

В.П. Алексеев, А.И. Азаров

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ВИХРЕВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

Развитие транспорта привело к возникновению комплекса новых научно-технических задач, важнейшая среди которых - повышение уровня комфорта на транспортном объекте. Наряду с кондиционером-воздухоохладителем, обязательным элементом оборудования кабины локомотива, автомобиля, самолета гражданской авиации становится холодильник для охлаждения напитков и кратковременного хранения продуктов, используемых пассажирами или персоналом.

В связи с выходом на международный рынок тепловозов, автомобилей и самолетов отечественного производства задача обеспечения транспорта холодильниками стала еще более актуальной, так как изделия и разработки ряда зарубежных фирм уже более 10 лет пользуются растущим спросом.

Задача настоящей работы состоит в обосновании метода выбора предпочтительного транспортного холодильника по величине его интегрального или комплексных показателей качества [1]. Описываемый метод не требует привлечения так называемых "экспертных оценок" и позволяет объективно и однозначно измерить совокупность характеристик, определяющих функциональность, технологичность, экономичность, долговечность конструкции и путем сопоставления оценок однозначно определять для заданных условий наиболее эффективный холодильник, либо при разработке новой модели выбрать из предполагаемых научно-технических средств наиболее перспективные для рассматриваемой области.

Для определения величины интегрального показателя качества необходимо сопоставить полученный от холодильника результат с затратами на его разработку, изготовление, эксплуатацию и ремонт. Пусть срок службы холодильника t лет, безразмерная величина получаемого ежегодно от холодильника результата K_t , величина ежегодных эксплуатационных затрат \mathcal{E} , и затраты на момент выпуска холодильника составляют I_0 . Для сопоставления все затраты и результаты необходимо привести к единому моменту времени, напри-

мер, к концу последнего года службы. В этом случае по формуле сложных процентов к концу t -того года

$$И = И_0 (1 + E_H)^t; \quad (1)$$

$$\mathcal{Z} = \mathcal{Z}_1 (1 + E_H)^t + \mathcal{Z}_2 (1 + E_H)^{t-1} + \dots + \mathcal{Z}_t (1 + E_H)^0; \quad (2)$$

$$K = K_1 (1 + E_H)^t + K_2 (1 + E_H)^{t-1} + \dots + K_t (1 + E_H)^0, \quad (3)$$

где E_H - нормативный коэффициент экономической эффективности;

$И, \mathcal{Z}$ - приведенные к единому времени суммарные затраты на изготовление и эксплуатацию к концу срока службы;

K - приведенный к концу срока службы суммарный результат в безразмерном выражении (через комплексный показатель K_c).

Разделим выражение (3) на сумму затрат (1) и (2) и после преобразования получим интегральный показатель K_c :

$$K_c = \frac{K_c}{И_0 - \varphi(t) + \mathcal{Z}_1} \quad (4)$$

где $\varphi(t) = \frac{E_H (1 + E_H)^{t+1}}{(1 + E_H)^{t+1} - 1}$ - функция приведения, равная при $E_H = 0,12$

и целых значениях t от 1 до 10, соответственно 1,000; 0,528; 0,372; 0,294; 0,248; 0,216; 0,180; 0,168; 0,158.

Как видно из выражения (4), величина K_c является функцией технологичности ($И_0$), долговечности (t), экономичности работы (\mathcal{Z}_1) и пропорциональная величине годового результата (K_c).

Сопоставление освоенных отечественной промышленностью портативных холодильников, имеющих различные типы генераторов холода показывает, что вихревые холодильники [2] имеют более высокое температурно-динамическое качество, чем холодильники абсорбционно-диффузионные [3] и термоэлектрические, причем это преимущество возрастает с ростом температуры окружающего воздуха, при которой эксплуатируется холодильник.

Однако, комплексный показатель K_c неполно характеризует величину результата, получаемого в течение года, так как не учитывает паузы в эксплуатации, вызванные отсутствием потребности в холодильнике и необходимость ремонта или замены его. В случае, когда известны годовое число рейсов N_p , при которых должен использоваться холодильник, среднегодовое число ремонтов холодильника $n_{рем}$ и средневзвешенная потеря рабочего времени холодильника $t_{рем}$ связанная

о одним ремонтом, комплексный показатель, всесторонне характеризующий результат, полученный в течение года от использования холодильника может быть вычислен из выражения

$$K_1 = (K_T)_{ос} \frac{t_p N_p}{A} \left(1 - \frac{t_{рем} n}{t_p N_p}\right), \quad (5)$$

где

$(K_T)_{ос}$ - обобщенное (например, среднепланметрическое) значение показателя K_T в диапазоне рабочих температур от $(T_{ос})_{min}$ до $(T_{ос})_{max}$,

$A = (24 \cdot 365)_ч$ - годовой фонд времени.

Таким образом, показатель годового результата определяется не только температурно-динамическим качеством K_T , но и характеристиками надежности, так как годовое число ремонтов n обратно пропорционально наработке $t_{нар}$ на отказ

$$n \approx \frac{t_{рем}}{t_{нар}} N_p. \quad (6)$$

Подставив выражение (6) в (5), получим зависимость

$$K_1 = (K_T)_{ос} \frac{t_p N_p}{A} \left(1 - \frac{t_{рем}}{t_{нар}}\right), \quad (7)$$

где последний множитель в правой части отражает уменьшение годового результата из-за отказов и ремонтов. В него входят два показателя, характеризующих влияние надежности и ремонтпригодности на полную целевую отдачу.

Если принять, что потеря времени $t_{рем}$ на ремонт тем больше, чем сложнее генератор холода, то, например, относительно сложным компрессионным холодильникам при высокой температуре окружающего воздуха должно соответствовать меньшее значение множителя $\left(1 - \frac{t_{рем}}{t_{нар}}\right)$, чем у конструктивно простых холодильников, например, вихревых.

Подставляя выражение (7) в (4), получим

$$K_{\Sigma} = \frac{(K_T)_{ос} \frac{t_p N_p}{A} \left(1 - \frac{t_{рем}}{t_{нар}}\right)}{I_0 \psi(t) + \mathcal{E}}, \quad (8)$$

Как видно из полученного выражения, величина K_{Σ} является функцией всех существенных характеристик холодильника. Сопоставление разнотипных, но предназначенных для одинаковых условий эксплуатации холодильников одинаковой ёмкости может быть произведено не только на стадии уже освоенного производства и применения изделия, но и - при известных упрощениях - на стадии исследования и разработки. В последнем случае для суждения о величинах $t_{рем}$

$t_{нар}$, t (а на "предэскизной" стадии - и о M_0 и \mathcal{E}_1)
должны привлекаться литературные данные о рассматриваемых типах
холодильников.

Интегральный показатель K_{Σ} позволяет выявить влияние характера (оснащенности) производства холодильников на соотношение результата и затрат, а также влияние других факторов.

Например, сопоставим интегральное качество тепловозных вихревых холодильников ТЕХ-14 (таблица), изготовляемых промышленным способом $M_0 = 17,5$ руб - (а) и индивидуально $M_0 = 63,6$ руб - (б) при $t = 10$ лет, коэффициент рабочего времени в рейсе $\delta = 0,7$ и длительности рейса $t_p = 8,3$ ч.

В ы в о д ы

Предложенный метод позволяет однозначно выделять предпочтительные для заданных условий решения и, в частности, позволяет с большей очевидностью показать преимущество вихревых холодильников перед холодильниками других типов в транспортных условиях.

Л и т е р а т у р а

1. А з г а л ь д о в Г.Г., Р а й х м а н Э.П. О квалиметрии. М., Изд. стандартов, 1973.
2. А з а р о в А.И., Ц ы к у н о в Ю.И., Л а д ы ж е н с к и й В.Г. Исследование вихревых тепловозных холодильников. В сб. "Холодильная техника и технология". Киев, "Техніка", вып.21, 1975.
3. А з а р о в А.И., А н с и м о в А.В. Исследование абсорбционно-диффузионного холодильника в транспортных условиях. В сб. "Холодильная техника и технология", вып.20, Киев, "Техніка", 1975.

Т а б л и ц а

Интегральное качество тепловозных вихревых холодильников

Показатель	Обозначение разности		Температура окружающего воздуха t_{oc}, K		
	! 298 !	! 309 !	! 313 !	! 318 !	
Комплексный показатель температурно-динамического качества при данном температурном уровне	K_T	0,89	0,79	0,70	0,63
Обобщенный среднелогарифмический показатель температурно-динамического качества для данной температурной зоны	$(K_T)_{об}$	0,84			0,665
Комплексный показатель результата, полученного за год эксплуатации при $\frac{t_p N_p}{\rho} = 0,32$ и $n = 0$	K_1	0,269			0,212
Мощность потока эксергии на входе в холодильник	$E_{ex} = E_{ex.в}, Вт$	370			450
Дополнительная мощность, отбираемая на привод компрессора при к.п.д. 0,7	$\Delta N_k, Вт$	518			643
Дополнительная затрата дизельного топлива (при удельном расходе 0,24 кг/кВт*ч)	$G_T, кг/год$	349			432
Эксплуатационные затраты при стоимости топлива $c = 0,03 руб/кг$ и $\Delta_1 = 1,02 (сб_г)$	$\Delta_1, руб/год$	10,7			13,2
Приведенные затраты на изготовление при $\gamma(t) = 0,158$	$N_{ог}(t), руб$	(а)	2,66		
		(б)	10,05		
Интегральный показатель качества	$K_x, I/руб$	(а)	0,0201		
		(б)	0,0129		