

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРИДНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА С ДРУГИМИ ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ

Шанин Ю.И.*, Шанин О.И.

ФГУП «НИИ НПО «Луч», Железнодорожная, 24, Подольск, Мо, Россия, 142100

*Fax: 7+10+(4967)634582 E-mail: syi@luch.podolsk.ru

Введение

Разработка гидридных технологий остается перспективной областью исследований. Применение водорода как универсального и экологически чистого горючего на транспорте становится оправданным по мере истощения запасов органических энергоносителей. Хранение на борту автомобиля водорода с помощью гидридного аккумулятора является до сих пор конкурентоспособным по отношению к другим технологиям.

Использование тепловых эффектов сорбции водорода открыло новую область применения водородных технологий - разработку гидридных тепловых машин (в основном гидридных тепловых насосов – ГТН). В мире накоплен богатый опыт разработки как лабораторных, так и промышленных образцов ГТН. Технологически элементы ГТН достаточно отработаны и в пору задаться вопросом: могут ли быть ГТН конкурентоспособными по сравнению с тепловыми насосами (ТН), работающими на других эффектах?

Тепловые машины характеризуются КПД (технический аспект) и экономичностью (внедренческий аспект). Потребителю нужны эффективные, дешевые и простые в обслуживании тепловые насосы.

Цель настоящей работы – по известной методологии сравнить ГТН с базовыми тепловыми насосами.

Методология

За основу сравнения была взята методология, изложенная в [1]. В качестве базовой системы для сравнения ТН выбраны обычные пароконденционные системы с электрическим или двигательным приводом, использующиеся в жилом и коммерческом унитарном оборудовании. Метод построен на оценке эффективности (КПД) тепловых машин для каждой технологии при однородном наборе эксплуатационных режимов и применении некоторых экономических предположений для определения «экономической жизнеспособности».

В качестве характеристики эффективности ТН принят COP: *отношение полезного тепла*

(холода) к затраченной работе. COP ТН оценивался теоретически для принятых эксплуатационных режимов, в которые закладываются сезонные изменения температуры для исследуемой территории. В анализе предполагалось, что газовые тепловые насосы обеспечивают тепло из трех источников: а) наружный источник тепла, б) возвращенные отходы тепла и в) газовая горелка с 80%-ой эффективностью.

Экономическое сравнение не являлось прямым сравнением стоимости альтернативной технологии и базовой системы, а показывало выигрыш (или проигрыш) установочной стоимости системы при одной и той же стоимости жизненного цикла сравниваемых систем (рассчитанной на единицу холодильной мощности). При анализе также принят ряд других упрощающих предположений.

Результаты и обсуждение

В качестве базовых вариантов выбраны два ТН: 1) электрически приводимый ТН; 2) ТН с использованием газа (газовый котел или газовая печь с эффективностью 80% для нагрева и электрический кондиционер (вар. 1) для охлаждения).

Электрически приводимый ТН хорошо известен – это домашний холодильник с обратным циклом. Реверсивный цикл Ренкина известен с 1830 г., но широко используется в ТН, начиная с 1950-х годов. В таком ТН используются: компрессор, конденсатор, расширительный клапан и испаритель; хладоноситель – R-22.

Несмотря на то, что имеются сравнительные данные для многих альтернативных теплонасосных технологий, рассмотрим только ГТН по отношению к базовым ТН. Среди ГТН рассмотрены два случая: 1) ГТН, приводимый в действие компрессором [2]; 2) ГТН, приводимый в действие потоками теплоносителя [3].

В первом случае [2] компрессор расположен в водородной линии, соединяющей реакторы-сорберы, заполненные одним и тем же металлогидридным компактом на основе $LaNi_5$. Линия всасывания водородного

компрессора связана с полностью заряженным водородом реактором, заполненным пористым металлгидридным "компактом". Линия нагнетания связана со вторым разряжающимся реактором. Охладитель, водород, десорбируется из адсорбента LaNi_5 при низком давлении и температуре на стороне всасывания и адсорбируется на LaNi_5 на стороне высокого давления. Трех- четырехпозиционный клапан используется в цикле для организации потока водорода между реакторами. Таким образом, водород принудительно перекачивается в цикле компрессором.

Во втором случае [3] ГТН работает на том же принципе, что и в предыдущем случае, но перекачка водорода осуществляется путем подключения реакторов-сорберов к источникам теплоты с различной температурой. В качестве высокотемпературного гидрида использован LaNi_5 , низкотемпературного гидрида- $\text{MmNi}_{4.15}\text{Fe}_{0.85}$.

Результаты сравнения термодинамической эффективности ТН приведены в таблице 1.

Следует отметить, что имеющиеся на сегодня ГТН в большинстве случаев коммерчески недоступны и не имеют существенной доли на рынке, а имеются лишь в текущей НИИ и ОКР деятельности.

Видно, что управляемые компрессором металлгидридные тепловые насосы могут быть в состоянии достигнуть COP, сопоставимые с обратимым циклом Ренкина ТН (при этом: холодильный COP ниже на 10%,

COP нагрева составляет приблизительно 70% от COP для электрического базового ТН), но они, вероятно, будут иметь намного более высокие затраты жизненного цикла из-за высокой стоимости материалов и периферийного оборудования (сокращение стоимости больше чем 230 \$/кВт необходимо для этой технологии, чтобы конкурировать с базовым ТН).

Выводы

При современном состоянии ГТН неконкурентоспособны с базовыми ТН. Необходимо повышать COP и снижать затраты на производство и обслуживание.

Литература

1. Fisher S., Labinov S. Not-In-Kind Technologies for Residential and Commercial Unitary Equipment. Oak Ridge National Laboratory. ORNL/CON-477. 2000. p.206.
2. Kim K.J., Feldman K.T., Lloyd Jr.G., and Razani A. "Compressor Driven Metal Hydride Heat Pumps," *Applied Thermal Engineering*, 1997; 17(6): 551-560.
3. Astakhov B.A., Afanasyev V.A., Bokalo S.Yu. et al. Development of small-sized refrigerating installations based on metal hydride heat pump.- 6th NATO Int.Conf. "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides", ICHMS'99. Abstracts Book of NATO Int. Conf. Katsiveli, Yalta, Ukraine, September 02-08, 1999, p.306-307 (in English and Russian).

Таблица 1. Вычисленные эффективности для тепловых насосов.

Цикл	Эффективность цикла	Нагрев		Охлаждение	
		8.3°C	-8.3°C	28°C	35°C
Базовый ТН № 1: Электрически приводимый кондиционер с циклом Ренкина [2]	COPc	4.98	3.08	5.3	3.97
	COPs	3.90	2.60	4.02	3.20
Базовый ТН № 2: Газовая печь/кондиционер [2]	COPc	-	-	-	-
	COPs	0.8	0.8	1.57	1.17
Управляемый компрессором ГТН [2]	COPc	3.64	1.65	5.16	3.85
	COPs	2.75	1.44	3.54	2.87
Управляемый теплоносителем ГТН* [3]	COPc	1.42	1.04	0.44	0.35
	COPs	-	-	-	-

Примечание: COPc - теоретический COP цикла, COPs - теоретический COP системы.

* - в данном случае COP рассчитывался как отношение полезной энергии к затраченной энергии.