

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО ККД SPLIT-КОНДИЦІОНЕРІВ ВІД КІНЦЕВИХ РІЗНИЦЬ ТЕМПЕРАТУР У ВИПАРНИКУ І КОНДЕНСАТОРІ

© Лабай В.Й., 2008

Використано ексергетичний метод аналізу роботи одноступеневих хладонових холодильних машин місцевих автономних кондиціонерів. Встановлено залежність ексергетичного ККД split-кондиціонера фірми „Sanyo” холодопродуктивністю 2020 Вт від кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі.

In this article it was used the method of the exergetic analysis of one-step freon cooling engines of the local autonomous air conditioners. It was defined the dependence of the exergetic output-input ratio for the “split” air conditioner of firm “Sanyo” with cooling capacity 2020 W from terminus differences of temperatures for the evaporator and the condenser.

Постановка проблеми. Холодильні машини, які застосовують в місцевих автономних кондиціонерах, потребують для зменшення енергозатрат вдосконалення, яке можливе з використанням сучасного методу термодинаміки – ексергетичного [1, 2, 3].

Ексергетичний аналіз дозволяє встановити максимальні термодинамічні можливості системи, визначити втрати ексергії в ній та обґрунтувати рекомендації з вдосконалення окремих її елементів. А для цього треба досконало вивчити всі аспекти роботи холодильної машини місцевих автономних кондиціонерів.

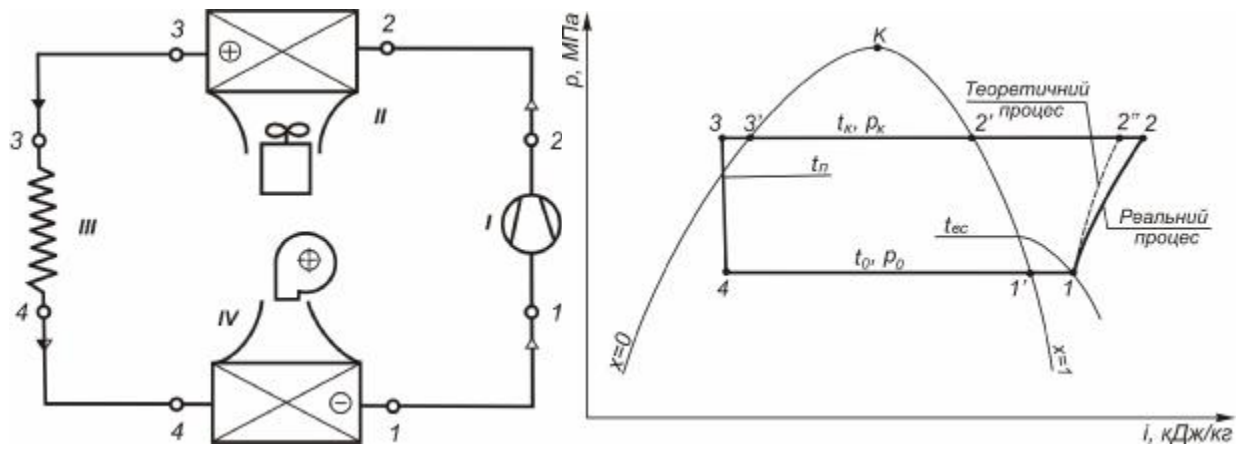
Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найдетальніше ексергетичний метод аналізу одноступеневих холодильних машин наведений в [1], який не пристосований для холодильних машин місцевих автономних кондиціонерів, у яких випарник і конденсатор омиваються відповідним повітрям, а в контурі холодильної машини циркулює інший холодоагент. Також коротко цей метод аналізу висвітлений у [2, 3].

Тому автором розроблений ексергетичний метод аналізу роботи одноступеневих хладонових холодильних машин (*без ефективного охолодження компресора*) для місцевих автономних кондиціонерів, докладно описаний у роботах [4, 5, 7]. У цій методиці використана схема холодильної машини, яка зображена на рис. 1, а, і відповідно побудова процесів її роботи на p,i -діаграмі – на рис. 1, б та холодильний агент хладон-22 (R22) [6].

Мета роботи – визначення залежності ексергетичного ККД split-кондиціонера від кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі. Для того потрібно встановити:

- ексергетичний ККД split-кондиціонера “Sanyo” холодопродуктивністю 2020 Вт за різних кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі;
- аналітичну залежність між ексергетичним ККД split-кондиціонера і кінцевими різницями температур у випарнику і конденсаторі.

Це і було завданням досліджень.



а

б

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

Виклад основного матеріалу. Ексергетичний аналіз виконували для split-кондиціонера „Sanyo” з найвищим ексергетичним коефіцієнтом корисної дії, який був визначений за стандартних температурних умов ($Q_{x\text{ ст}} = 2020$ Вт; $N_{\text{сп ст}} = 610$ Вт; $W_{\text{конд ст}} = 0,9$ л/год) [7, 9]. Залежність ексергетичного ККД від кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі аналізували за стандартних температурних умов, тобто для стандартної температури навколишнього середовища $t_{H1} = 35^\circ\text{C}$ і внутрішнього (рециркуляційного) повітря $t_{C1} = 27^\circ\text{C}$. Витрати повітря на випарнику (450 м³/год) і конденсаторі (1360 м³/год) під час цього зберігали сталими.

Для виконання розрахунку прийняли такі вихідні дані:

- кінцеву різницю температур у випарнику (внутрішнього повітря на виході з випарника і киплячого холодильного агента) $\Delta t_{\text{вип}} = 2 \dots 4^\circ\text{C}$ (для стандартного процесу приймали $\Delta t_{\text{вип}} = 2,8^\circ\text{C}$);
- кінцеву різницю температур у конденсаторі (холодильного агента, який конденсується, і зовнішнього повітря на виході з конденсатора) $\Delta t_{\text{к}} = 3 \dots 5^\circ\text{C}$ (для стандартного процесу приймали $\Delta t_{\text{к}} = 4,2^\circ\text{C}$).

**Результати розрахунку ексергетичного ККД
split-кондиціонера “Sanyo” холодопродуктивністю 2020 Вт
залежно від кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі**

$\Delta t_{\text{вип}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$	$t_{C2}, ^\circ\text{C}$	$t_{H2}, ^\circ\text{C}$	$t_0 = t_{\text{вип}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$	$e_{\text{вх}} = l, \text{кДж/кг}$	$e_{\text{вих}}, \text{кДж/кг}$	η_e
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,0	4,2	17,8	40,8	15,8	45,0	27,9	7,18	0,258
2,5	4,2	17,8	40,8	15,3	45,0	28,4	7,18	0,252
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,0	4,2	17,8	40,8	14,8	45,0	29,0	7,17	0,247
3,5	4,2	17,8	40,8	14,3	45,0	29,5	7,16	0,243
4,0	4,2	17,8	40,8	13,8	45,0	30,1	7,15	0,238
2,8	3,0	17,8	40,8	15,0	43,8	27,7	7,24	0,262
2,8	3,5	17,8	40,8	15,0	44,3	28,1	7,21	0,256
2,8	4,0	17,8	40,8	15,0	44,8	28,6	7,18	0,251
2,8	4,5	17,8	40,8	15,0	45,3	29,0	7,15	0,246
2,8	5,0	17,8	40,8	15,0	45,8	29,5	7,13	0,242
2,8	4,2	17,8	40,8	15,0	45,0	28,8	7,17	0,249
2,0	3,0	17,8	40,8	15,8	43,8	26,8	7,25	0,270

Отримані під час виконання аналізу результати наведені в таблиці (*курсивом* відзначені технічні характеристики кондиціонера за стандартних температурних умов, **жирним шрифтом** – для запропонованих кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі) та зображені графічно на рис. 2 та 3.

У таблиці t_{C_2} – температура припливного повітря на виході з випарника холодильної машини кондиціонера; t_{H_2} – температура зовнішнього повітря на виході з конденсатора холодильної машини кондиціонера; $t_0 = t_{\text{вип}}$ – температура випаровування холодильного агента у випарнику; t_k – температура конденсації холодильного агента у конденсаторі; $e_{\text{вх}} = l$ – потік вхідної ексергії, підведеної до електродвигуна компресора; $e_{\text{вих}}$ – потік вихідної ексергії, відведеної від випарника у вигляді ексергетичної холодопродуктивності; η_e – ексергетичний ККД холодильної машини кондиціонера.

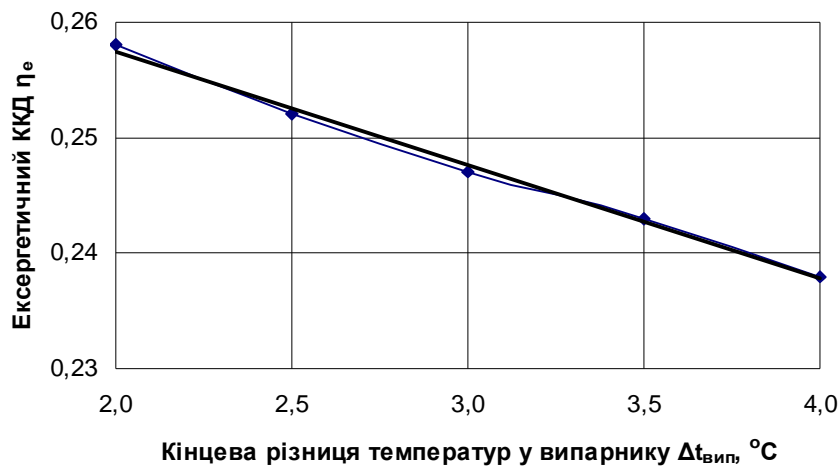


Рис. 2. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонера „Sanuo” холодопродуктивністю 2020 Вт за стандартних температурних умов від кінцевої різниці температур у випарнику

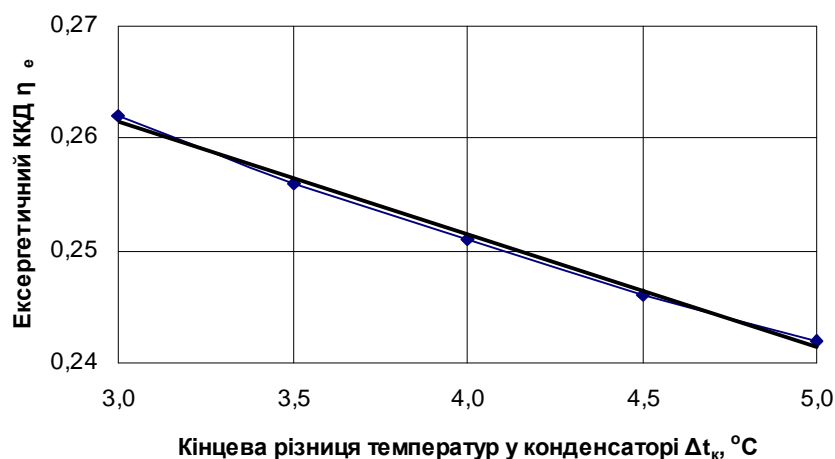


Рис. 3. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонера „Sanuo” холодопродуктивністю 2020 Вт за стандартних температурних умов від кінцевої різниці температур у конденсаторі

Залежність ексергетичного ККД кондиціонера від кінцевої різниці температур у випарнику апроксимована формулою

$$\eta_e = 0,278 - 0,01 \cdot \Delta t_{\text{вип}}, \quad (1)$$

залежність ексергетичного ККД кондиціонера від кінцевої різниці температур у конденсаторі – відповідно формулою

$$\eta_e = 0,292 - 0,01 \cdot \Delta t_{\text{к}} \quad (2)$$

та загальна залежність ексергетичного ККД кондиціонера від кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі – відповідно формулою

$$\eta_e = 0,32 - 0,01 \cdot \Delta t_{\text{вип}} - 0,01 \cdot \Delta t_{\text{к}}. \quad (3)$$

Висновки. Аналізуючи отримані дані в таблиці та на рис. 2 і 3, можна дійти таких висновків. Зростання кінцевої різниці температур у випарнику на $(4,0 - 2,0) \cdot 100 / 2,0 = 100\%$ призводить до зменшення ексергетичного ККД кондиціонера на $(0,258 - 0,238) \cdot 100 / 0,258 = 7,8\%$, а зростання кінцевої різниці температур у конденсаторі на $(5,0 - 3,0) \cdot 100 / 3,0 = 67\%$ – до зменшення ексергетичного ККД кондиціонера на $(0,262 - 0,242) \cdot 100 / 0,262 = 7,6\%$. Отже, найкраще застосовувати найнижчі кінцеві різниці температур, тобто у випарнику 2°C , а у конденсаторі 3°C . Застосування запропонованих кінцевих різниць температур у випарнику і конденсаторі замість стандартних, відповідно $2,8^\circ\text{C}$ і $4,2^\circ\text{C}$, призведе до зростання ексергетичного ККД на $(0,270 - 0,249) \cdot 100 / 0,249 = 8,4\%$, що є достатньо значним. При цьому потік вхідної ексергії, підведеної до електродвигуна компресора зменшиться на $(28,8 - 26,8) \cdot 100 / 28,8 = 6,9\%$, а потік вихідної ексергії, відведеної від випарника у вигляді ексергетичної холодопродуктивності, зросте на $(7,25 - 7,17) \cdot 100 / 7,17 = 1,1\%$, що є позитивним.

1. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с. 2. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия / Пер. с польского под ред. В.М. Бродянского. – М.: Энергия, 1968. – 280 с. 3. Бродянский В.М., Верхивкер Г.П., Карчев Я.Я. и др. Эксергетические расчеты технических систем: Справ. пособие / Под ред. Долинского А.А., Бродянского В.М. АН УССР. Ин-т технической теплофизики. – К.: Наук. думка, 1991. – 360 с. 4. Лабай В.Й. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі. // Наук.-техн. зб. КНУБА „Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання”. Вип 10. – К.: КНУБА, 2006, 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 Нац. ун-ту „Львівська політехніка” № 561 „Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація”, 2006. – С. 20–25. 6. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник. – 3-е изд. – М.: Атомпромпиздат, 1985. – 208 с. 7. Лабай В.Й., Омельчук О.В., Ярослав В.Ю. Ексергетична оцінка роботи місцевих автономних кондиціонерів „Sanуо” // Вісник Нац. ун-ту „Львівська політехніка” № 545 „Теорія і практика будівництва”, 2005. – С. 108–113. 8. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с. 9. Sanуо, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.