

*А. В. Щегольков, А. В. Щегольков, К. В. Шестоков**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАГРЕВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Электротермические установки (ЭТУ) для технологического обслуживания имеют ряд преимуществ (в сравнении с установками, работающими на теплоте, получаемой от внешней тепловой сети или индивидуального теплового пункта), к которым относятся:

- 1) возможность концентрации высоких мощностей в малом объеме;
- 2) получение высоких температур;
- 3) возможность получения высокой равномерности температурного поля;
- 4) легкость механизации и автоматизации ЭТУ.

В настоящее время для различных технологических процессов широко используют электронагрев сопротивлением, при котором электрическая энергия преобразуется в тепловую непосредственно в проводящей среде или проводнике, включенных в цепь электрического тока (рис. 1).

Основными элементами ЭТУ, реализующими нагрев методом сопротивления, являются нагревательные элементы (нагреватели). В ЭТУ с рабочими температурами $t_{\text{раб}} > 1250$ °С применяют неметаллические нагреватели из графита, тугоплавких металлов, их также применяют для ЭТУ низкотемпературного нагрева (300...400 °С) [1]. В диапазоне

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2014 г. в рамках Девятой научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «ТТНП» ФГБОУ ВПО «ПГТУ» А. В. Щеголькова.

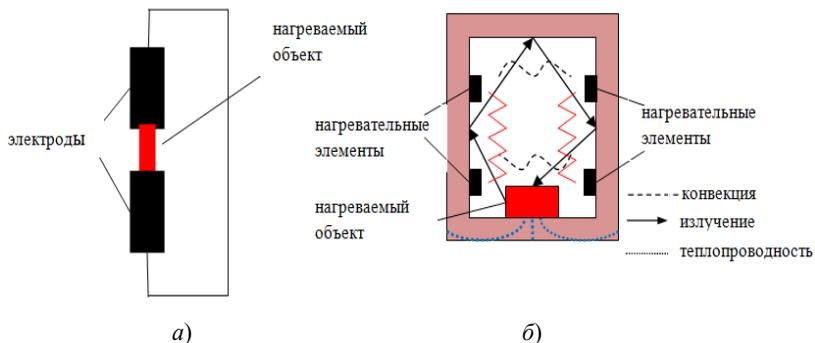


Рис. 1. Нагрев сопротивлением:
а – прямой; *б* – косвенный

температур от 90 до 400 °С используют керамические нагреватели, если требуется добиться эффекта адаптации под окружающую среду, применяют специальные легирующие добавки (стронций или свинец). Недостатком представленного типа электронагревателей является высокая стоимость, токсичность и низкая устойчивость к механическим воздействиям. Стоит отметить, что информационный обзор показал отсутствие электронагревателей с рабочим диапазоном температур менее 90 °С, однако для большинства технологических процессов и бытового использования благоприятнее использовать электронагреватели с этим верхним пределом температуры.

В связи с этим актуальным является применение электронагревателей на основе материалов, полученных путем модификации веществ с фазовым переходом, таких как церезин, воск и парафин [2]. При этом имеется возможность реализовать целый ряд новых функциональных возможностей, к которым следует отнести более эффективный тепловой контакт, устойчивый электрический контакт, теплоаккумулирование и более точное поддержание температурного диапазона, что позволяет создавать энергоэффективные системы электронагрева. Электрический нагреватель на основе наномодифицированного материала работает следующим образом: на электрические контакты 3 через токоведущие провода подается электрическое напряжение. За счет наличия в наполнителе 1 углеродного наноматериала УНМ «Таунит» происходит выделение джоулева тепла. Диэлектрическая часть накапливает это тепло, которое через оболочку в ходе теплообмена передается во внешнюю среду (рис. 2, 3).

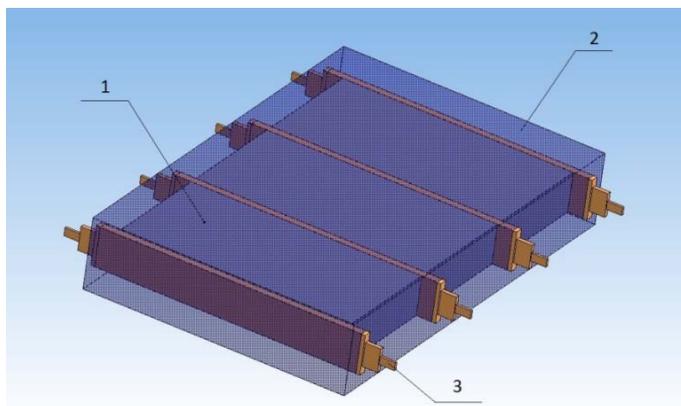


Рис. 2. Электрический нагреватель на основе наномодифицированного материала:
1 – наполнитель (наномодифицированный парафин);
2 – корпус (цементная связка); 3 – электрические контакты



Рис. 3. Внешний вид электрического нагревателя на основе наномодифицированного материала

Характеристики электрического нагревателя на основе наномодифицированного материала представлены в табл. 1.

1. Характеристики электронагревателя

Тип электронагревателя	Рабочее напряжение U , В	Диапазон рабочих температур T , °С
Цемент–парафин–УНТ	от 5 до 220	250...320
Полиэфирная смола–УНТ	от 1,5 до 50	90...250
Церезин–УНТ	от 1,5 до 12	30...90
ПЭГ–УНТ	от 1,5 до 12	30...50
Полиуретан–УНТ	от 1,5 до 12	30...120

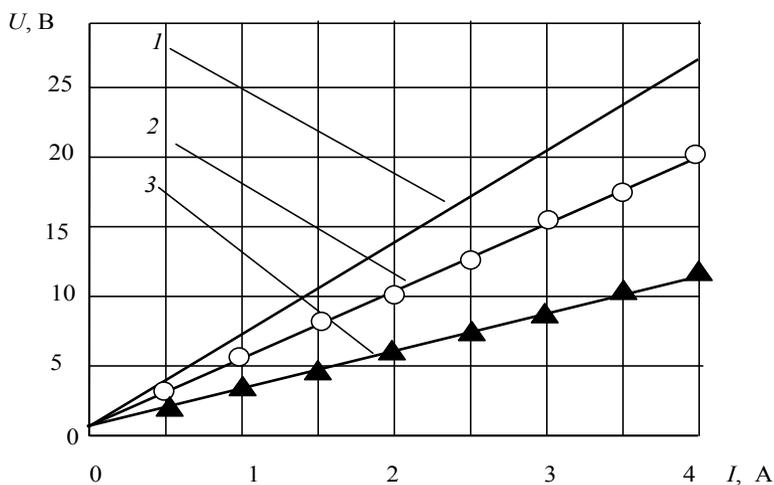


Рис. 4. ВАХ электрического нагревателя на основе наномодифицированного материала:

1 – (твердый наполнитель) с использованием цемента с 2%-ным добавлением парафина; 2 – на основе парафина; 3 – на основе церезина

На рисунке 4 показаны вольт-амперные характеристики (ВАХ) электрического нагревателя на основе наномодифицированного материала.

У разработанного электронагревателя имеются преимущества перед аналогами (вследствие новых функциональных возможностей):

- высокая энергетическая эффективность;
- модульный принцип компоновки упрощает монтаж устройств на технологическом объекте (выполняется как отдельными модулями по 50 Вт тепловой мощности, так и единым блоком от 2 кВт до 100 кВт);

- экологически чистая технология производства и эксплуатации;
- широкий диапазон стоимости, позволяющий привлечь разные категории потребителей.

Список литературы

1. *Электротехнология* / А. М. Басов, В. Г. Быков, А. В. Лаптев, В. Б. Файн. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 256 с.
2. *Пат. 2466333* Российская Федерация, МПК7 F24H7/00. Электротеплоаккумулирующий нагреватель / В. Ф. Калинин, А. В. Щегольков ; заяв. и патентообл. ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – № 2011118301/06 ; заявл. 05.05.2011 ; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 24. – 8 с.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*