

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ С УЧЕТОМ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Антипов Е. А.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (г. Киев)

Рассматривается возможность повышения коэффициента использования массы аккумулирующего материала в аккумуляторах теплоты фазового перехода путем видоизменения дна корпуса такого аппарата.

Постановка проблемы. На современном этапе развития науки и техники существует возможность реализации практически любого известного принципа аккумуляции тепла, что привело к различным их техническим решениям [1]. Целесообразность использования каждого принципа определяется наличием положительного эффекта, в первую очередь, экономического, достижение которого возможно при минимальной стоимости аккумулятора. Она определяется при прочих равных условиях массой и объемом теплоаккумулирующего материала, необходимого для обеспечения заданных параметров процесса.

Анализ последних исследований и публикаций. В реальном процессе аккумулирования тепла плотность запасаемой энергии оказывается существенно ниже теоретического значения вследствие потерь тепла, выравнивания поля температур, потерь при "заряде" и "разряде" [2, 3]. Отношение реального и теоретического значений плотности запасаемой энергии и определяет эффективность теплового аккумулятора.

Эффективность аккумуляторов теплоты фазового перехода в значительной степени зависит от степени использования потенциала накопления и отдачи энергии за полный цикл работы соответствующего устройства в количествах, необходимых потребителю. Это ставит перед исследователями задачу выбора вида и конструкции теплообменной поверхности для обеспечения как оптимальных геометрических параметров таких аккумуляционных аппаратов, куда входят объем, масса теплоаккумулирующего материала и т.п., так и их рабочих характеристик.

Цель статьи. Выполнить эксергетический анализ аккумулятора теплоты фазового перехода усовершенствованной конструкции.

Основные материалы исследования. В результате проведенных экспериментальных исследований [2, 3] выявлено наличие зон низкой скорости плавления аккумулирующего материала, который находится под нижним рядом тепловых источников. Различие значений температур на начальной и конечной стадии плавления в объемах аккумулирующего материала верхнего и нижнего уровней не превышает $\pm 5 \div 7$ °С. Поэтому, с целью лучшего прогрева материала нижних уровней, предложена усовершенствованная конструкция аккумулятора теплоты фазового перехода (рис. 1), которая по сравнению с предыдущей моделью [4], имеет некоторые конструктивные изменения в виде волнообразного дна.

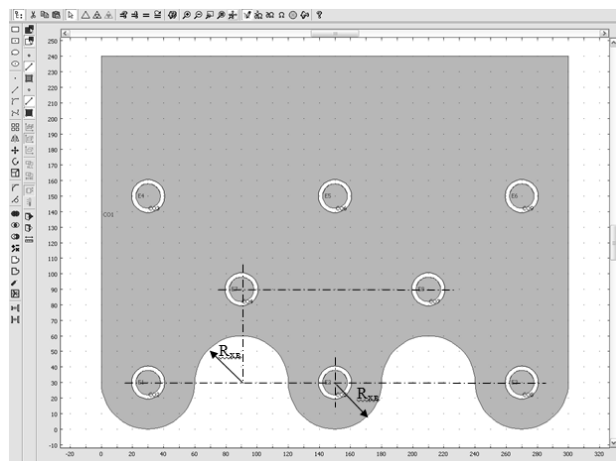


Рисунок 1 – Асимметричная геометрия 2D корпуса аккумулятора теплоты усовершенствованной конструкции

Для сравнительного анализа усовершенствованной и ранее исследуемой конструкции аккумулятора теплоты фазового перехода используем коэффициент использования массы аккумулирующего материала, который определен согласно положениям [5-6], а именно

$$\mu = M_p/M_3 = 1 - T_{oc}/T_{ex.в} \quad (1)$$

где T_{oc} – температура окружающей среды, К;
 $T_{ex.в}$ – температура теплоподвода в аккумуляторе теплоты, К.

Чем выше коэффициент использования массы μ , тем эффективнее используется аккумулирующий материал в аккумуляторе теплоты, тем выше его КПД. Составляющими коэффициента использования массы материала являются: при подводе "заряда" μ_3 , при накоплении эксергии во время "заряда" $\mu_{н1}$, после периода "хранения" энергии $\mu_{н2}$, при отводе эксергии во время "разряда" μ_p .

Они по положениям [5-6] определяются по формулам

$$\mu_3 = M_p/M_3 = 1 - T_{oc}/T_{ex.в} \quad (2)$$

$$\mu_{н1} = M_{н1}/M_3 = \eta_1 \cdot (1 - T_{oc}/T_{ф}) \quad (3)$$

$$\mu_{н2} = M_{н2}/M_3 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot (1 - T_{oc}/T_{ф}) \quad (4)$$

$$\mu_p = M_p/M_3 = \eta_{\Sigma}(1-T_{oc}/T_{вых.в}), \quad (5)$$

где η_{Σ} – суммарный КПД аккумулятора теплоты фазового перехода;

η_1 – КПД периода "заряда" теплоаккумулятора;

η_2 – КПД хранения накопленной энергии;

T_{ϕ} – температура фазового преобразования аккумулярующего материала, К;

$T_{вых.в}$ – температура теплоотвода от аккумулятора теплоты фазового перехода, К.

Суммарный эксергетический КПД аккумулятора теплоты фазового перехода определяем согласно положениям [5-6], а именно

$$\psi_{\Sigma} = \mathcal{E}_p/\mathcal{E}_3 = M_3/M_p = \mu_p/\mu_3 = \eta_{\Sigma}(1-T_{oc}/T_{вых.в})/(1-T_{oc}/T_{вх.в}), \quad (6)$$

где \mathcal{E}_3 и \mathcal{E}_p – эксергия, которая соответственно подводится при "заряде" и отводится при "разряде" аккумулятора теплоты фазового перехода, Вт.

В свою очередь $\psi_{\Sigma} = \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3$, тогда:

$$\psi_1 = \mathcal{E}_{н1}/\mathcal{E}_3 = M_{н1}/M_p = \eta_1 \cdot (1-T_{oc}/T_{\phi})/(1-T_{oc}/T_{вх.в}), \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_{н1}$ – эксергия, которая накопленная при "заряде" аккумулятора теплоты фазового перехода, Вт.

Результаты исследования. Проведенный эксергетический анализ (табл. 1) показывает, что с точки зрения полезного использования массы как в первом, так и во втором вариантах, количество аккумулярующего материала, который был эффективно задействован при равных условиях его работы, одинаково, во втором варианте, он работает эффективнее $M_{32} > M_{31}$ благодаря изменению конструкции в части геометрии дна корпуса аккумулятора:

$$M_{p2} = M_{p1}, \quad (8)$$

$$M_{H12} = M_{H11}, \quad (9)$$

$$M_{H22} = M_{H21}. \quad (10)$$

Таблица 1 – Сравнительные результаты эксергетического анализа аккумулятора теплоты фазового перехода исследуемой и усовершенствованной конструкций

Время работы, час.	Предыдущая конструкция			Усовершенствованная конструкция		
	Эксергия, Вт:		Коэффициент использования массы, μ	Эксергия, Вт:		Коэффициент использования массы, μ
	заряда, \mathcal{E}_3	разряда, \mathcal{E}_p		заряда, \mathcal{E}_3	разряда, \mathcal{E}_p	
1	2	3	4	5	6	7
0	-	-	0,000	-	-	0,000
1	793,13	371,87	0,000	793,62	359,23	0,003
			0,000			0,007
			0,000			0,014
			0,008			0,021
			0,014			0,031
			0,024			0,041
2	830,08	181,69	0,030	831,21	298,39	0,052
			0,041			0,066
			0,051			0,079
			0,064			0,093
			0,076			0,110
			0,090			0,131
3	812,35	0,00	0,107	812,25	302,92	0,152
			0,124			0,179
4	808,63	0,00	0,149	808,26	295,26	0,214
			0,173			0,255

1	2	3	4	5	6	7
5	804,67	0,00	0,206	804,02	290,71	0,310
			0,279			0,366
6	797,56	0,00	0,351	796,63	182,76	0,421
			0,407			0,497
7	795,10	0,00	0,463	793,89	177,09	0,600
			0,552			0,738
8	791,48	0,00	0,712	790,04	170,87	0,931
			0,736			1,000

Описанный процесс работы аккумулятора теплоты фазового перехода происходит при более высокой потенциальной возможности первого варианта ($\mu_{P1} > \mu_{P2}$). В то же время, при равенстве эксергетических КПД тепловых аккумуляторов обоих вариантов при "заряде" и хранении накопленной энергии ($\psi_{12} = \psi_{11}$, $\psi_{22} = \psi_{21}$), эксергетический КПД аккумулятора теплоты в режиме "разряд" у второго варианта намного выше ($\psi_{32} > \psi_{31}$), благодаря изменению конструкции в части геометрии дна корпуса аккумулятора.

Сравнительный анализ исследуемой и усовершенствованной конструкции аккумулятора теплоты (см. табл. 1) свидетельствует, что выполнение волнообразной формы дна корпуса аппарата, обеспечило рост коэффициента полезного использования массы аккумулирующего материала на 36 % при одинаковой тепловой мощности с образцом-аналогом.

Выводы. Для уменьшения объема "застойных зон" в аккумулирующем материале фазового перехода к минимуму дно корпуса аккумулятора теплоты следует выполнять волнообразной формы. Проведенный сравнительный анализ работы аккумуляторов теплоты в режиме "разряд" показал, что коэффициент использования массы аккумулирующего материала теплоаккумулятора усовершенствованной конструкции на 36 % выше по сравнению с исследуемой.

Список использованных источников

1. Сотникова К. Н. Экспертная система принятия решений для реконструкции зданий с учетом принципов "Зеленого строительства" / К. Н. Сотникова, Н. В. Колосова, А. П. Толмачев // Инженерные системы и сооружения. – 2012. – №1. – С. 98-105.
2. Антипов Е. А. Экспериментальное исследование процессов фазового перехода в теплоаккумулирующих материалах органического происхождения / Е. А. Антипов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства. – 2015. – № 3 (20). – С. 44–49.
3. Антипов Е. А. Экспериментальное исследование эффективности новой конструкции аккумулятора теплоты фазового перехода / Е. А. Антипов // Вестник Национального университета биоресурсов и природопользования Украины. Серия "Техника и энергетика АПК". – 2015. – Вып. 209, ч. 2. – С. 253–257.

4. Антипов Е. А. Экспериментальное исследование основных режимов работы низкотемпературных аккумуляторов теплоты фазового перехода кожухотрубного типа / Е. А. Антипов // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко. Серия "Технические науки". – 2015. – № 164. – С. 101–103.

5. Грицук И. В. Алгоритм и программа эксергетического анализа теплового аккумулятора фазового перехода системы прогрева транспортного двигателя / И. В. Грицук, Ю. В. Грицук, Ю. В. Черняк // Сборник науч. работ ДонИЖД. – Донецк: ДонИЖД. – 2014. – Вып. № 39. – С. 111–126.

6. Куколев М. И. Оценка эффективности использования массы теплового аккумулятора / М. И. Куколев // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд. ПетрГУ, 1996. – С. 40–42.

Анотація

ЭКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ АКУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ВДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З УРАХУВАННЯМ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Антипов Є. О.

Розглядається можливість підвищення коефіцієнта використання маси акумулюючого матеріалу в акумуляторах теплоти фазового переходу шляхом видозміни дна корпусу такого апарату.

Abstract

EXERGY ANALYSIS HEAT ACCUMULATOR OF PHASE TRANSITION ADVANCED DESIGN BASED ON THE DATA EXPERIMENTAL RESEARCH

I. Antypov

The possibility of increasing the efficiency of using the mass-storage material in heat accumulators of phase transition by modifying the bottom of the device housing.