

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВТРАТ ЕКСЕРГІЇ У КОМПРЕСОРІ SPLIT-КОНДИЦІОНЕРІВ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Використано ексергетичний метод аналізу роботи одноступеневих хладонових холодильних машин місцевих автономних кондиціонерів. Встановлено залежність втрат ексергії у компресорі split-кондиціонера фірми "Sanyo" холодопродуктивністю 2020 Вт від температури навколишнього середовища.

Ключові слова: ексергія, баланс, кондиціонер, ефективність.

Assoc. prof. V.Yo. Labay; prof. Ya.M. Hanyk – NU "L'vivs'ka Politehnika"

The dependence of losses of exergy in the compressor of "split" air conditioners from the out of doors temperature

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 losses of exergy in the compressor of "split" air conditioner of firm "Sanyo" with the cooling capacity 2020 W from the out of doors temperature.

Keywords: exergy, balance, air conditioner, efficiency.

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

Ексергетичний аналіз дає змогу 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. Найбільш детально ексергетичний метод аналізу одноступеневих холодильних машин наведено 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 висвітлено 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, 8]. У цій методиці використано схему холодильної машини, яку наведено на рис. 1, а, і відповідно побудова процесів її роботи на p , i -діаграмі – на рис. 1, б та холодильний агент хладон-22 (R22) [7].

Мета роботи – визначення залежності втрати ексергії у компресорі split-кондиціонера від температури навколишнього середовища. Для цього потрібно встановити:

- втрати ексергії у компресорі split-кондиціонера "Sanyo" холодопродуктивністю 2020 Вт за різних температур навколишнього середовища;

- аналітичну залежність між втратою ексергії у компресорі split-кондиціонера і температурою навколишнього середовища.

Це і було завданням нашого дослідження.

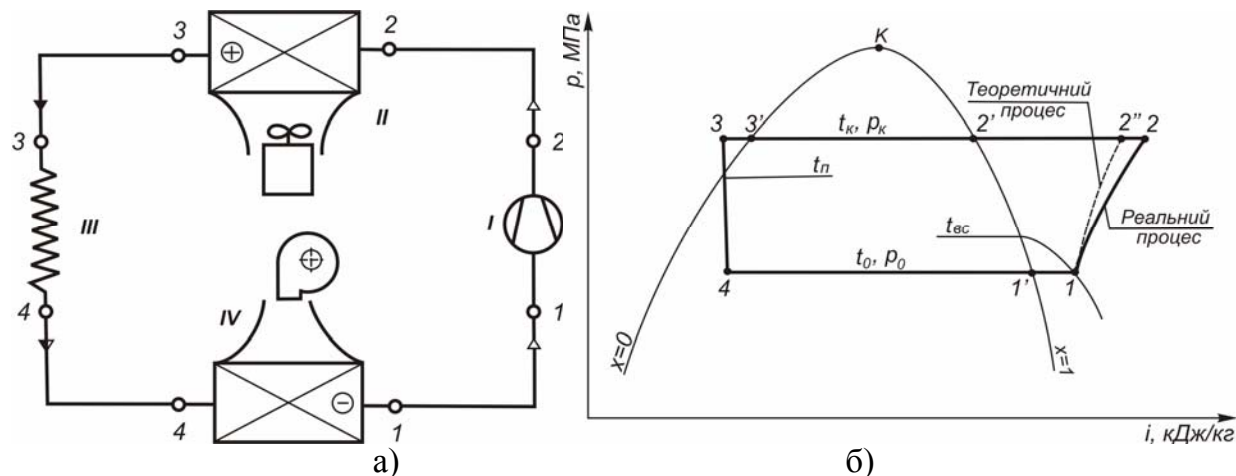


Рис. 1. Схема холодильної машини (а) та побудова процесів роботи на p, i -діаграмі (б): I – компресор; II – конденсатор; III – капілярна трубка; IV – випарник

Виклад основного матеріалу. Ексергетичний аналіз проводили 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.) [8, 10]. Залежність втрат ексергії у компресорі кондиціонера від температури навколишнього середовища аналізували в робочому режимі, тобто за температурних умов, відмінних від стандартних. Витрати повітря на випарнику (450 м³/год.) і конденсаторі (1360 м³/год.) під час цього зберігали сталими. За результатами аналізу склали ексергетичний баланс холодильної машини кондиціонера [6].

Для проведення розрахунку брали такі початкові дані:

- температуру навколишнього середовища $t_{H1} = t_{\text{н.с}} = 22 \dots 40$ °С (для стандартного процесу приймали $t_{H1} = t_{\text{н.с}} = 37$ °С);
- температуру внутрішнього (рециркуляційного) повітря $t_{C1} = 20 \dots 29$ °С (для стандартного процесу приймали $t_{C1} = 27$ °С).

Температуру повітря в кондиціонованому приміщенні знаходили залежно від температури навколишнього повітря за формулою

$$t_{C1} = \begin{cases} \text{за } t_{H1} = 22 \dots 30 \text{ °С: } t_{C1} = 20 + 0,63 \cdot (t_{H1} - 22), \text{ °С;} \\ \text{за } t_{H1} > 30 \text{ °С: } t_{C1} = 25 + 0,4 \cdot (t_{H1} - 30), \text{ °С.} \end{cases} \quad (1)$$

Робочі холодопродуктивність та споживану потужність визначали за такими формулами [9]:

$$Q_{x\text{ роб}} = Q_{x\text{ ст}} \cdot [1 + (t_{C1} - 27) \cdot 0,035 + (35 - t_{H1}) \cdot 0,02], \text{ Вт;} \quad (2)$$

$$N_{\text{сп роб}} = N_{\text{сп ст}} \cdot [1 + (t_{C1} - 27) \cdot 0,035 + (35 - t_{H1}) \cdot 0,02], \text{ Вт.} \quad (3)$$

Отримані під час проведення аналізу результати наведено в табл. 1 (жирно відзначені технічні характеристики кондиціонера за стандартних температурних умов) та зображені графічно на рис. 2 та 3.

Табл. 1. Результати розрахунку втрат ексергії у компресорі та ексергетичного ККД split-кондиціонера "Sanyo" холодопродуктивністю 2020 Вт залежно від температури навколишнього середовища

$t_{H1} = t_{н.с.},$ °C	$t_{C1},$ °C	$t_0 = t_{вип},$ °C	$t_k,$ °C	$Q_{х\text{ роб}},$ Вт	$N_{сп\text{ роб}},$ Вт	$d_{компр},$ кДж/кг	$e_{вх},$ кДж/кг	$D_{компр},$ кДж/кг	η_e
35	27	15,0	45,0	2020	610	14,94	28,8	51,9	0,249
22	20	9,0	31,9	2050	619	11,86	23,2	51,1	0,166
25	22	10,5	35,0	2071	625	12,54	24,5	51,3	0,185
28	24	12,1	38,1	2091	631	13,22	25,7	51,5	0,201
31	26	13,6	41,2	2111	637	13,91	26,9	51,8	0,214
34	27	14,7	44,1	2060	622	14,66	28,2	51,9	0,238
37	28	15,9	47,0	2010	607	15,42	29,6	52,1	0,258
40	29	17,0	49,9	1959	592	16,17	31,0	52,2	0,274

У таблиці $t_0 = t_{вип}$ – температура випаровування холодильного агента у випарнику холодильної машини кондиціонера; t_k – температура конденсації холодильного агента у конденсаторі холодильної машини кондиціонера; $d_{компр}$ – питома втрата ексергії у компресорі; $e_{вх} = l$ – потік вхідної ексергії, підведеної до електродвигуна компресора; $D_{компр}$ – втрата ексергії у компресорі у відсотках від потоку вхідної ексергії $e_{вх}$; η_e – ексергетичний ККД холодильної машини кондиціонера.

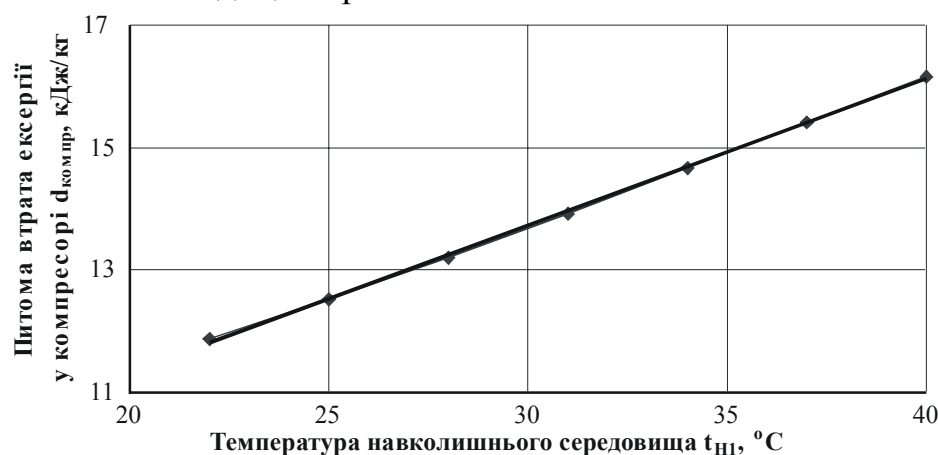


Рис. 2. Залежність питомої втрати ексергії у компресорі (кДж/кг) split-кондиціонера "Sanyo" холодопродуктивністю 2020 Вт за стандартних температурних умов від температури навколишнього середовища

Залежність питомої втрати ексергії у компресорі $d_{компр}$ (кДж/кг) кондиціонера від температури навколишнього середовища апроксимована формулою:

$$d_{компр} = 6,54 + 0,24 \cdot t_{H1}, \text{ кДж/кг}, \quad (4)$$

а залежність втрати ексергії у компресорі $D_{компр}$ (%) кондиціонера від температури навколишнього середовища – відповідно формулою:

$$D_{\text{компр}} = 49,75 + 0,062 \cdot t_{H1}, \% \quad (5)$$

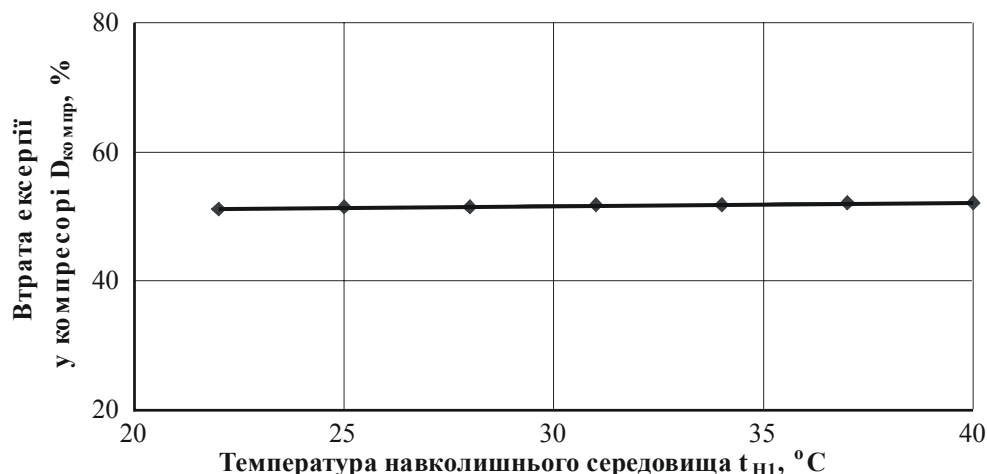


Рис. 3. Залежність втрати ексергії у компресорі (%) split-кондиціонера "Sanyo" холодопродуктивністю 2020 Вт за стандартних температурних умов від температури навколишнього середовища

Висновки. Аналізуючи отримані дані в табл. 1 та на рис. 2 і 3, можна дійти таких висновків. Зростання температури навколишнього середовища на $(40-22) \cdot 100/22 = 82\%$ призводить до незначного зростання втрати ексергії у компресорі $D_{\text{компр}}$ на $(52,2-51,1) \cdot 100/51,1 = 2,2\%$ за значного зростання питомої втрати ексергії у компресорі $d_{\text{компр}}$ на $(16,17-11,86) \cdot 100/11,86 = 36,3\%$ та потоку вхідної ексергії $e_{\text{вх}}$, підведеної до електродвигуна компресора, на $(31,0-23,2) \cdot 100/23,2 = 33,6\%$, що є негативним, але за досить значного зростання ексергетичного ККД холодильної машини кондиціонера на $(0,274-0,166) \cdot 100/0,166 = 65\%$, що є позитивним. Отже, найдоцільніше та найекономічніше використання кондиціонера за найвищої температури навколишнього середовища (у розглянутому випадку 40 °C).

Література

1. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: Учеб. пособ. для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
2. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. Перевод 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. пособ./ 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. збірник КНУБА: Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – К.: КНУБА. – 2006, вип. 10. – С. 80-88.
5. Лабай В.Й., Омельчук О.В. Залежність температурного режиму split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі// Вісник НУ "Львівська політехніка": Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2006, № 561. – С. 20-25.
6. Лабай В.Й. Вплив повітряних потоків у випарнику і конденсаторі на втрати ексергії у компресорі split-кондиціонерів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.4. – С. 249-254.
7. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник, изд.3-е. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

8. Лабай В.Й., Омельчук О.В., Ярослав В.Ю. Ексергетична оцінка роботи місцевих автономних кондиціонерів "Sanyo"// Вісник НУ "Львівська політехніка": Теорія і практика будівництва. – Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2005, № 545. – С. 108-113.

9. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с.

10. Sanyo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

УДК 674.047

Проф. П.В. Білей, д-р. техн. наук НЛТУ України, м. Львів;
директор В.М. Павлюст, канд. техн. наук – ТзОВ НІВіТ

ПЕРЕНЕСЕННЯ ПАРОПОДІБНОЇ ВОЛОГИ В КАПІЛЯРАХ У ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

Розглянуто явища молярного та молекулярного перенесення пароподібної вологи в макро- і мікрокапілярах у процесі сушіння капілярно-пористих матеріалів.

Prof. P.V. Bilej – NUFWT of Ukraine, L'viv; director V.M. Pavlyust – TzOV NIBiT

Steamy moistness transfer in capillaries in wood drying machining

The phenomena of molar and molecular steamy moistness transfer in macro- and micro- capillaries in the processing of capillar-porous materials are considered.

Молярне перенесення в макрокапілярах. Механізм перенесення вологи в капілярнопористих матеріалах, до яких належить і деревина, є дуже складними. Тому розглянемо найпростіший випадок – перенесення вологи в елементарних капілярах. Якщо радіус капіляра більше 10^{-5} см, то закономірності перенесення будуть визначатися законами дифузії (молярне перенесення).

Якщо вздовж циліндричної капілярної трубки існує градієнт загального тиску dP/dx , то тут відбувається гідродинамічний рух газу, ламінарного або турбулентного характеру залежно від числа Рейнольдса.

У випадку ламінарного руху (а це відповідає реальним умовам процесу, бо швидкість руху газу і діаметр капілярів є дуже малими, тому $Re \approx 0$) щільність потоку маси газу визначається законом Пуазейля

$$I = \frac{1}{\pi r^2} \frac{dm}{dt} = \frac{r^2 \rho}{8\eta} \frac{dP}{dx}. \quad (1)$$

Таким чином, щільність потоку маси газу прямо пропорційна квадрату радіуса капіляра і обернено пропорційна динамічній в'язкості газу η . Для стаціонарного руху

$$j = \frac{1}{\pi r^2} \frac{m}{\tau} = \frac{r^2 \rho (P_1 - P_2)}{8\eta L} = \text{const}, \quad (2)$$

де $P_1 - P_2$ – перепад тиску по довжині капіляру L .

Отримане співвідношення можна записати як

$$j = -k \frac{dP}{dx}, \quad (3)$$

де

$$k = \frac{r^2 \rho}{8\eta} = \frac{r^2}{8\nu}, \quad (4)$$