

Сучасні нормативні документи задовільно оцінюють прогини сталобетонних балок без зчеплення зовнішньої стрічкової арматури з бетоном.

1. Розробка, дослідження та застосування у будівництві сталобетонних конструкцій. – Львів: Друк ПП “Арал”, 2001. – С. 80. 2. Клименко Ф.Є., Добрянський І.М., Фабрика Ю.М. Робота сталезалізобетонних балок у зоні чистого згину // Вісник Львів. аграр. ун-ту “Архітектура і сільськогосподарське будівництво”. – 2004. – №5. 3. Ільницький Б.М. Несуча здатність похилих перерізів сталобетонних балок без зчеплення зовнішньої арматури з бетоном: Дисертація ... канд. техн. наук. – Львів, 2000. 4. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції. – Львів: Світ, 2002. – 311 с. 5. Клименко Ф.Є., Гавриляк А.І., Фабрика Ю.М. Вплив довготривалих навантажень на несучу здатність сталобетонних згинальних елементів // Тези Міжнар. конф. – Кривий Ріг, 1998. 6. Барабаш В.М., Клименко Ф.Є. Розробка, дослідження та застосування нового виду стрічкової арматури періодичного профілю в сталобетонних конструкціях // Проблеми теорії і практики залізобетону. – Полтава, 1997. – С. 37–41. 7. Боднарчук Т.Б., Шмиг Р.А. Методика виготовлення та дослідження тришарових сталобетонних балок з зовнішнім стрічковим армуванням // Проблеми теорії і практики будівництва. – Львів, 1997. – Т. II. – С. 34–37. 8. Клименко Ф.Є., Ільницький Б.М., Бобало Т.В. Міцність сталобетонних балок, армованих арматурою класу А-III, А-V, в поєднанні зі стрічковою, що працює без зчеплення з бетоном // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва”. 2007. – Вип.6

УДК 697.94.(075)

**В.Й. Лабай**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО ККД SPLIT-КОНДИЦІОНЕРІВ ВІД АДІАБАТИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ККД КОМПРЕСОРА**

© Лабай В.Й., 2008

**Використано ексергетичний метод аналізу роботи одноступеневих хладонових холодильних машин місцевих автономних кондиціонерів. Встановлена залежність ексергетичного ККД split-кондиціонера фірми „Sanyo” холодопродуктивністю 2020 Вт від адіабатичного та електромеханічного ККД компресора.**

**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 the adiabatic and the electromechanic output-input ratio for the compressor.**

**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 дає змогу встановити максимальні термодинамічні можливості системи, визначити втрати ексергії в ній та обґрунтувати рекомендації з вдосконалення окремих її

елементів. А для цього потрібно досконало вивчити усі аспекти роботи холодильної машини місцевих автономних кондиціонерів.

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

Тому автором розроблений ексергетичний метод аналізу роботи одноступневих хладонових холодильних машин (без ефективного охолодження компресора) для місцевих автономних кондиціонерів докладно описаний у [4, 5, 7]. У цій методиці використано схему холодильної машини, яку показано на рис. 1, а, і відповідно побудову процесів її роботи на  $p,i$ -діаграмі – на рис. 1, б та холодильний агент хладон-22 (R22) [6].

**Мета роботи** – визначити залежність ексергетичного ККД split-кондиціонера від адиабатичного та електромеханічного ККД компресора. Для цього потрібно встановити:

- ексергетичний ККД split-кондиціонера “Sanyo” холодопродуктивністю 2020 Вт за різних адиабатичних та електромеханічних ККД компресора;
- аналітичну залежність між ексергетичним ККД split-кондиціонера і адиабатичним та електромеханічним ККД компресора.

Це і було завданням досліджень.

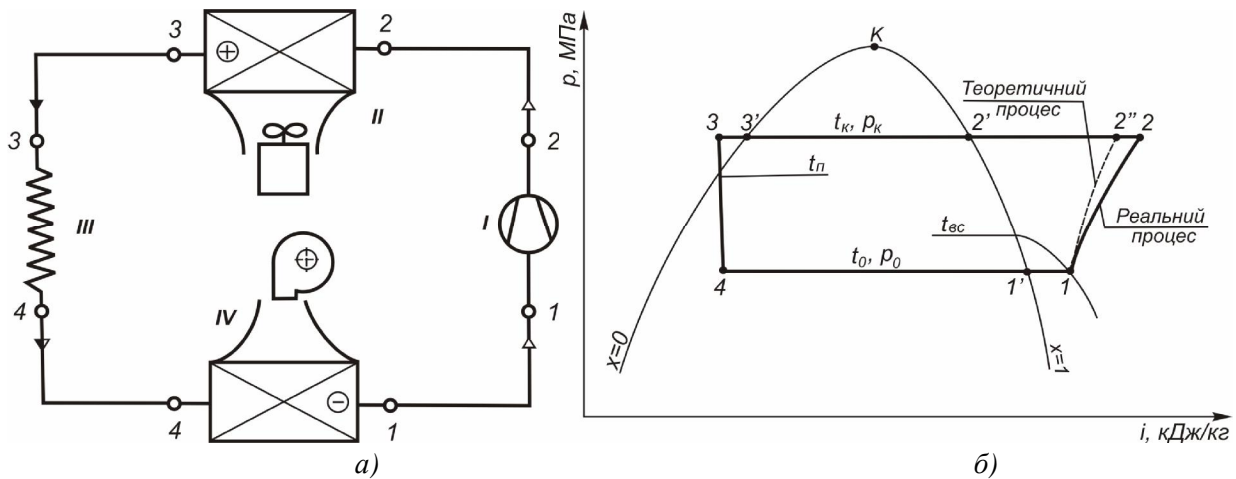


Рис. 1. Схема холодильної машини (а) та побудова процесів роботи на  $p,i$ -діаграмі (б):  
 I – компресор; II – конденсатор; III – капілярна трубка (дросель); IV – випарник

**Виклад основного матеріалу.** 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) [7, 9]. Залежність ексергетичного ККД від адиабатичного та електромеханічного ККД компресора аналізували за стандартних температурних умов, тобто для стандартної температури доквілля  $t_{H1} = 35$  °С і внутрішнього (рециркуляційного) повітря  $t_{C1} = 27$  °С. Витрати повітря на випарнику (450 м<sup>3</sup>/год) і конденсаторі (1360 м<sup>3</sup>/год) під час цього зберігали постійними.

Для проведення розрахунку прийняли такі вихідні дані:

- адиабатичний (індикаторний) ККД компресора  $\eta_i = 0,7 \dots 0,9$  (для стандартного процесу приймали  $\eta_i = 0,8$ );

–електромеханічний ККД компресора  $\eta_{ем} = 0,75...0,95$  (для стандартного процесу приймали  $\eta_{ем} = 0,9$ ).

Отримані під час проведення аналізу результати наведено в таблиці (*курсивом* зазначені технічні характеристики кондиціонера за стандартних умов, жирно – для запропонованих адіабатичного та електромеханічного ККД компресора) та зображено графічно – на рис. 2 та 3.

**Результати розрахунку ексергетичного ККД  
split-кондиціонера “Sanyo” холодопродуктивністю 2020 Вт  
залежно від адіабатичного та електромеханічного ККД компресора**

$\eta_i$	$\eta_{ем}$	$t_0 = t_{вип}$ , °C	$t_k$ , °C	$d_{компр}$ , кДж/кг	$D_{компр}$ , %	$e_{вх} = l$ , кДж/кг	$e_{вих}$ , кДж/кг	$\eta_e$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,70	0,90	15,0	45,0	10,50	31,9	32,9	7,17	0,218
0,75	0,90	15,0	45,0	8,60	28,0	30,7	7,17	0,234
<i>0,80</i>	<i>0,90</i>	<i>15,0</i>	<i>45,0</i>	<i>6,94</i>	<i>24,1</i>	<i>28,8</i>	<i>7,17</i>	<i>0,249</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,85	0,90	15,0	45,0	5,47	20,2	27,1	7,17	0,265
0,90	0,90	15,0	45,0	4,17	16,3	25,6	7,17	0,280
0,80	0,75	15,0	45,0	12,69	36,8	34,5	7,17	0,208
0,80	0,80	15,0	45,0	10,53	32,6	32,4	7,17	0,222
0,80	0,85	15,0	45,0	8,63	28,3	30,5	7,17	0,235
<i>0,80</i>	<i>0,90</i>	<i>15,0</i>	<i>45,0</i>	<i>6,94</i>	<i>24,1</i>	<i>28,8</i>	<i>7,17</i>	<i>0,249</i>
0,80	0,95	15,0	45,0	5,43	19,9	27,2	7,17	0,263
<b>0,90</b>	<b>0,95</b>	<b>15,0</b>	<b>45,0</b>	<b>2,83</b>	<b>11,7</b>	<b>24,2</b>	<b>7,17</b>	<b>0,296</b>

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;  $d_{компр}$  – втрати ексергії у компресорі;  $D_{компр}$  – втрати ексергії у компресорі у відсотках від потоку вхідної ексергії  $e_{вх}$ ;  $e_{вх} = l$  – потік вхідної ексергії, підведеної до електродвигуна компресора;  $e_{вих}$  – потік вихідної ексергії, відведеної від випарника у вигляді ексергетичної холодопродуктивності;  $\eta_e$  – ексергетичний ККД холодильної машини кондиціонера.

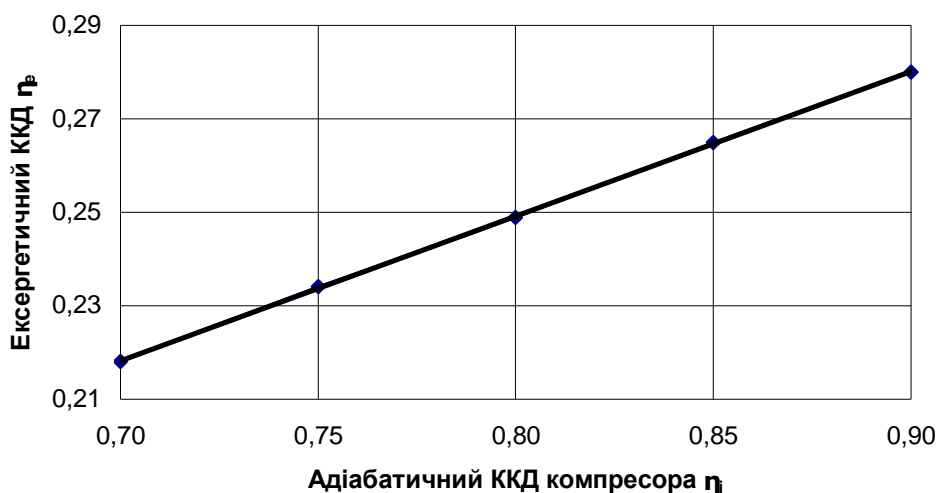


Рис. 2. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонера „Sanyo” холодопродуктивністю за стандартних температурних умов 2020 Вт від адіабатичного ККД компресора

Залежність ексергетичного ККД кондиціонера від адіабатичного ККД компресора апроксимована формулою

$$\eta_e = 0,001 + 0,31 \cdot \eta_i ; \quad (1)$$

залежність ексергетичного ККД кондиціонера від електромеханічного ККД компресора – відповідно формулою

$$\eta_e = 0,0025 + 0,274 \cdot \eta_{ем} \quad (2)$$

та загальна залежність ексергетичного ККД кондиціонера від адіабатичного та електромеханічного ККД компресора – відповідно формулою

$$\eta_e = 0,31 \cdot \eta_i + 0,2733 \cdot \eta_{ем} - 0,245 . \quad (3)$$

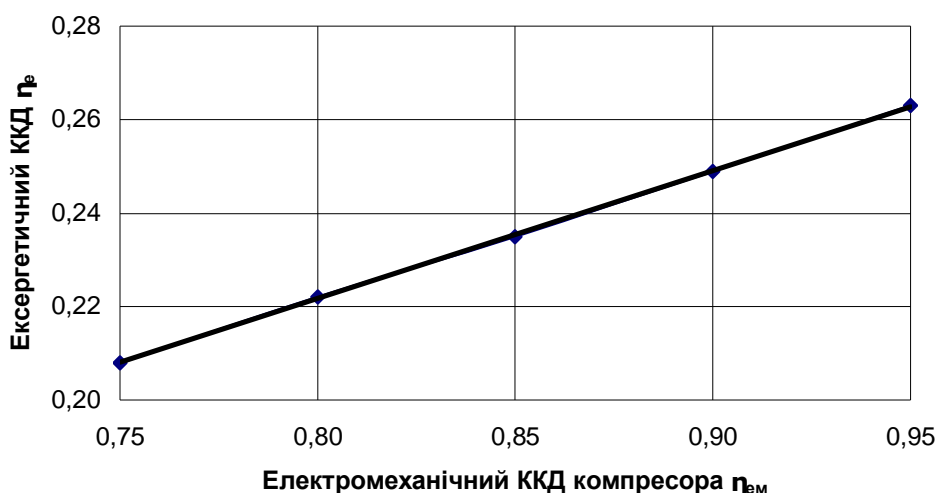


Рис. 3. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонера „Sanyo” холодопродуктивністю за стандартних температурних умов 2020 Вт від електромеханічного ККД компресора

**Висновки.** Аналізуючи отримані дані в таблиці та на рис. 2 і 3, можна дійти таких висновків. Зростання адіабатичного ККД компресора на  $(0,9 - 0,7) \cdot 100 / 0,7 = 28,6$  % призводить до зростання ексергетичного ККД кондиціонера на  $(0,280 - 0,218) \cdot 100 / 0,218 = 28,4$  %, а зростання електромеханічного ККД компресора на  $(0,95 - 0,75) \cdot 100 / 0,75 = 26,7$  % – до зростання ексергетичного ККД кондиціонера на  $(0,263 - 0,208) \cdot 100 / 0,208 = 26,4$  %. Отже, найкраще досягати найвищих значень адіабатичного та електромеханічного ККД компресора, тобто адіабатичного 0,90, а електромеханічного 0,95. Застосування запропонованих адіабатичного та електромеханічного ККД компресора замість стандартних відповідно 0,80 і 0,90 призведе до зростання ексергетичного ККД на  $(0,296 - 0,249) \cdot 100 / 0,249 = 18,9$  %, що є доволі значним. При цьому потік вхідної ексергії, підведеної до електродвигуна компресора, зменшиться на  $(28,8 - 24,2) \cdot 100 / 28,8 = 16,0$  %, потік вихідної ексергії, відведеної від випарника у вигляді ексергетичної холодопродуктивності, залишиться сталим і питомі втрати ексергії у компресорі зменшаться на  $(6,94 - 2,83) \cdot 100 / 6,94 = 59,2$  %, 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 польс.; 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. А.А. Долинского, В.М. Бродянского // 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 // Науково-технічний збірник КНУБА „Вентиляція, освітлення та теплогазо-

постачання”. – 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”. – 2006. – № 561. – 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 „Sanuo” // Вісник НУ „Львівська політехніка” „Теорія і практика будівництва”. – 2005. – № 545. – 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. Sanuo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

УДК 658.264

В.С. Латик, В.Ю. Ярослав

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КУТОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ОПРОМІНЕННЯ МІЖ ПОВЕРХНЯМИ У ПРИМІЩЕННІ

© Латик В.С., Ярослав В.Ю., 2008

**Розроблено повну систему рівнянь загального теплообміну у приміщенні для розроблення алгоритму розрахунку коефіцієнтів опромінення між поверхнями, довільно орієнтованими в просторі.**

**Full equations system of common heat exchange in a room for working out of calculation order of radiant coefficient between surfaces that are anyhow orientated in the space is design.**

**Постановка проблеми.** Енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату значною мірою залежить від правильного визначення їх теплової і холодильної потужності. Як відомо, під час теплообмінних процесів в приміщеннях беруть участь усі поверхні, повітряні струмини і внутрішнє повітря. Зокрема, під час розрахунку теплообміну між поверхнями в приміщеннях, які є різної форми і можуть довільно бути орієнтовані в просторі, їх величина істотно залежить від точності визначення кутових коефіцієнтів між теплообмінними поверхнями. Для того, щоб їх визначити, потрібно розробити повну систему рівнянь, яка дала б можливість розробити математичну модель розрахунку кутових коефіцієнтів опромінення між поверхнями.

**Аналіз останніх досліджень.** Розрахункові внутрішні умови у приміщеннях визначаються температурою внутрішнього повітря, радіаційною температурою внутрішніх поверхонь, відносною вологістю та швидкістю руху повітря. Поверхні в приміщеннях можуть мати як різну температуру, так і довільно бути розміщеними по відношенню одна до одної.

Сьогодні відомо аналітичні залежності для визначення кутових коефіцієнтів опромінення між прямокутниками, розміщеними в паралельних і перпендикулярних площинах, а також в площинах, розміщених під різним кутом з однією спільною стороною [1, 2, 3]. Отримання аналітичних виразів для визначення кутових коефіцієнтів опромінення, зокрема між плоскими чотирикутниками, довільно орієнтованими в просторі, виникають значні математичні ускладнення.