELECTRIC"

Стандартна холодопродуктивність $Q_{\text{хст}}$, Вт	Стандартні температурні умови роботи холодильної машини, $^\circ\text{C}$		Ексергетичний ККД η_e
	температура випаровування $t_0 = t_{\text{вип}}$	температура конденсації $t_{\text{к}}$	
1950	11	45	0,250
2050	11	45	0,249
2500	15	47	0,230
3250	13	47	0,234
4850	7	52	0,204

Висновки. Ексергетичний ККД одноступеневих холодильних машин кондиціонерів фірми «FUJI ELECTRIC» за стандартних умов тим вищий, чим менша холодопродуктивність кондиціонера. Для кондиціонованого приміщення з метою забезпечення найвищого ККД холодильної установки краще використовувати декілька кондиціонерів з малою холодопродуктивністю, ніж один з великою.

Методика термодинамічного ексергетичного аналізу дає можливість визначення ексергетичного ККД холодильної машини місцевого автономного кондиціонера, а також втрат ексергії в усіх елементах холодильної машини кондиціонера з метою подальшого вдосконалення окремих її елементів.

1. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М., 1981. 2. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник. – М.,1985. 3. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. – М., 1968. 4. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. – М., 1973. 5. Лабай В., Омельчук О. Ексергетична оцінка місцевих автономних кондиціонерів // Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2002. – № 460. – С. 154–157.