

Висновки

Запропонований підхід дозволяє здійснити контроль і аналіз інформації, що вводиться на ПК. Це є особливо важливим при багатопараметричному введенні. Розроблену програму можна використовувати при рішенні багатьох завдань на ПК, де особливо важливо забезпечити процедуру безпомилкового введення вхідних параметрів.

Надійшла 13.07.2010

УДК.621.565.83

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ
ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА**

О.О. НАЛОБІНА, В.В. ЯКИМЧУК

Луцький національний технічний університет

Стаття містить результати теоретичних досліджень, спрямованих на пошук шляхів удосконалення конструкції вентилятора, встановленого в автомобільний термоелектричний холодильник з метою збільшення тепловідводу

Побутові холодильники призначені для зберігання харчових продуктів і поділяються на компресійні, абсорбційні, термоелектричні та являють великий інтерес для дослідників. Протягом останніх двох десятиліть середньорічний приріст світового виробництва термоелектричних охолоджуючих модулів складає 15–25%. Світовий ринок термоелектричних модулів і охолоджуючих систем, можна оцінити в 1,5 млрд. доларів США в рік. Підкреслимо, що Росія зберегла домінуюче місце в світі за якістю вироблюваних термоелектричних модулів. Мабуть, головною причиною, що викликала сплеск інтересу до термоелектричного охолодження, являється екологічна чистота цього методу, на відміну від традиційного парокомпресійного методу. Цей чинник висувається на передній план завдяки усвідомленню світовою спільнотою важливості збереження довкілля.

Об'єкти та методи дослідження

Відомі конструкції як стаціонарних, так й переносних термоелектричних холодильників. Розробники термоелектричної техніки постійно прагнуть до її удосконалення. Так у роботах [1,2] автори спрямували свої дослідження на вирішення питання економії електроенергії. За рахунок змін конструкцій теплоізолюючої кришки холодильної камери [1] та шляхом інтенсифікації тепло-масообмінних процесів [2] автором вдалося зменшити енерговитрати на роботу термохолодильного агрегата майже на 50%.

Так як в основу термоелектричного охолодження покладено елементарний термоелемент, то багато праць і нових конструктивних рішень присвячено саме дослідженню та удосконаленню термобатарей. Аналіз існуючих наукових розробок підтвердив факт інтенсифікації виготовлення нових напівпровідникових матеріалів. Це веде до зменшення їхньої вартості і більш широкого промислового використання. Все це дає підставу вважати, що в найближчому майбутньому застосування термоелектричних холодильників буде розширюватись [3].

Виділимо основні напрямки за якими ведуться теоретичні та експериментальні дослідження холодильної техніки, що базується на використанні термоелектричного охолодження:

підвищення економічності;

збільшення ефективності з'йому тепла у теплообмінниках;

зменшення енергоспоживання охолоджувачів;

пошуки шляхів зменшення габаритів конструкцій;

збільшення відтоків тепла із меблів, у які вмонтовані холодильники.

Ми обрали для подальшої роботи другий напрямок. За основу було взято автомобільний холодильник із вентилятором.

Постановка завдання

Аналіз досліджень з питань термоелектричного охолодження, виявлення перспектив розвитку даного виду техніки та розробка конструкції охолоджуючого пристрою з метою збільшення з'йому тепла у теплообмінниках – такі задачі були поставлені на початку досліджень.

Метою ж даної статті є висвітлення результатів теоретичних досліджень, спрямованих на пошук шляхів удосконалення конструкції вентилятора, встановленого в автомобільному термоелектричному холодильнику.

Результати та їх обговорення

За базову конструкцію був прийнятий відомий термоелектричний холодильник, схема якого наведена на рис. 1.

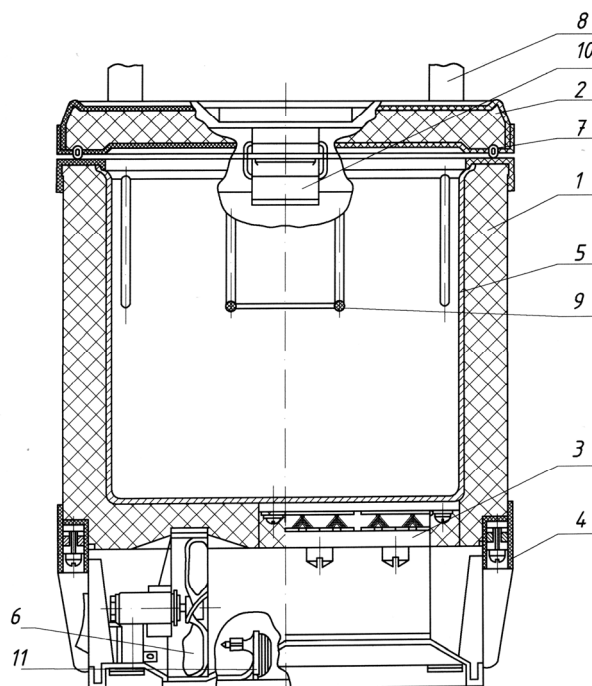


Рис. 1. Холодильник:

1– корпус, 2 – кришка, 3 – агрегат термоелектричний, 4 – основа, 5– камера, 6 – вентилятор, 7 – ущільнювач, 8– ремінь, 9 – ложемент, 10 – заціпка, 11 – вставка зі шнуром

Холодильник (рис. 1) складається з наступних основних вузлів і деталей: 1 – корпус, 2 – кришка, 3 – агрегат термоелектричний; 4 – основа, 5 – камера, 6 – вентилятор, 7 – ущільнювач, 8 – пас, 9 – ложемент, 10 – заціпка, 11 – вставка зі шнуром.

Корпус перед заливанням пінополіуретаном з'єднується з камерою і утворює єдине ціле. Корпус має місце для кріплення заціпки 10 і термоелектричного агрегату 3.

Кришка 2 складається з панелі, ущільнювача, кришки і заціпки, для покращення теплотехнічних характеристик кришку заливають пінополіуретаном.

Радіатор, в свою чергу складається з ребер і пластин, закріплених між собою трубками з наступним їх розвальцюванням. Тепло з радіатора відводиться примусовою конвекцією шляхом продуву повітря між ребрами з допомогою вентилятора.

З метою покращення тепловідводу нами запропоновано зміни у конструкції вентилятора, а саме конфігурації його лопатей.

Для вибраного вентилятора вибираємо електродвигун марки ДП 25-1,6-3-12-1М3681-Р09.

Стандартні вентилятори мають конфігурацію лопатей наведену на рис. 2. З метою збільшення поверхні контакту лопатей вентилятора з повітрям, тобто з метою підвищення ефективності тепло відводу замінимо конструкцію лопатей вентилятора (рис. 3).

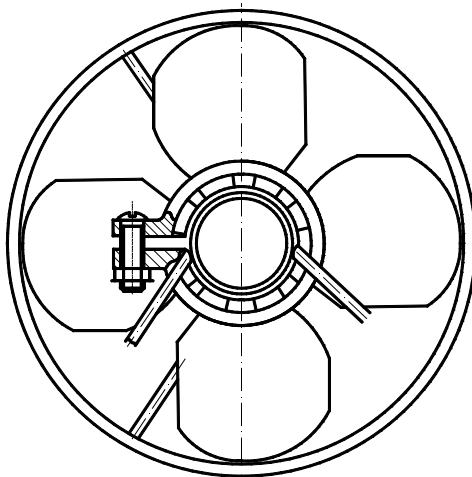


Рис. 2. Схема осьового вентилятора

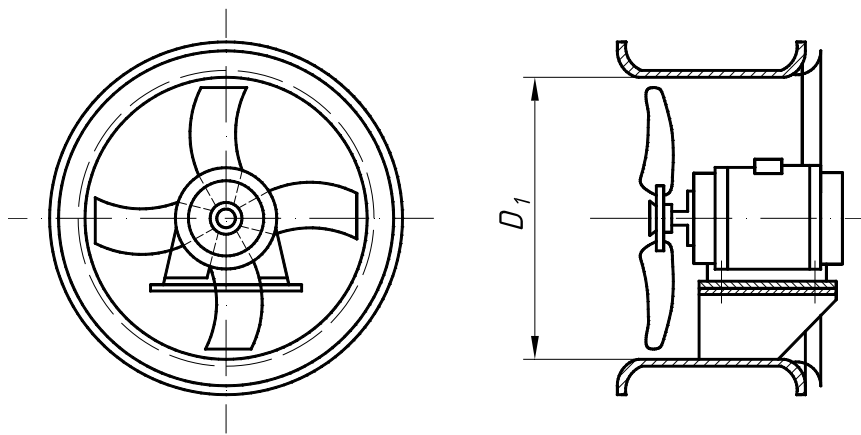


Рис. 3. Схема нової конструкції вентилятора

Слід зауважити, що перехід від стандартної конфігурації лопатей вентилятора до запропонованої, нами здійснювався поступово за допомогою ЕОМ. Перехідні конфігурації всіх розглянутих лопатей, а також швидкості точок набігання та спадання у статті не наводяться. Наведено детальний опис побудови планів швидкостей лише для варіанту, який розглядався нами.

Виразимо теоретичний напір H_T залежно від витрати повітря $V \frac{i^3}{\tilde{n}}$, від розміру лопатей та їхньої форми.

Для подальшого дослідження нам необхідно визначити швидкості деяких точок лопатей. (рис. 4. а, б).

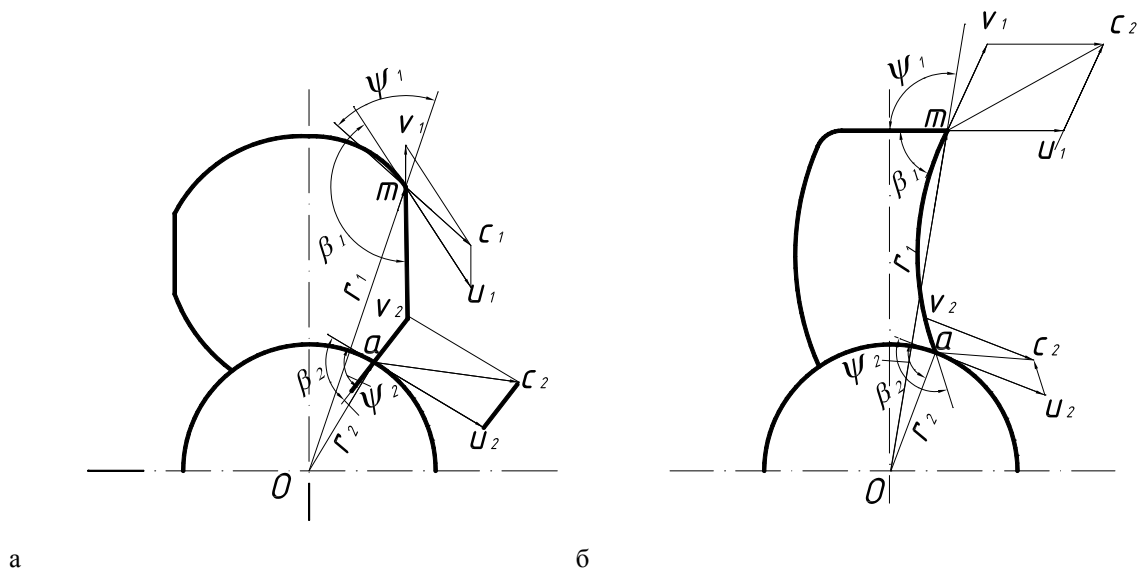


Рис. 4. Кінематичні характеристики лопатей

На цьому рисунку зображені лопаті: *a* – стандартного вентилятора; *б* – лопать вентилятора, який пропонується встановити у термоелектричний холодильник.

Нехай *m* – точка, яка належить набігаючій стороні лопаті вентилятора. Можна з іншого боку рахувати, що це частинка повітря, яку переміщує вентилятор. Ця частинка рухається з деякою абсолютною швидкістю *c*. На рис. 4 позначені вектори абсолютних швидкостей *c*₁ і *c*₂; *c*₁ – швидкість частинки повітря, яка переміщується верхньою точкою вентилятора; *c*₂ – основою лопаті. Точка *m* знаходиться на відстані *r*₁ від центра вентилятора *O*.

Напрямок абсолютної швидкості \tilde{n}_1 буде визначатися кутом ψ_1 між вектором швидкості \vec{c}_1 і радіусом r_1 . Кількість руху маси повітря m' , яка переміщується за 1 секунду часу повз точку *m*, визначиться величиною $m'c_1$. Визначимо момент кількості руху $M = m'c_1 r_1 \sin \gamma$

Розкладемо вектор швидкості *c*₁ на дві складові: тангенціальну *c*^т, лінія дії якої перпендикулярну до радіуса *r*₁ та радіальну *c*^р; тоді: $c^t = c_1 \sin \gamma$, звідки випливає:

$$M_1 = m'rc^r,$$

де $m' = \frac{V_\gamma}{g}$ – подача повітря за секунду.

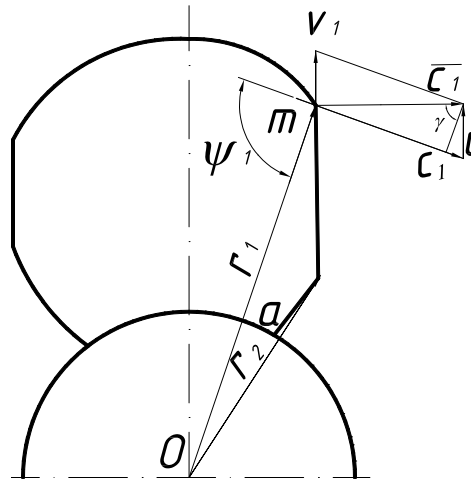


Рис. 5. До розрахунку крильчатки

Для точки виходу (т.а.) момент можна виразити аналогічно:

$$M_2 = m'r_2c_2^r$$

Різниця $\Delta M = M_2 - M_1 = m'(r_2c_2^r - r_1c_1^r)$ – це зміна кількості руху маси повітря m' поки воно проходить через лопаті вентилятора.

Позначимо колову швидкість точки m лопаті через $u = \omega r$ ($u_1 = \omega r_1$; $u_2 = \omega r_2$).

Для подальшого розрахунку необхідно визначити швидкості точок крильчатки.

Провівши кінематичний аналіз за допомогою графічного методу, відомого з курсу «ТММ», визначено швидкості точок крильчатки.

Визначення теоретичного напору, який створюється вентилятором.

Секундна подача повітря:

$$m' = \frac{\gamma}{g} = \frac{1,2}{9,8} = 0,122$$

Енергія, яку набуває при цьому повітря:

$$E = \omega \Delta M = m'(u_2c_2^r - u_1c_1^r) = 0,122(3 \cdot 5,47 - 2,55 \cdot 3,4) = 3,31 \text{ Дж}$$

Теоретичний напір, який створюється вентилятором:

$$H_T = \frac{E}{V} = \frac{\gamma}{g}(u_2c_2^r - u_1c_1^r); \tag{1}$$

де E – енергія повітря, Дж; $\gamma = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – статичний тиск, $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – прискорення вільного падіння,

$u_1 = \omega \cdot r_1$, $u_2 = \omega \cdot r_2$ – колові швидкості лопатей,

базовий вентилятор:

$$H_r^{(a)} = \frac{E}{V} = \frac{\gamma}{g} (u_2 c_2^r - u_1 c_1^r) = \frac{1,2}{9,8} (3 \cdot 5,04 - 3 \cdot 2,42) = 0,96 \text{ м/с}^3 \quad (2)$$

проектна модель:

$$H_r^{(r)} = \frac{E}{V} = \frac{\gamma}{g} (u_2 c_2^r - u_1 c_1^r) = \frac{1,2}{9,8} (6,9 \cdot 5,47 - 6,9 \cdot 3,4) = 1,75 \text{ м/с}^3 \quad (3)$$

Слід зауважити, що величини швидкості c^r знаходимо розглядаючи заміняючий механізм лопасті (рис. 4 а).

Тангенціальна складова швидкості c визначиться:

$c^r = u - c_r \cdot \text{tg } \gamma$, але витрата $V = 2\pi \cdot r \cdot b \cdot c_r$, де b – ширина вентилятора.

Звідки радіальну складову можна визначити: $c_r = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot b}$.

Помножимо на u і підставивши в попередній вираз отримаємо:

$$u c^r = u^2 - \frac{uV}{2\pi r b} \text{tg } \gamma = \omega^2 r^2 - \frac{\omega V}{2\pi b} \text{tg } \gamma.$$

Для входу цей вираз буде:

$$u_1 c_1^r = \omega^2 r_1^2 - \frac{\omega V}{2\pi b} \text{tg } \gamma_1.$$

Для виходу :

$$u_2 c_2^r = \omega^2 r_2^2 - \frac{\omega V}{2\pi b} \text{tg } \gamma_2.$$

Якщо проведемо перетворення (віднімемо від 2-го виразу 1-ий і підставимо в вираз для визначення H_r).

$$H_r = \frac{\gamma}{g} \left[\frac{\pi^2 n^2}{30^2} (r_2^2 - r_1^2) - \frac{nV}{30rb} (\text{tg } \gamma_2 - \text{tg } \gamma_1) \right] \quad (4)$$

Розділимо на n^2 :

$$\frac{H_r}{n^2} = \frac{\gamma}{2g} \left[\frac{2\pi}{30^2} (r_2^2 - r_1^2) - \frac{1}{30b} \cdot \frac{V}{n} (\text{tg } \gamma_2 - \text{tg } \gamma_1) \right]$$

Вводимо заміни:

$$\begin{cases} \frac{2\pi}{30^2} (r_2^2 - r_1^2) = A \\ \frac{\text{tg } \gamma_2 - \text{tg } \gamma_1}{30b} = B \end{cases},$$

де А і В – величини, які визначаються розмірами вентилятора: γ_1 , γ_2 , r_1 , r_2 , b .

Таким чином, для вентилятора А і В є величинами визначеними, а відношення $\frac{H_T}{n^2}$ буде залежати лише від змінної $\frac{V}{n}$, тобто:

$$\frac{H_T}{n^2} = \frac{\gamma}{2g} \left[A - B \frac{V}{n} \right].$$

Графічно залежність $\frac{H_T}{n^2}$ від $\frac{V}{n}$ буде являти собою пряму лінію, нахил якої до осі абсцис визначиться величиною та знаком B (значення B визначиться різницею $tg\gamma_2 - tg\gamma_1$).

Для нової форми лопатей $\gamma_1 > \gamma_2$ (лінія 2) на графіку (рис. 6). Бачимо, що теоретичний напір зростає зі зростанням витрат повітря, а це веде до більш швидкого охолодження.

Величина	Варіанти	
	Базовий	Проектний
$\frac{H_T}{n^2}$	$\frac{0,26}{716,5} = 1,3 \cdot 10^{-3}$	$\frac{1,75}{716,5} = 2,4 \cdot 10^{-3}$

Пряма має нахил до осі абсцис, тобто для такої форми лопатки характерною буде велика затрата повітря при меншому тиску.

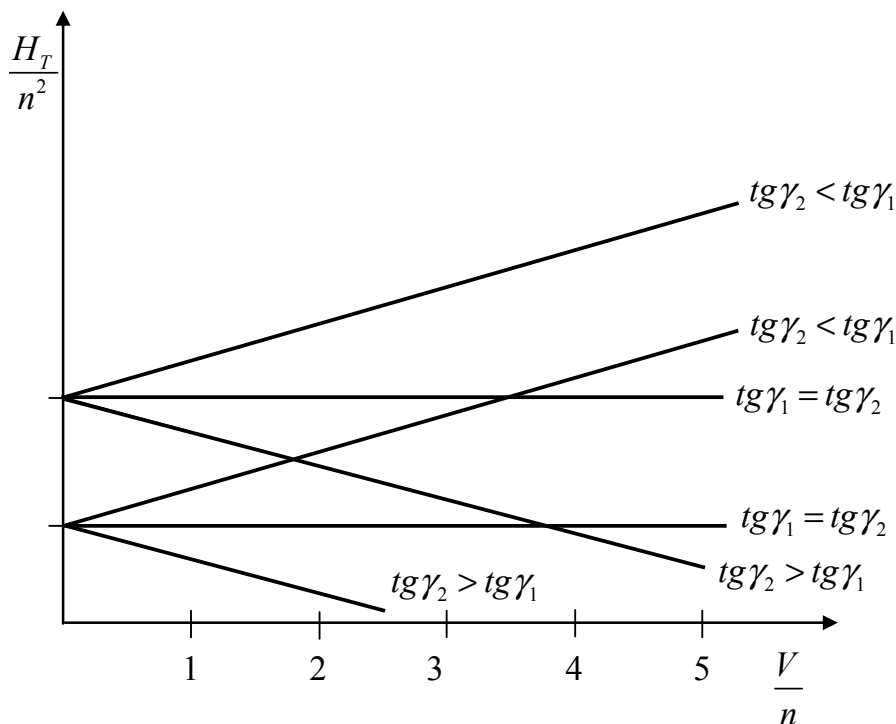


Рис. 6. Графічна залежність $\frac{H_T}{n^2}$ від $\frac{V}{n}$

Висновки

Запропонована конфігурація лопаті вентилятора є кращою в порівнянні з базовим варіантом і: забезпечує теоретичний напір повітря на 46 %; від форми за базовим варіантом вимагається велика витрата повітря для забезпечення росту тиску, що важко забезпечити в замкненому просторі холодильника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 29611 А Україна, МПК F 25 В 21/02. Малогабаритний термоелектричний холодильник / Кисельов Ю.Ф., Майко В.І., Осташкін В.Б., Рохлін О.М., Скорко О.Г.; заявник і патентовласник Чернівецький ВАТ “Кварц”. – № u 200712489; заявка 12.11.07; опубл.11.03.08, Бюл. № 5.
2. Пат. 94023901 А1 Россия, МПК F25 Д 11. Термоэлектрический холодильник // Говор Ю.И., Говор И.Н.; заявл. 24.06.1994, опубл. 10.07.1996.
3. Булат Л. П., Логвинов Г. Н. Твердотельные структуры с неоднородностями субмикронных и наноразмеров как материалы для охладителей нового поколения // Прикладная физика. 2005. № 2. с. 30-37.
4. Venkatasubramantan R., Silvota E., Colpitis T. and O'Quinn B. Thin-film thermoelectric devices with high room-temperature figures of merit // Nature. 2001.Vol. 413. P. 597.
5. Tavkheldze A., Skhiladze G., Bibilashvili A. et al. Electron Tunneling Through Large Area Vacuum Gap — Preliminary Results // Proc. XXI International Conf. on Thermoelectrics. August 26-29. 2002. IEEE. P. 435.
6. Tavkheldze A. et al. Patent No. US 6,720,704 B1, Apr. 13. 2004.
7. Ghoshal U., Ghoshal S., McDowell C. and Shi L. Enhanced thermoelectric cooling at cold junction interfaces // Appl. Phys. Letters. 2002. Vol. 80. № 16. P. 3006.
8. Ghoshal U. Design and Characterization of Cold Point Thermoelectric Coolers // Proc. XXI International Conf. on Thermoelectrics. August 26-29. 2002. IEEE. P. 540.

Надійшла 06.09.2010