

5. Б р о д я н с к и й В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. - М.: Энергия, 1973, 296 с.
6. О с и п о в Э.В. Твердотельная криогеника. - Киев: Наукова думка, 1977, 234 с.
7. В о р о н и н Г.И. Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования. - М.: Машиностроение, 1978, 540 с.

УДК 621.578; 621.572

А.И.Азаров, В.А.Калюжный

СОПОСТАВЛЕНИЕ ВИХРЕВЫХ, ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ХОЛОДА МЕТОДОМ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Сочетание ВТ и полупроводниковой термобатареи позволяет создавать комбинированные устройства с существенно новыми эксплуатационными возможностями и свойствами [1]. Однако для обоснованного сравнения комбинированного генератора холода с вихревым и термоэлектрическим вариантами и выбора предпочтительного необходимо провести их сравнительную оценку.

Цель настоящей работы состояла в сопоставлении двух конкурирующих образцов - комбинированного и термоэлектрического, которые в дальнейшем мы будем называть "первый образец" и "второй образец" соответственно.

В каждом из исследуемых образцов были использованы по четыре однотипных термоэлектрических модуля, содержащих по 12 термопар, ветви которых имеют диаметр $6 \cdot 10^{-3}$ м и высоту $2 \cdot 10^{-3}$ м. Параметр термоэлектрической добротности модулей $Z = 2 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Охлаждение горячих спаев термобатареи осуществлялось проточной водой с начальной температурой 293К, расход воды составлял $1,1 \cdot 10^{-2}$ кг/с.

Особенность конструкции нового образца состоит в том, что внутреннее обребрение камеры энергетического разделения, представляющей собой заглушенный горячий конец ВТ [2], образовано пакетом плоских медных диафрагм толщиной $1,4 \cdot 10^{-4}$ м.

В устройстве использована маломасштабная ВТ ($\varnothing = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $\bar{F}_c = 0,104$, $\bar{d}_g = 0,64$).

Термоэлектрическая батарея своими холодными спаями состыкована с наружной поверхностью камеры энергетического разделения.

Второй образец представлял собой термоэлектрический воздухоохладитель; оребрение холодных спаев которого выполнено из медной фольги толщиной $3,5 \cdot 10^{-4}$ м, шаг оребрения $7 \cdot 10^{-4}$ м, коэффициент оребрения холодных спаев 15.

Сравнение образцов и выбор предпочтительного осуществлялось по сопоставлению величин их комплексных характеристик [3]. В качестве комплексной характеристики K образца принималось отношение величины результата, получаемого устройством в течение года P , к приведенным годовым затратам Z :

$$K = P/Z. \quad (1)$$

$$\text{Здесь } P = Q_e A \beta. \quad (2)$$

$$Q_e = \frac{T_c - T_x}{T_x} C_p G_c (T_c - T_x), \quad (3)$$

$$Z = И \varphi(t) + W A \beta C_3, \quad (4)$$

где Q_e - эксергетическая холодопроизводительность воздухоохладителя; A - годовой фонд времени, $A = 8760$ ч; β - коэффициент рабочего времени; T_c, T_x - температура воздуха до и после воздухоохладителя, К; $И$ - стоимость промышленного изготовления воздухоохладителя, р; t - срок службы воздухоохладителя, лет; W - часовые энергозатраты на питание термобатареи W_T и привод нагнетателя W_H , подающего охлаждаемый воздух, кВт.ч; C_3 - стоимость электроэнергии, $C_3 = 0,0145$ р/кВт.ч; $\varphi(t)$ - функция приведения первоначальных затрат к последнему году службы воздухоохладителя.

Функция приведения $\varphi(t)$ вычисляется по известному [3] соотношению

$$\varphi(t) = \frac{E_H (1 + E_H)^{t-1}}{(1 + E_H)^t - 1}, \quad (5)$$

где $E_H = 0,2$ - нормативный коэффициент эффективности.

Было принято, что для второго образца $W_H = 0$, а часовые

энергзатраты первого образца определялись как эксергия потока сжатого воздуха, подаваемого в ВТ:

$$W_H = [i_c - i_{oc} - T_{oc}(S_c - S_{oc})] G_c, \quad (6)$$

где T_{oc} - температура окружающей среды, $T_{oc} = T_c = 293\text{K}$; i_c , S_c - удельные энтальпия и энтропия сжатого воздуха; i_{oc} , S_{oc} - удельные энтальпия и энтропия воздуха в условиях окружающей среды. Подстановкой (2)-(6) в выражение (1) получим

$$K = \frac{\eta_{ex}}{C_3} \frac{1}{F+1}, \quad (7)$$

где η_{ex} - эксергетический к.п.д. воздухоохладителя; $F = \frac{W \varphi(t)}{W A B C_3}$ - комплексная технико-экономическая характеристика, учитывающая долговечность (t), технологичность (W), экономичность (A) и интенсивность эксплуатации (B) генератора холода.

Из выражения (7) видно, что величина K учитывает не только термодинамическое совершенство изделия (η_{ex}), но также и комплекс его технико-экономических характеристик (F), т.е. охватывает всю совокупность его существенных характеристик и поэтому может быть названа интегральным показателем качества.

Сопоставление воздухоохладителей проводилось путем сравнения величин K_1 и K_2 (подстрочные индексы относятся к первому и второму образцам соответственно) либо определения величины их отношения:

$$\bar{K} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{(\eta_{ex})_1 \frac{F_2+1}{F_1+1}}{(\eta_{ex})_2}. \quad (8)$$

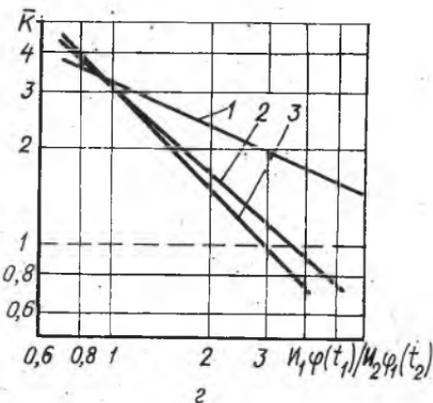
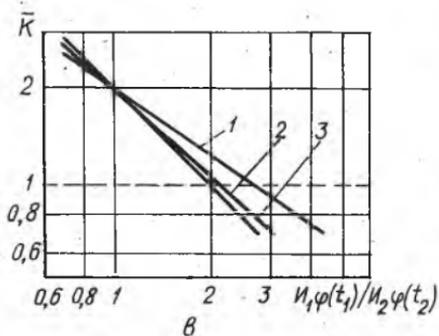
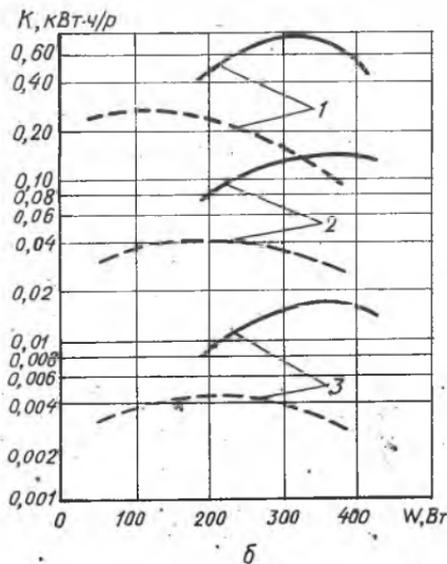
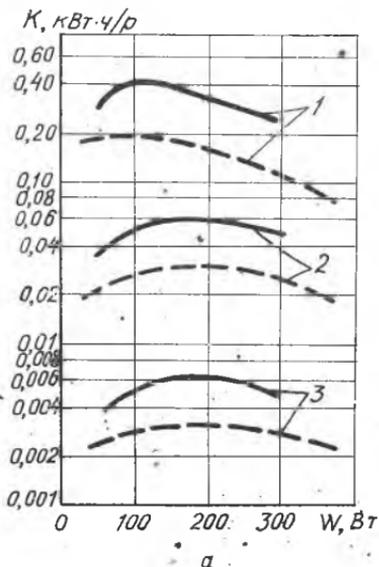
В этом случае при $\bar{K} > 1$ предпочтителен комбинированный, а при $\bar{K} < 1$ - термоэлектрический воздухоохладитель.

Как видно из рис. 1, комбинированный воздухоохладитель в широком диапазоне значений W имеет преимущество и по эксергетической холодопроизводительности, и по интегральному показателю качества.

На основе рассмотренной выше методики (см. также [4]) произведено сопоставление интегральных показателей качества некоторых тепловозных холодильников.

Анализ результатов при этом показал, что

а) из-за низкой стоимости изготовления, большой долговечности



Р и с. 1. Зависимость абсолютного и относительного интегрального показателя качества от отдельных эксплуатационных и технологических факторов при расходе сжатого воздуха 2 кг/ч (а, в) и 5 кг/ч (б, г): — образец № 1; --- образец № 2

и малой температурной инерционности вихревые холодильники имеют наиболее высокий интегральный показатель;

б) это преимущество возрастает с ростом "рабочего" уровня температуры окружающего воздуха;

в) затраты на изготовление термоэлектрического холодильника в десятки раз выше, чем вихревого, что снижает интегральный показатель;

г) создание транспортного холодильника на основе совокупного использования эффектов Пельтье и Ранка следует считать одной из актуальных перспективных задач;

д) в тех случаях, когда применение вихревого холодильника затруднено ограниченностью ресурса пневмосистемы транспортного объекта, предпочтительными становятся холодильники, основанные на комбинированном использовании термоэлектрического и вихревого охлаждения.

Л и т е р а т у р а

1. А зар о в А.И., К а л ю ж н ы й В.А. С и м о н е н - к о Ю.М. Совершенствование процессов, машин и аппаратов холодильной и криогенной техники и кондиционирования воздуха. Секция IV. - Тезисы докладов Всесоюзной конференции по холоду. - Ташкент: ТПИ, 1977.
2. А зар о в А.И. Вихревая труба. А.с. № 456118. Бюллетень № I, 1975.
3. А зар о в А.И. Вихревой эффект и его применение в технике. - Материалы II Всесоюзной научно-технической конференции. - Куйбышев: КуАИ, 1976. -
4. А зар о в А.И. Холодильная техника и технология. - Киев: Техника, вып. 23, 1974.