УДК 697.94.(075)

В.Й. Лабай, Й.С. Мисак
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплогазопостачання і вентиляції,
кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій

ВИБІР ЕНЕРГОЩАДНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДІЮЧИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН SPLIT-КОНДИЦІОНЕРІВ

© Лабай В.Й., Мисак Й.С., 2011

Пристосовано ексергетичний метод аналізу для оцінювання роботи одноступеневих хладонових холодильних машин split-кондиціонерів. Встановлено за ексергетичним ККД енергоощадні умови експлуатації split-кондиціонера фірми „Sanyo" холодопродуктивністю 2020 Вт.

Ключові слова: холодильні машини split-кондиціонери.

In this article the method of the exergetic analysis to estimation of one-step freon refrigeration's machines of air split-conditioners was adapted. Energy effective conditions of exploitation of air split-conditioner of firm "Sanyo" with cooling capacity 2020 W by the exergetic output-input ratio were defined.

Keywords: refrigeration machines are split-conditioners.

Постановка проблеми. Холодильні машини, які застосовують в діючих split-кондиціонерах, потребують для зменшення енергозатрат встановлення енергоощадних умов їх експлуатації, яке можливе з використанням сучасного методу термодинаміки – *ексергетичного* [1–3]. Ексергетичний аналіз дає змогу встановити максимальні термодинамічні можливості системи, а значить енергоощадні умови їх експлуатації.

Як правило, фірми-виробники split-кондиціонерів передбачають їх експлуатацію за різної витрати повітря у випарнику. Але, на жаль, жодна фірма-виробник не дає рекомендацій, яку витрату повітря застосовувати залежно від зовнішніх температурних умов.

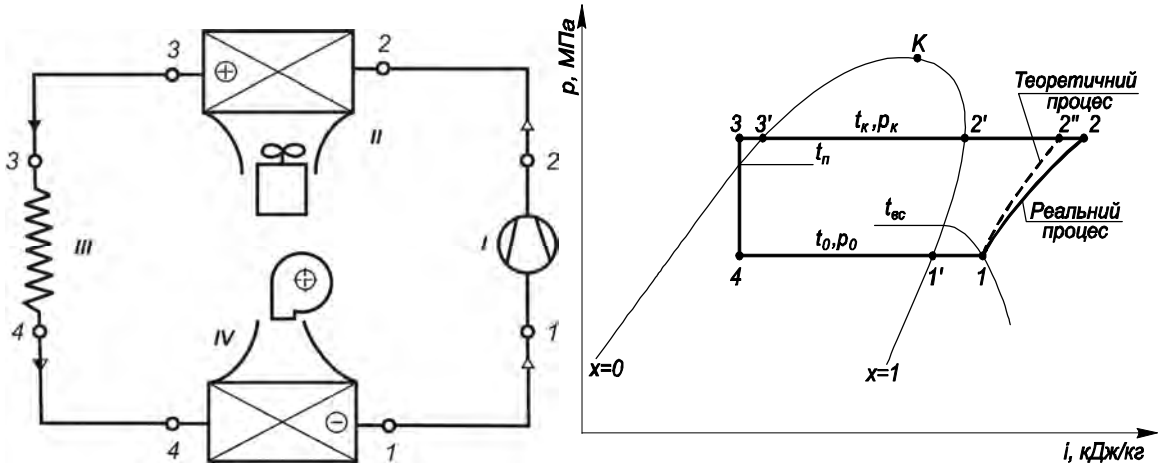
Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найдетальніше ексергетичний метод аналізу одноступеневих холодильних машин наведено в [1], який не пристосований для холодильних машин split-кондиціонерів, у яких випарник і конденсатор омиваються відповідним повітрям, а в контурі холодильної машини циркулює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

Автори удосконалили відомий ексергетичний метод аналізу для оцінювання роботи одноступеневих хладонових холодильних машин (*без ефективного охолодження компресора*) [1], який пристосований для split-кондиціонерів і докладно описаний у роботах [4, 5, 7]. У цій методиці використано принципову схему холодильної машини, наведену на рис. 1, *а* і відповідну побудову процесів її роботи на *p,i*-діаграмі – на рис. 1, *б* та холодильний агент хладон-22 (R22) [6]..

Мета роботи – встановлення *оптимальної витрати повітря на випарнику холодильних машин split-кондиціонерів для різних зовнішніх температурних умов експлуатації, за якої матимемо найвищий ексергетичний ККД, а отже, енергоощадну експлуатацію кондиціонера*. Для цього потрібно виявити:

- ексергетичний ККД, наприклад, split-кондиціонера "Sanyo" стандартної холодопродуктивності 2020 Вт, за різних робочих зовнішніх температурних умов експлуатації та витрат повітря на випарнику.

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



а *б*

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

Виклад основного матеріалу. Потрібні дослідження здійснювались за допомогою розробленої авторами комп'ютерної програми енергетичного та ексергетичного аналізу холодильних машин split-кондиціонерів, у якій використано технічні характеристики split-кондиціонера "Sanyo" за стандартних зовнішніх температурних умов t_{H_1} = 35 °С і t_{C_1} = 27 °С (стандартні холодопродуктивність $Q_{\text{х}}^{\text{ст}}$ = 2020 Вт, споживана потужність $N_{\text{сп}}^{\text{ст}}$ = 610 Вт, кількість конденсату $W_{\text{конд}}^{\text{ст}}$ = 0,9 л/год і відповідно ексергетичний ККД η_{e} = 0,249 [7, 9]), холодильний агент хладон-22 (R22) [98]. Встановлені фірмою "Sanyo" [9] витрати повітря на випарнику $L_{\text{вип}}^{\text{ст}}$ = 450 м^3/год (максимальна) і конденсаторі $L_{\text{к}}^{\text{ст}}$ = 1360 м^3/год кондиціонера.

Для встановлення ексергетичного ККД вибраного кондиціонера за різних робочих зовнішніх температурних умов експлуатації та витрат повітря на випарнику прийняли такі вихідні дані:

- температуру навколишнього середовища (зовнішнього повітря) t_{H_1} = 22...40 °С (для стандартного процесу приймали t_{H_1} = 35°С);
- температуру внутрішнього (рециркуляційного) повітря відповідно до температури навколишнього середовища t_{C_1} = 20...29 °С (для стандартного процесу приймали t_{C_1} = 27 °С);
- витрату повітря у випарнику $L_{\text{вип}}$ = 340, 390 і 450 м^3/год;
- витрату повітря у конденсаторі $L_{\text{к}}$ = 1360 м^3/год;
- кінцеву різницю температур у випарнику $\Delta t_{\text{вип}}$ = 2,8 °С;
- кінцеву різницю температур у конденсаторі $\Delta t_{\text{к}}$ = 4,2 °С;
- різницю температур перегрівання у випарнику $\Delta t_{\text{перегр}}$ = 10 °С;
- різницю температур переохолодження у конденсаторі $\Delta t_{\text{переох}}$ = 5 °С;
- адіабатичний (індикаторний) ККД компресора η_{i} = 0,8;
- електромеханічний ККД компресора $\eta_{\text{ем}}$ = 0,9.

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

$$t_{C_1} = \begin{cases} 20 + 0{,}63 \cdot \left(t_{H_1} - 22\right), \ ^0\text{C}, \ \text{якщо } t_{H_1} = 22...30 \ ^0\text{C}; \\ 25 + 0{,}4 \cdot \left(t_{H_1} - 30\right), \ ^0\text{C}, \ \text{якщо } t_{H_1} > 30 \ ^0\text{C}. \end{cases} \quad (1)$$

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

Робочі холодопродуктивність, споживану потужність та кількість конденсату визначали за формулами (2.2)–(2.4) [96].

$$Q_{\text{х}}^{\text{роб}} = Q_{\text{х}}^{\text{ст}} \cdot \left[1 + \left(t_{C_1} - 27\right) \cdot 0{,}035 + \left(35 - t_{H_1}\right) \cdot 0{,}02\right], \text{ Вт;} \quad (2)$$

$$N_{\text{сп}}^{\text{роб}} = N_{\text{сп}}^{\text{ст}} \cdot \left[1 + \left(t_{C_1} - 27\right) \cdot 0{,}035 + \left(35 - t_{H_1}\right) \cdot 0{,}02\right], \text{ Вт;} \quad (3)$$

$$W_{\text{конд}}^{\text{роб}} = W_{\text{конд}}^{\text{ст}} \cdot \left[1 + \left(27 - t_{C_1}\right) \cdot 0{,}035\right], \text{ л/год.}). \quad (4)$$

Отримані під час проведення аналізу результати наведені у таблиці (*курсивом* зазначені технічні характеристики кондиціонера за стандартних зовнішніх температурних умов, **жирно** – робочі температури зовнішнього повітря та енергоощадні для них витрати повітря у випарнику).

Результати досліджень ексергетичного ККД split-кондиціонера "Sanyo" стандартної холодопродуктивності 2020 Вт залежно від температури зовнішнього повітря і витрат повітря у випарнику

t_{H_1}, °C	t_{C_1}, °C	$L_{\text{вип}}$, м³/год	$Q_{\text{х}}^{\text{роб}}$, Вт	$N_{\text{сп}}^{\text{роб}}$, Вт	$W_{\text{конд}}^{\text{роб}}$, л/год	$\eta_{\text{е}}$
35	*27*	***340***	*2010*	*610*	*0,90*	***0,250***
		390				*0,250*
		450				*0,249*
22	20	**340**	2050	619	1,12	**0,184**
		390				0,178
		450				0,171
25	22	**340**	2071	625	1,06	**0,198**
		390				0,193
		450				0,188
28	24	**340**	2091	631	0,99	**0,210**
		390				0,207
		450				0,203
31	26	**340**	2111	631	0,99	**0,210**
		390				0,207
		450				0,203
34	27	**340**	2060	622	0,90	**0,240**
		390				0,240
		450				0,239
37	28	340	2010	607	0,87	0,257
		390				**0,258**
		450				0,258
38	28	340	1970	595	0,87	0,264
		390				0,265
		450				**0,266**
40	29	340	1959	592	0,84	0,270
		390				0,271
		450				**0,273**

Примітка. $\eta_{\text{е}}$ – ексергетичний ККД холодильної машини кондиціонера.

Висновки. Аналізуючи отримані дані у таблиці, можна дійти таких висновків. Для енергоощадної експлуатації холодильної машини вибраного кондиціонера з вищим ексергетичним ККД потрібно до температури зовнішнього повітря t_{H_1} = 35 °С застосовувати на її випарнику найнижчу витрату повітря $L_{\text{вип}}$ = 340 м³/год, далі до t_{H_1} = 37 °С – $L_{\text{вип}}$ = 390 м³/год і надалі до t_{H_1} = 40 °С і вище – найвищу витрату $L_{\text{вип}}$ = 450 м³/год. А це означає, що для енергоощадної

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

експлуатації будь-якого split-кондиціонера бажано попередньо провести ексергетичний аналіз роботи його холодильної машини.

Отже, проведений ексергетичний аналіз роботи холодильної машини вибраного split-кондиціонера за різних робочих зовнішніх температурних умов експлуатації та витрат повітря на випарнику показав, що для її енергоощадної експлуатації з вищим ексергетичним ККД потрібно, щоб за вищих температур зовнішнього повітря застосовувались вищі витрати повітря на випарнику кондиціонера. Це цілком узгоджується із засадами підтримання мікроклімату всередині приміщення, коли вищим температурам внутрішнього повітря повинні відповідати вищі рухомості повітря. А значить фірма-виробник повинна вдаватись до ексергетичного аналізу роботи її кондиціонерів і відповідно рекомендувати їх енергоощадну експлуатацію. Ці дослідження запропоновані до впровадження ПП «Системи кондиціювання та вентиляції» (м. Львів, вул. Сахарова, 42) і ПП «Домінанта–Еко» (м. Львів, вул. Смаль-Стоцького, 1, офіс 216), що дало їм змогу зменшити споживання електричної енергії в експлуатованих холодильних машинах split-кондиціонерів залежно від зовнішніх температурних умов на 7–18 % (є акти впровадження).

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 / Перевод с польск.; 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. // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Наук.-техн. збірник КНУБА. – 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 Нац. ун-ту „Львівська політехніка". – 2006. – № 561: Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – С. 20–25. 6. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник. – 3-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с. 7. Лабай В.Й., Омельчук О.В., Ярослав В.Ю. Ексергетична оцінка роботи місцевих автономних кондиціонерів „Sanyo". // Вісник Нац. ун-ту „Львівська політехніка". – 2005. – № 545: Теорія і практика будівництва. – 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. Sanyo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

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