

ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕГО НАГРЕВАТЕЛЯ

А.В. Щегольков, А.С. Юдин

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; Energynano@yandex.ru*

Ключевые слова и фразы: теплоаккумулятор; углеродный наноматериал; электрический нагреватель; эффект памяти.

Аннотация: Проведены экспериментальные исследования наномодифицированного материала с фазовым переходом. Выявлены особенности вольт-амперных характеристик при различных физико-механических изменениях в материале.

Разработка материалов, обеспечивающих новые функциональные возможности в процессе наномодифицирования, является перспективным научно-техническим направлением [1]. Весьма актуальным является исследование характеристик наномодифицированных парафинов, которые вследствие введения в них углеродного наноматериала (УНМ) «Таунит» и воздействия физических полей различной природы, на стадии модификации приобретают особые электрические и теплофизические свойства.

Методика экспериментальных исследований. Целью экспериментальных исследований является изучение электро- и теплофизических характеристик электрического теплоаккумулирующего нагревателя (ЭТН), изготовленного на основе наномодификации парафинов [2].

Перечень приборов и оборудования для исследования электрофизических параметров ЭТН включает: блок питания постоянного тока Б-5-18-20, обеспечивающий стабилизацию по току и напряжению, а также возможность изменения напряжения с шагом 0,1 В; преобразователь переменного тока – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) с максимальным нагрузочным током 15 А. Для измерений электрофизических параметров использован мультиметр Актаком-1097, для исследования теплофизических параметров – измеритель теплоемкости ИТ-С и теплопроводности ИТП-МГ4 «Зонд».

В качестве наноструктурного углерода использовали УНМ серий «Таунит», полученный на активированном катализаторе [3].

Количество УНМ варьировали от 0,01 до 15 масс.% в органическом диэлектрике, при этом исследования проводили с образцами, которые имели стабильные характеристики. Органический диэлектрик – парафин, обеспечивающий возможность получения пластичного ЭТН. Для получения ЭТН в твердом состоянии использовали состав: цемент – 30 %, кварцевый песок – 68 %, парафин – 2 %; представленный состав заливали дистиллированной водой в количестве 30 % от массы состава. Материал электродов для ЭТН – алюминий.

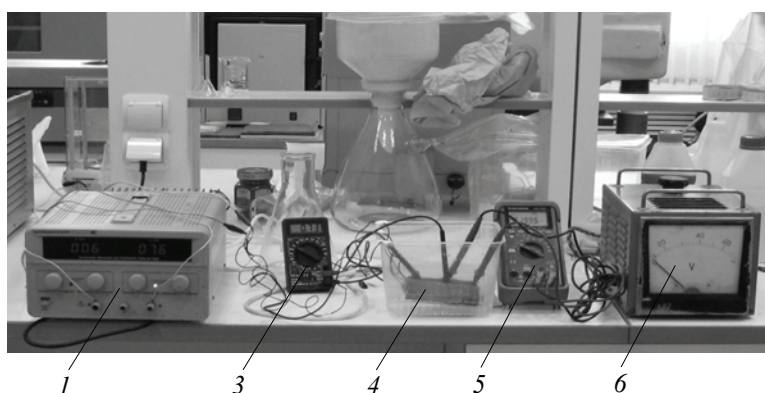


Рис. 1. Приборы и оборудование для исследования электрофизических параметров ЭТН:

1 – блок питания; 2 – мультиметр (В830); 3 – ЭТН;
4 – мультиметр (Актаком-1097); 5 – ЛАТР

На рисунке 1 представлен внешний вид приборов и оборудования для исследования электрофизических параметров ЭТН. В ходе экспериментальных исследований за основные электрофизические параметры выбирались вольт-амперные характеристики (ВАХ) ЭТН, которые определяли, задавая величину питающего напряжения на электродах ЭТН с шагом 0,1 В и снимая показания силы тока на амперметре блока питания.

Проводилось измерение ВАХ при введении в полость ЭТН металлических стальных опилок (рис. 2).

Материал разделителя объема ЭТН – диэлектрик (картон) и проводящий материал (алюминиевая пластинка).

Результаты экспериментальных исследований. На рисунке 3 представлены ВАХ ЭТН.

На рисунке 4 показано, как изменяется ВАХ при нарушении сплошности ЭТН за счет введения пластинок из картона и алюминия. Линия 1 соответствует целому состоянию ЭТН. При напряжении 6 В и силе тока 1,7 А ЭТН рассекли алюминиевой пластинкой, в результате чего точка 1 перешла в точку 2. Далее из

точки 2 путем повышения питающего напряжения получена линия 2. После того, как алюминиевую пластинку изъяли из образца, линия 2 перестроилась в линию 1. Опыт повторили с картонной пластинкой той же толщины, при этом линии 1 и 2 приняли то же самое положение. Рассечение ЭТН пластинками большей толщины приводит к тому, что точка 1 переходит в точку 3. Если убрать пластику из ЭТН то в этом случае линия 3 переходит в положение линии 1.

Явление, обнаруженное при исследовании ВАХ ЭТН в результате введения инородных тел, указывает на существование эффекта памяти, который графически соответствует возвращению ВАХ из позиций 2 и 3 в начальное положение 1, при этом позиции ВАХ 2 и 3 достигнуты сечением пластинками с разной толщиной и сделанными из различных материалов.

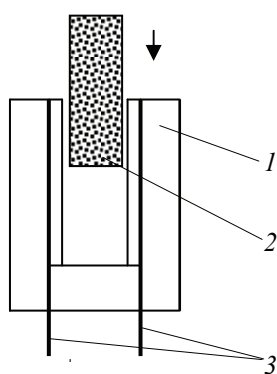


Рис. 2. Схема исследования параметров ЭТН:

1 – ЭТН в форме перевернутой буквы «П»; 2 – металлические опилки; 3 – питающие электроды

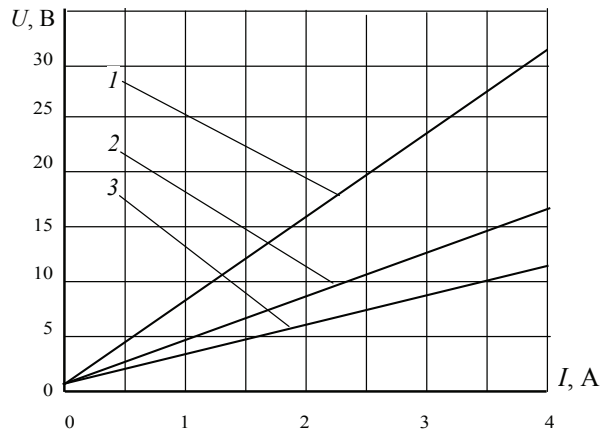


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика ЭТН:
 1 – ЭТН (твердый наполнитель) с использованием цемента с 2%-м добавлением парафина;
 2 – ЭТН на основе парафина; 3 – ЭТН на основе церезина

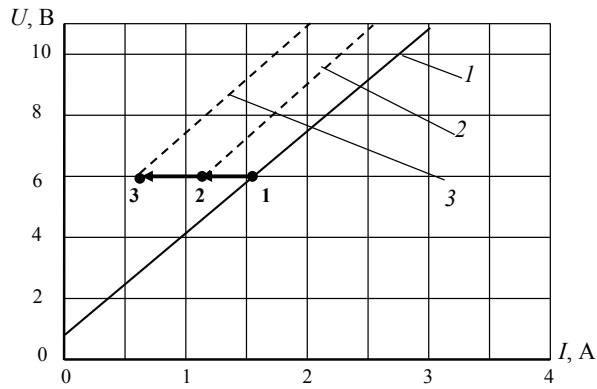


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика ЭТН (эффект памяти):
 1 – целое состояние ЭТН; 2 – рассеченное состояние ЭТН алюминиевой пластинкой
 (токопроводящий материал); 3 – рассеченное состояние ЭТН картонной пластинкой
 (диэлектрический материал)

Таким образом, под эффектом памяти ЭТН понимается воспроизведение ВАХ после рассечения (механического изменения, вызванного инородным телом) материалом ЭТН, ВАХ, имевшей место в исходном (целом) состоянии.

На рисунке 5 показано, как изменится ВАХ ЭТН, если во внутренний П-образный промежуток ЭТН ввести металлические опилки. Сила тока при введении металлических опилок возрастает, точка 1 на линии ВАХ переходит в положение 2. Это можно объяснить тем, что происходит увеличение электропроводности за счет мостиков, образуемых вкраплениями опилок. При этом кромки промежутков ЭТН, где есть контакт с металлическими опилками, подвергаются более интенсивному нагреву, что объясняется более высоким локальным электрическим сопротивлением. После того как из промежутка ЭТН извлекаются металлические опилки, ВАХ изменяются – линия 2 переходит в линию 1.

Таким образом, линейность ВАХ свидетельствует о равновесии электрофизических процессов при переходе электрической энергии в тепловую. При этом нарушение равновесного процесса перехода электрической энергии в тепловую при рассечении ЭТН электропроводящими и диэлектрическими пластинками не приводит к прекращению тепловыделения, а лишь уменьшает его интенсивность в случае промежутка в ЭТН от 0,5 до 3 мм.

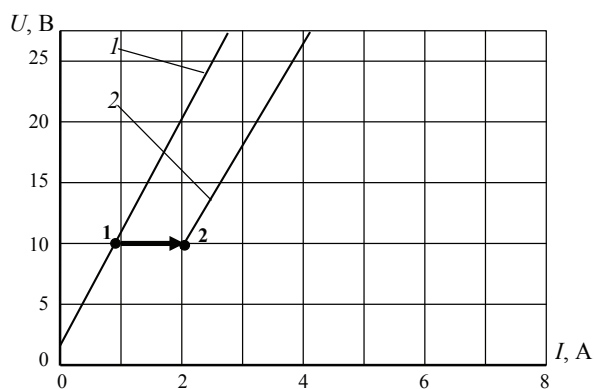


Рис. 5. Динамика изменения силы тока при введение во внутреннее пространство ЭТН металлических опилок: 1 – до введения; 2 – после введения

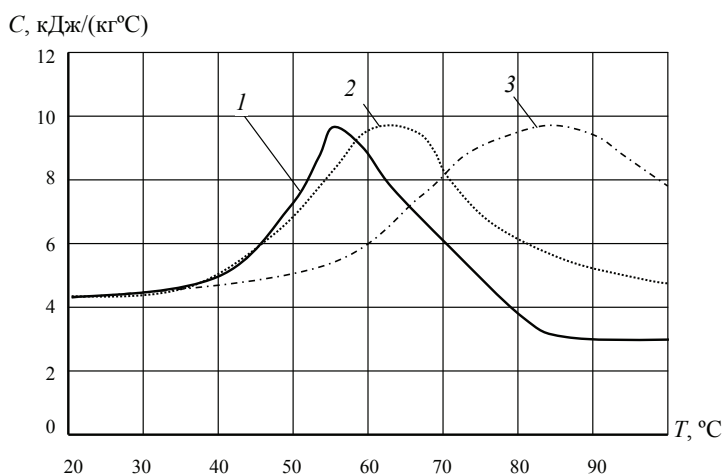


Рис. 6. Температурная зависимость теплоемкости ЭТН:
 1 – парафин модифицированный УНМ; 2 – парафин модифицированный УНМ М;
 3 – парафин модифицированный УНМ МД

Линейность ВАХ сохраняется и при дальнейшем увеличении температуры, а также при изменении объема и сплошности ЭТН. Все это указывает на стабильность тепловыделения в условиях механических и тепловых нагрузок.

Температурные зависимости теплоемкости для ЭТН с различным типом углеродного наноматериала УНМ, УНМ М и УНМ МД приведены на рис. 6.

Из температурных зависимостей следует, что модифицирование парафина различными типами УНМ дает возможность изменить его теплофизические параметры, следствием чего является изменение положения точки фазового перехода, а также расширение границ фазового перехода. Это позволяет повысить эффективность системы теплоаккумуляции, так как расширяется диапазон температур фазового перехода, что, в свою очередь, приводит к увеличению накопленной теплоты на 30–50 %.

В ходе проведенных исследований установлена возможность получения различных типов теплоаккумулирующих материалов с разнообразными теплофизическими и физико-механическими характеристиками, что дает возможность подстраивать под конкретные температурные режимы параметры систем теплоаккумуляции в целях повышения их эффективности [4].

Список литературы

1. Технология и эффективность модифицирования углепластиков углеродными наночастицами / Г.М. Гуняев [и др.] // Конструкции из композиционных материалов. – 2004. – № 4. – С. 77–79.

2. Пат. 2466333 Российская Федерация, МПК F 24 H 7/00, B 82 B 1/00. Электротеплоаккумулирующий нагреватель / Калинин В.Ф., Щегольков А.В. ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2011118301/06 ; заявл. 05.05.2011 ; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 24. – 8 с.

3. Рухов, А.В. К вопросу о механизмах формирования каталитических систем для синтеза углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы / А.В. Рухов, Е.А. Буракова, О.Н. Марадудина // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 1(1). – С. 27–31.

4. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р.Р. Аvezов [и др.] ; под ред. Э.В. Сарнацкого, С.А. Чистовича. – М. : Стройиздат, 1990. – 328 с.

Electrical and Thermo-Physical Characteristics of Electric Thermal Storage Heater

A.V. Shchegolkov, A.S. Yudin

*Department "Equipment and Production Technology of Nanoproducts", TSTU;
Energynano@yandex.ru*

Key words and phrases: carbon nanomaterial; electric heater; effect of memory; heat accumulator.

Abstract: Experimental studies of nanomodified phase change material have been conducted. The features of the current-voltage characteristics under different physical and mechanical changes in the material have been identified.

Elektrische und wärmephysikalische Charakteristiken des elektrischen wärmeakkumulierenden Erhitzers

Zusammenfassung: Es sind die experimentalen Forschungen des nanomodifizierten Materials mit dem Phaseübergang durchgeführt. Es sind die Besonderheiten von VAC bei den verschiedenen physikalisch-mechanischen Veränderungen im Material enthüllt.

Caractéristiques électriques et thermophysiques du réchauffeur électrique thermoaccumulant

Résumé: Sont effectuées les études expérimentales du matériel nanomodifié avec une transition de phase. Sont déduites les particularités VAC lors de différents changements physiques et mécaniques dans le matériel.

Авторы: *Щегольков Александр Викторович* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов»; *Юдин Андрей Сергеевич* – магистрант кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Ткачев Алексей Григорьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техника и технологии производства нанопродуктов», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».