**УДК 697.94.(075)**

**Лабай В., Дубіжанський Д.**
ДУ «Львівська політехніка», кафедра теплогазопостачання і вентиляції

# ЕКСЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІСЦЕВИХ АВТОНОМНИХ КОНДИЦІОНЕРІВ

*© Лабай В., Дубіжанський Д., 2000*

**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 «SANYO» for standard conditions and shown dependence of it from the air conditioner cooling capacity.**

Під час вивчення процесів перетворення енергії в холодильній машині необхідно оцінювати термодинамічну ефективність процесів загалом та їх частин, а також джерел втрат в них найзручнішим і наочним способом. Для цього можна 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 із цього стану у стан рівноваги з навколишнім середовищем.

Вихідними даними для ексергетичного розрахунку та аналізу роботи холодильної машини місцевого автономного кондиціонера є:

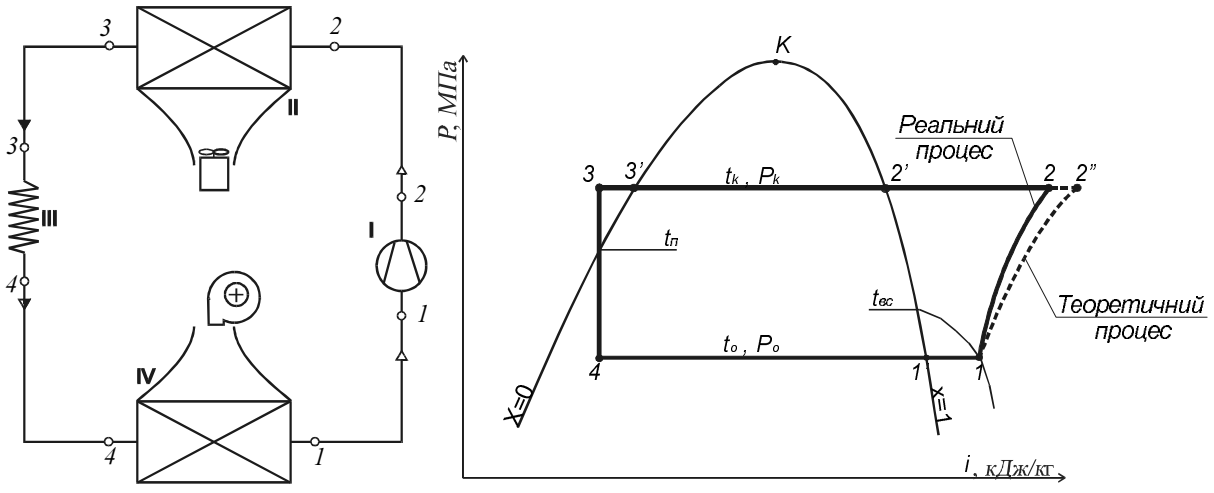
– холодопродуктивність кондиціонера;

– температура внутрішнього повітря на вході у випарник і припливного на виході з нього;

– температура зовнішнього повітря на вході і на виході з конденсатора;

– холодильний агент – хладон-22 (R22);

– схема холодильної установки.




а б

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

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Знаючи температури випаровування та конденсації, а також температури всмоктування пари холодильного агента в компресор і переохолодження рідкого холодильного агента в конденсаторі, будують процес роботи холодильної установки в термодинамічній P,i-діаграмі. В характерних точках схеми за діаграмою або за таблицями знаходимо параметри холодильного агента [2].

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:

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

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

Ексергетичний ККД холодильної машини знаходимо за формулою:

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

де $E_c = \frac{T_{н.с}}{\overline{T_c}} - 1$ – питома витрата електричної енергії (ексергії) в ідеальному циклі, віднесена до одиниці теплоти, підведеної до теплоприйомника (випарника) з середньою температурою $\overline{T_c}$, 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 визначаються за термодинамічними діаграмами або таблицями [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 електродвигуна компресора, Вт; G – кількість циркулюючого холодильного агента в контурі холодильної машини, кг/с.

Знаходимо втрати ексергії в окремих апаратах холодильної установки:

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

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

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

За результатами розрахунку будуємо ексергетичну діаграму потоків холодильної машини.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

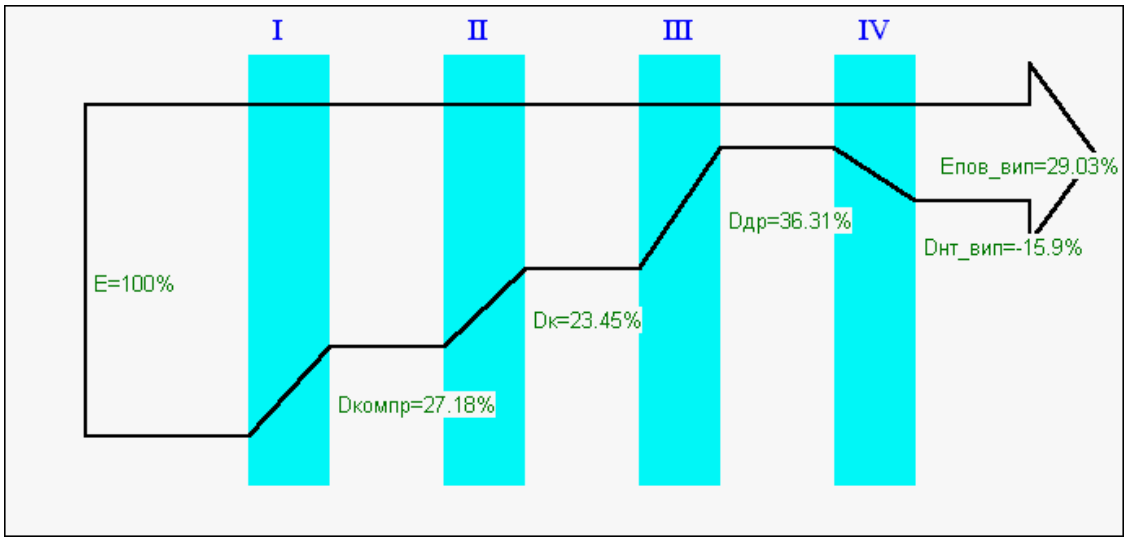



Рис.2. Ексергетична діаграма потоків холодильної машини на прикладі кондиціонера фірми "SANYO" холодопродуктивністю $Q_х$=2100 Вт за стандартних умов ($T_{н.с}$= 308 К; $T_{с_{поч}}$ = 300 К)

Нами розраховано ексергетичний ККД одноступеневих холодильних машин кондиціонерів типу «split» фірми «SANYO» різної холодопродуктивності за стандартних умов. Для розрахунку приймали:

– переохолодження рідкого холодильного агента у конденсаторі $\Delta t_{\text{переох}} = 5\ ^{o}C$;

– перегрів пари холодильного агента у випарнику $\Delta t_{\text{перегр}} = 10\ ^{o}C$;

– кінцеву різницю температур у випарнику (внутрішнього повітря і киплячого холодильного агента) $\Delta t_{\text{вип}} \approx 2\ ^{o}C$;

– кінцеву різницю температур у конденсаторі (зовнішнього повітря і холодильного агента, який конденсується) $\Delta t_{к} \approx 3\ ^{o}C$;

– електромеханічний ККД компресора $\eta_{ем} = 0{,}9$.

Для проведення розрахунків на ЕОМ P,i-діаграма хладона-22 (R22) в діапазоні температур 0...50 °С подали у вигляді аналітичних залежностей $P = f(t)$, $i = \varphi(t)$, $s = \psi(t)$.

Результати розрахунку наведено в таблиці.

**Результати розрахунку ексергетичного ККД кондиціонерів фірми "SANYO"**

| Стандартна холодопродуктивність, Вт | Ексергетичний ККД |
|---|---|
| 2100 | 0,29 |
| 2600 | 0,277 |
| 2700 | 0,277 |
| 3450 | 0,263 |
| 4600 | 0,257 |
| 5150 | 0,25 |
| 6850 | 0,246 |
| 8790 | 0,235 |

Ексергетичний ККД одноступеневих холодильних машин кондиціонерів фірми «SANYO» за стандартних умов тим вищий, чим менша холодопродуктивність кондиціонера. Для кондиціонованого приміщення з метою забезпечення найвищого ККД холодиль-

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

ної установки краще використовувати декілька кондиціонерів з малою холодопродуктивністю, ніж один з великою.

За допомогою методики термодинамічного ексергетичного аналізу можна визначити ексергетичний ККД холодильної машини місцевого автономного кондиціонера (ексергетична холодопродуктивність), а також оцінити втрати ексергії у всіх елементах холодильної машини кондиціонера: компресорі, конденсаторі, капілярній трубці, випарнику. Результатом є побудова ексергетичної діаграми потоків та можливість вдосконалення окремих елементів холодильної машини, в яких найбільші втрати ексергії.

*1. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. – М., 1981. 2. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник. Изд.3-е, перераб. и доп. – М., 1985.*

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua