

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ В АККУМУЛЯТОРЕ ТЕПЛОТЫ НА ОСНОВЕ ПАРАФИНА

Є. О. Антипов, асистент
e-mail: ievgeniy_antypov@ukr.net

Аннотация. Разработана конструкция аккумулятора теплоты фазового перехода и проведены экспериментальные исследование ее эффективности. Проанализированы полученные значения динамики температурных полей и распределения тепловых потоков в тепловом аккумуляторе, а также получены граничные расстояния размещения теплообменной поверхности в корпусе исследуемого объекта.

Ключевые слова: аккумулятор теплоты, теплоаккумулирующий материал, фазовый переход, теплообменная поверхность.

На современном этапе развития науки и техники существует возможность реализации практически любого известного принципа аккумуляции тепла, что привело к различным их техническим решениям [1, 2]. Целесообразность использования каждого принципа определяется наличием положительного эффекта, в первую очередь, экономического, достижение которого возможно при минимальной стоимости аккумулятора.

Эффективность аккумуляторов теплоты (АТ), в том числе и наиболее перспективных с точки зрения плотности аккумулированной энергии – фазопереходных АТ, 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 аппаратов, куда входят объем, масса теплоаккумулирующего материала и т.п., так и их рабочих характеристик.

Цель исследования – экспериментальное определение оптимальных параметров размещения теплообменной поверхности в корпусе аккумулятора теплоты фазового перехода на основе парафина, что позволит улучшить энергетические и габаритные характеристики таких аппаратов.

Материалы и методика исследования. Исследуемый аккумулятор теплоты (см. рис. 1) изготовлен в виде параллелепипеда, внутри которого находится пучок

из 8-ми труб (с условным проходом 0,015 м), в которых протекают теплоносители двух контуров - контура “зарядки”, соединяющий источник теплоты (низко- или высокопотенциальной) с аккумулятором и контура “разрядки”, соединяющей потребляющие устройства с аккумулятором. Система запорной арматуры позволяет комбинировать различные варианты размещения нагревательных труб: шахматное или коридорное их расположение в аккумуляторе [3].

В качестве рабочего материала был выбран парафин марки Т-3 (очищенный технический). Масса парафина в рабочей камере – $M_{\text{ТАМ}} = 26 \text{ кг}$ 100 г.

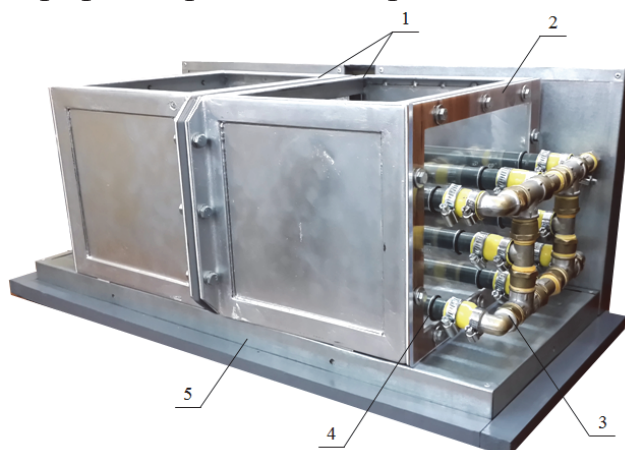


Рис. 1. Внешний вид опытного модуля:

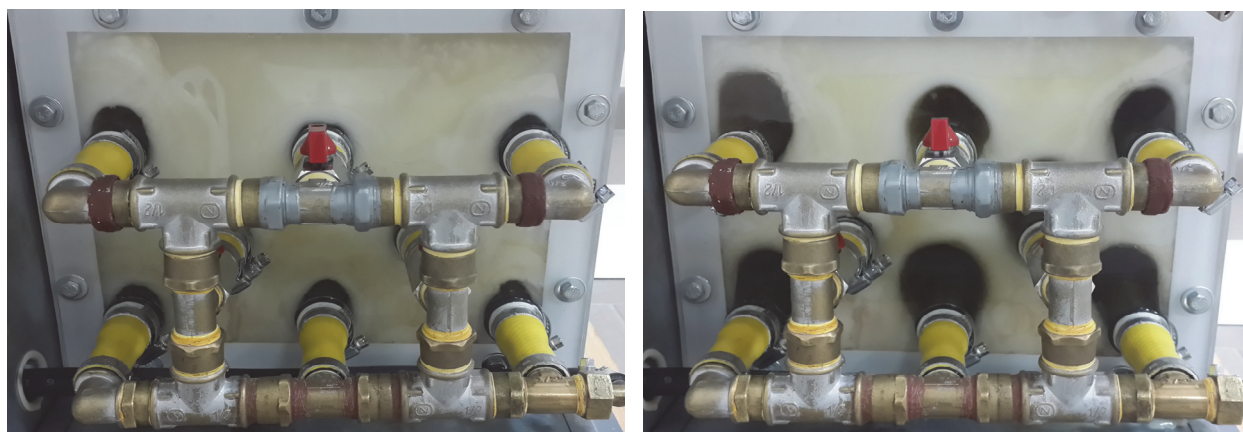
1 – разборный корпус; 2 – торцевая крышка; 3 – распределительный коллектор; 4 – трубный пучок; 5 – теплоизоляция

Контроль температуры непосредственно в самом аккумуляторе теплоты производился с помощью выносных датчиков температуры Dallas DS18B20, что позволило отследить динамику температурных полей в объеме аккумулирующего материала.

Важно было максимально точно воспроизвести условия, в которых будет «работать» ТАМ в тепловом аккумуляторе. Для этого корпус ТА снаружи был закрыт теплоизоляционными панелями, в качестве теплоизоляции применен пенополистирол, толщиной 50 мм.

Результаты исследований. При проведении экспериментов геометрия размещения теплообменных труб с наружным диаметром 21,3 мм внутри объема теплоаккумулирующего материала, выполнена на осевом расстоянии 40 мм от стенок и дна корпуса теплоаккумулятора.

На основе обработки видео и фото файлов получены профили плавления твердое тело – жидкость для разных периодов времени (см. рис. 2).

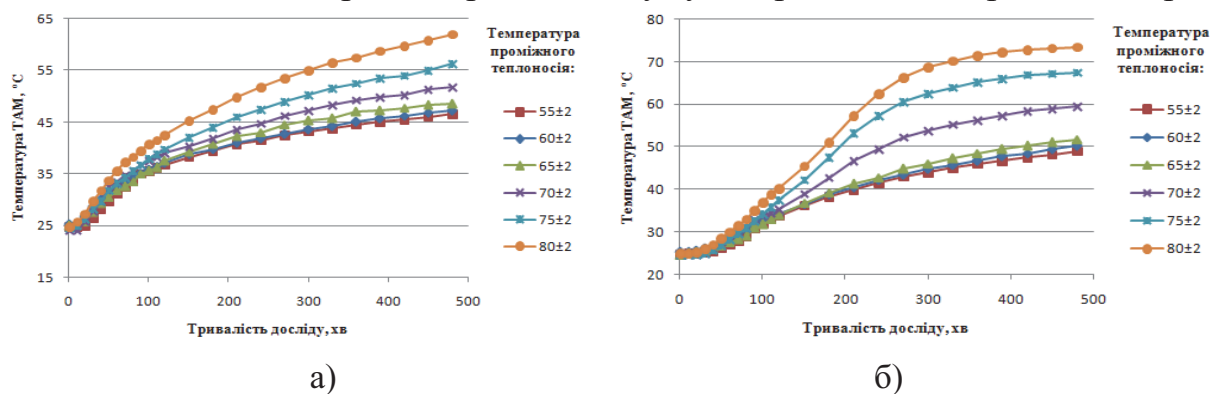


а)

б)

Рис. 2. Изменение профилей плавления твердое тело – жидкость для разных периодов времени: а – через 30 мин.; б – 180 мин.

Анализируя полученные данные установлено, что в нижней части рабочего объема, расположенного под тепловым источником, возникают "застойные зоны", температура которых на 12 % ниже, чем в области интенсивного плавления материала (рис. 3). Большое количество выделенного тепла при этом расходуется на перегрев расплавленного объема в верхней части аккумулятора теплоты. Продолжительность такого "перегрева" составляет не менее 25 % от общего времени работы аккумулятора теплоты в режиме "заряд".



а)

б)

Рис. 3. Динамика распространения температур в объеме аккумулирующего материала при различных значениях температур теплоносителя на входе в: а – "застойных зонах"; б – расплаве материала

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили результаты ранее выполненного численного моделирования [4]. Вместе с тем подтверждено, что для уменьшения объема "застойных зон", размещение первого ряда нагревательных труб от дна и стенок корпуса аккумулятора, необходимо выполнять на расстоянии, которое определено в работе [5] и представлены в таблице. Кроме того, также установлено, что превышение последнего на 20 % уменьшает коэффициент полезного использования массы аккумулирующего материала на 7 %.

Граничные расстояния размещения теплообменной поверхности относительно внутренних стенок корпуса теплоаккумулятора

Параметр	Номинальный диаметр (дюймы)						
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	
Условный проход, мм	13	19	25	32	38	50	
Внешний диаметр теплообменных труб, мм	21,25	26,75	33,50	42,25	48,00	60,00	
Расстояние от теплообменных труб до дна и стенок корпуса теплоаккумулятора, мм	min	29,0	37,0	46,0	58,0	66,0	83,0
	max	31,0	39,0	49,0	61,0	70,0	87,0

Выводы

1. Проведено экспериментальное исследование процессов теплопереноса в тепловом аккумуляторе при фазовых превращениях аккумулирующего материала, результаты которых дают возможность определить локальные и средние температуры в различных областях аккумулятора.

2. Установлено, что в нижней части рабочего объема, расположенного под тепловым источником, возникают "застойные зоны", температура которых на 12 % ниже, чем в области интенсивного плавления материала.

3. Для уменьшения объема "застойных зон" и повышения эффективности работы теплоаккумулятора размещение первого ряда нагревательных труб, от дна и стенок его корпуса, необходимо выполнять на граничном расстоянии, превышение которого на 20 % уменьшает коэффициент полезного использования массы аккумулирующего материала на 7 %.

Список литературы

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. Быстров В. П. Теплоаккумуляторы с использованием фазового перехода / В. П. Быстров, А. В. Ливчак / Вопросы экономии теплоэнергетических ресурсов в системах вентиляции и теплоснабжения: Сб. науч. тр. – М.: Изд-во ЦНИИЭПИО, 1984. – С.75–90.

3. Горобец В.Г. Расчет и разработка конструкции теплового солевого аккумулятора. / В.Г. Горобец, Е.А. Антипов // Научный вестник НУБиП Украины. – 2013. – Вып. 184, ч. 2. – С. 149-159.

4. Горобец В.Г. Компьютерное моделирование процессов тепломассопереноса в сезонном аккумуляторе теплоты. / В.Г. Горобец, Е.А. Антипов // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №1(14). – С. 15-19.

5. Антипов Е.А. Исследование процессов тепло- и массопереноса в низкотемпературных аккумуляторах теплоты при фазовых превращениях аккумулирующего материала / Е.А. Антипов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15., Т. 2. – С. 131–135.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗМІЩЕННЯ ТЕПЛООБМІННОЇ ПОВЕРХНІ В АКУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТИ НА ОСНОВІ ПАРАФІНУ

Є.О. Антипов

Анотація. Розроблено конструкцію акумулятора теплоти фазового переходу та проведено експериментальні дослідження його ефективності. Проаналізовано отримані значення динаміки температурних полів і розподілу теплових потоків в тепловому акумуляторі, а також отримані граничні відстані розміщення теплообмінної поверхні в корпусі досліджуваного об'єкта.

Ключові слова: акумулятор теплоти, теплоакumuлюючий матеріал, фазовий перехід, теплообмінна поверхня

EXPERIMENTAL RESEARCH ON OPTIMAL PLACEMENT OPTIONS OF HEAT EXCHANGE SURFACES IN THE HEAT ACCUMULATOR PARAFFIN-BASED

E. Antypov

Annotation. The design of the heat accumulator phase transition and an experimental study of its effectiveness. We analyze the importance of the dynamics of temperature fields and heat flux distribution in the heat accumulator, and received placement of the boundary distance of heat transfer surface in the case of the object.

Key words: heat accumulator, heat-accumulating material, phase transformations, heat exchange surface