

УДК 620.93

## МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС

студент гр.10602119 Климчук С.В.

*Научный руководитель – д.т.н., профессор Маркова Л.В.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В настоящее время поиск альтернативных источников энергии, снижение энергопотребления является актуальной задачей. Порядка 35% вырабатываемой в мире электроэнергии идет на обеспечение нужд отопления и охлаждения жилых помещений. Для отопления используются устройства, в которых теплоносителями являются фреоны или другие токсичные или горючие вещества. Кроме того, применение насосов для поддержания процесса циркуляции теплоносителя по контуру повышает уровень шума в помещении. Для устранения указанных недостатков планируется использовать в качестве теплоносителя углекислый газ  $\text{CO}_2$  под высоким давлением. Другим решением является разработка и применение магнитокалорических тепловых насосов. Это направление стало возможным благодаря созданию новых магнитных материалов.

Цель работы – проанализировать состояние и перспективность применения магнитокалорических тепловых насосов (МКН).

Работа МКН основана на магнитокалорическом эффекте, который заключается в изменении теплового состояния магнитного материала при изменении степени его магнитоупорядочения [1], т.е. при изменении энтропии. Полная энтропия магнитного материала  $S$  состоит из энтропии магнитной подсистемы  $S_m$  и энтропии кристаллической решетки  $S_{\text{реш}}$  вещества  $S = S_{\text{реш}} + S_m$ . При внесении материала в магнитное поле степень его упорядочения возрастает, т.е. уменьшается энтропия магнитной подсистемы на величину  $\Delta S_m$ . Если этот процесс адиабатный (изменение полной энтропии равно нулю  $\Delta S = 0$ ), то возрастает на такую же величину энтропия решетки вещества  $\Delta S_{\text{реш}} = -\Delta S_m$ , которая выражается как повышение температуры материала. Наибольший магнитокалорический эффект проявляется в области температуры Кюри

(магнитного фазового перехода) магнитного материала, а, следовательно, его можно использовать эффективно в очень узком диапазоне температур. Для повышения рабочего диапазона температур предложено использовать каскады материалов (многослойные структуры) с различными температурами Кюри. Одним из перспективных магнитокалорических материалов (МКМ) является разработанный компанией Magneto B.V. материал на основе Mn-Fe-P-Si, который обеспечивает высокую производительность в области комнатных температур [2]. Кроме того, изменяя концентрацию элементов Mn, Fe, P, и Si можно изменять температуру Кюри материала в диапазоне от  $-170$  до  $+200$  °С.

МКН может использоваться как для охлаждения, так для нагрева. На рис. 1 приведена схема работы МКН для магнитного охлаждения тепловой нагрузки по холодильному циклу, который является аналогом обратного цикла Карно. В исходном состоянии (1) МКМ не намагничен и имеет температуру  $T$ . Затем на изолированный от внешней среды МКМ (адиабатный процесс) накладывается магнитное поле, что вызывает ориентацию магнитных диполей и приводит к уменьшению магнитной энтропии и повышению температуры МКМ до  $T + \Delta T$  (состояние 2). Эта дополнительная теплота ( $-Q$ ) передается охладителю (жидкости или газу). После охлаждения МКМ до исходной температуры  $T$  (состояние 3) магнитное поле выключается и устраняется контакт МКМ с охладителем. Таким образом, МКМ возвращается в условие адиабатного состояния (4), при котором энтропия не меняется. Однако вследствие теплового движения магнитные домены дезориентируются, т.е. энтропия увеличивается, что приводит к понижению температуры до  $T - \Delta T$ . Далее реализуется тепловой контакт МКМ с тепловой нагрузкой, подвергаемой охлаждению (состояние 5), при этом теплота от него переносится к более холодному МКМ, повышая его температуру до  $T$ . Цикл Карно с использованием магнитокалорического эффекта имеет КПД 60%, в то время как компрессионное охлаждение имеет КПД цикла Карно порядка 40 - 45% [3].

Анализ разработок магнитокалорических тепловых насосов показал их следующие преимущества: высокая производительность в области комнатных температур, отсутствие токсичных, огнеопасных

комнатных температур, отсутствие токсичных, огнеопасных или парниковых газов, безопасная эксплуатация.

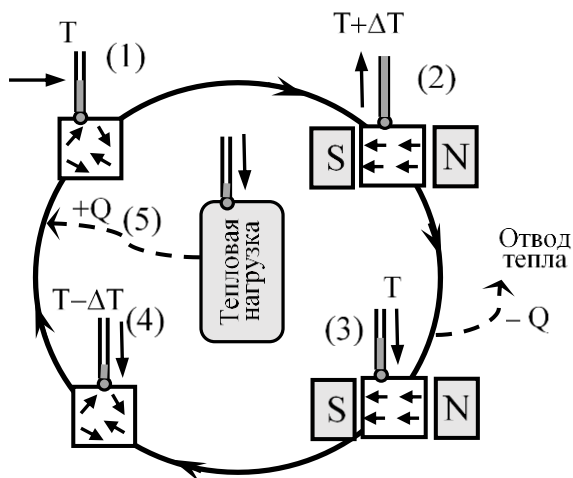


Рис. 1. Схема работы магнитокалорического теплового насоса

На данный момент разработаны прототипы магнитокалорических установок, работающих в диапазоне комнатных температур ( $-20$  –  $+45$  °С) и низких температурах ( $-273$  –  $-30$ °С). Реализованы прототипы магнитокалорических насосов для автомобильных систем кондиционирования и для отопления промышленных и жилых зданий [4]. Применение же МКТ насосов для получения высоких температур ( $>50$  °С) пока не реализовано, однако ведутся работы по поиску новых материалов и конструкций для создания таких насосов.

### *Литература*

1. Tishin A.M., Spichkin Y.I. The magnetocaloric effect and its application. Bristol; Phil., 2003.
2. Technology – Magneto: A Review on Different Use Cases [Electronic resource]. – Mode of access: <https://magneto.systems/technology/>. – Date of access: 10.03.2021.

3. M. Maschek, «Magnetocalorics Bootsing the Dutch Engery Transition - Green heat pumps and waste heat to...» [Electronic resource]. - Mode of access: <https://collegerama.tudelft.nl/Mediasite/Showcase/public/Presentation/>. - Date of access: 10.03.2021.

4. Torregrosa-Jaime et al. Application of Magnetocaloric Heat Pumps in Mobile Air-Conditioning / SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst. – 2013. – Vol. 6, Is. 2.

УДК 53.06

## **МОМЕНТ ИНЕРЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ДВИГАТЕЛЕ**

курсант гр. 115012-20 Чернов П.В.

*Научный руководитель – доцент Русакевич Д.А.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Инерция в физике – способность тел сохранять движение при отсутствии сил. Момент инерции – мера инертности при вращательном движении вокруг оси. Момент инерции обозначается буквой  $J$  и измеряется в килограммах на метр квадратный. Существует устройство, которое активно использует это физическое явление – Маховик. Маховик – колесо, которое используется в качестве накопителя энергии или для создания инерционного момента. Маховики использовались в различных сферах жизнедеятельности. Первым устройством, в котором использовался маховик считается гончарный круг, со временем устройства развивались и становилась сложнее, так, например, появились водоподъемные устройства, ковшовые водоподъемники, вододействующие пыльные установки.

Но с появлением двигателей внутреннего сгорания маховики получили особое распространение. Принцип работы ДВС прост и он заключается в том, что поступательное движение поршней преобразуется в неравномерное вращательное движение вала.