

УДК 665.662.24:536.2.023

П. В. Балабанов, Е. Н. Балабанова

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПРОДУКТОВ НА МАТРИЦЕ

При моделировании теплопереноса в процессах хемосорбции [1], а также при исследовании кинетики процессов [2] поглощения углекислого газа и влаги регенеративными продуктами (РП) требуется информация о теплофизических свойствах (ТФС) хемосорбентов.

Ранее были разработаны метод и устройство [3, 4] комплексного определения ТФС РП в виде плоских образцов диаметром 110 мм и толщиной 8...10 мм.

В настоящее время созданы новые регенеративные продукты на матрице [5] которые предполагается использовать в составе индивидуальных изолирующих дыхательных аппаратов нового поколения.

В силу более высокой химической активности новых РП требуется сократить время проведения эксперимента, исключить из конструкции известного измерительного устройства (ИУ) [4] жидкостные термостаты, а также предотвратить контакт исследуемых образцов с влагой, содержащейся в окружающей среде. Для решения этих задач разработан новый метод, основанный на теории регулярного теплового режима второго рода, и ИУ, обоснование выбора конструктивных параметров которого приведено в настоящей работе.

В качестве прототипа разработанного ИУ взято известное устройство [4].

Измерительное устройство (рис. 1) состоит из трех частей: верхней, нижней и центральной.

Нижняя и верхняя части ИУ полностью идентичны, поэтому приведем описание конструктивных особенностей только нижней части. На верхнюю поверхность пластины 4 из полиметилметакрилата в форме круга по спирали Архимеда приклеивается медная проволока, выполняющая функцию термометра сопротивления ТС1. Такая конструкция термометра сопротивления позволяет в эксперименте измерять среднеинтегральную температуру $\bar{T}_{\partial 1}$ на поверхности исследуемого образца. На нижнюю поверхность пластины 4 по спирали Архимеда наклеивают медную (термометр сопротивления ТС2) и манганиновую (нагреватель Н2) проволоки. Термометром сопротивления ТС2 в эксперименте измеряют среднеинтегральную температуру $\bar{T}_{\partial 1}$. Применение в конструкции ИУ пластины из полиметилметакрилата дает возможность вычислить величину удельного теплового потока q_1 , воздействующего на поверхность исследуемого образца, по формуле

$$q_1 = k\lambda_3 \left| \frac{\bar{T}_{\partial 1} - T_{\partial 1}}{h_{\partial 1}} \right|, \quad (1)$$

где λ_3 – теплопроводность полиметилметакрилата (эталона); $h_{\partial 1}$ – толщина пластины 4; k – поправочный коэффициент.

Поверхность термометра ТС1, непосредственно контактирующая с исследуемым веществом, защищена от загрязнения тонкой металлической оболочкой. На нижнюю поверхность термометра сопротивления ТС2 и нагревателя Н2 приклеивается пластина 5, идентичная пластине 4. На нижнюю поверхность 5 наносится слой теплоизоляции 6. В деталях 4, 5, 6 предусмотрено наличие канала 7, предназначенного для вывода концов термометров сопротивления ТС1, ТС2 и нагревателя Н2 наружу и подключения их к контактам разъема 8. Нижняя часть ИУ установлена на подставку 9.

Центральная часть измерительного устройства выполнена из двух тонких латунных пластин 1, между которыми располагаются, навитые по спирали Архимеда, медная (термометр сопротивления ТС3) и манганиновая (нагреватель Н3) проволоки. Пластины 1 размещены между кольцами 2 из

теплоизоляционного материала и закреплены между собой болтами 3. Концы медной и манганиновой проволоки подключаются к контактам разъема 10.

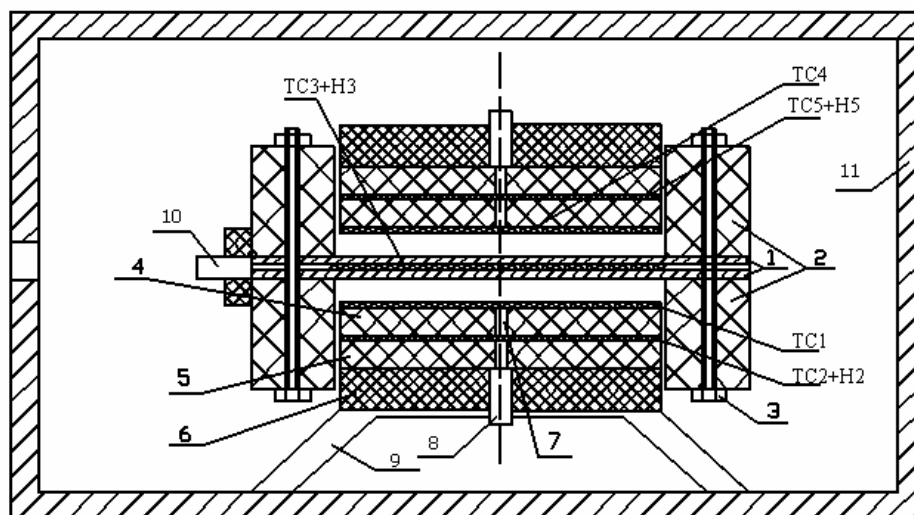


Рис. 1. Конструкция измерительного устройства

Нагревателем Н5, расположенным в верхней части измерительного устройства, задают удельный тепловой поток q_2 через второй исследуемый образец. Величину удельного теплового потока вычисляют по формуле, аналогичной (1), но по показаниям термометров сопротивления ТС4 и ТС5.

Измерительное устройство помещают в вакуум камеру 11.

Для исследования ТФС РП предлагается использовать две пары образцов, толщина каждого из которых 1...1,5 мм, а диаметр $d_0 = 50$ мм. Таким образом, толщина h_0 слоя РП составит 2...3 мм, а отношение h_0/d_0 будет в интервале 0,04...0,06, что позволит считать исследуемые образцы неограниченными пластинами [6].

Возможны несколько вариантов проведения эксперимента по измерению ТФС. Например, в первом случае можно подвести постоянное напряжение на все три нагревателя измерительного устройства. Во втором случае можно подвести постоянное напряжение только на нагреватели Н2 и Н5.

Для практической реализации предложенной конструкции ИУ необходимо дополнительно определить толщину эталонной пластины 4, которая будет влиять на точность вычисления удельных тепловых потоков q_1 , q_2 по формуле (1).

Для определения толщины пластины задавались абсолютной погрешностью измерения температур 0,07 °С [4]. Требовали, чтобы относительная погрешность измерения разности температур не превысила 1 %. Затем определяли минимальный перепад температур $|\overline{T_{31}} - \overline{T_{01}}| = 7$ °С по толщине пластины 4 и проводили численный расчет температурных полей в измерительном устройстве при различных значениях удельных тепловых потоков q_1 , q_2 и мощности, подводимой к нагревателю Н3.

В результате моделирования определено, что при значениях $q_1 = q_2 \approx 270$ Вт/м² минимальный перепад температур по толщине исследуемых образцов и по толщине эталонной пластины составит порядка 7 °С, а относительная погрешность измерения температур не превысит 1 %. Подставив полученное значение q_1 в формулу (1), можно вычислить толщину пластины 4 $h_{31} = 5$ мм.

При использовании нагревателей, выполненных из манганиновой проволоки диаметром 0,3 мм, сопротивление R нагревателя составит порядка 500 Ом [4]. При известной площади нагревателя, его удельной мощности и сопротивлении можно определить напряжение $U \approx 20$ В, которое необходимо подводить к нагревателям.

Таким образом, разработана конструкция измерительного устройства, определены геометрические параметры его основных деталей.

Исходя из требований о максимальном значении погрешности измерения температур в 1 % вычислены примерные значения напряжений, которые необходимо подводить к нагревателям ИУ.

Режимные параметры эксперимента будут уточнены при проведении реальных измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабанов, П.В. Математическое моделирование теплопереноса в процессе хемосорбции / П.В. Балабанов, С.В. Пономарев, А.В. Трофимов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 334 – 342.
2. Балабанов, П.В. Исследование кинетики поглощения углекислого газа и влаги регенеративными веществами путем определения мощности внутренних источников тепла / П.В. Балабанов, А.А. Кримштейн, С.В. Пономарев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 503 – 513.
3. Пономарев, С.В. Метод и устройство для измерения теплофизических характеристик регенеративных продуктов / С. В. Пономарев, П. В. Балабанов, Е.С. Пономарева // Измерительная техника. – 2003. – № 9. – С. 51 – 54.
4. Пат. 2243543 Российская Федерация, МПК G 01 N 25/18. Способ комплексного определения теплофизических характеристик материалов / Мищенко С.В., Пономарев С.В., Трофимов А.В., Балабанов П.В., Пономарева Е.С. ; заяв. : Тамбовский гос. техн. ун-т ; патентообладатель : Тамбовский гос. техн. ун-т. – № 2003110027/28 ; заявл. 08.04.2003 ; опубл. 27.12.2004. – 30 с.
5. Пат. 2225241 Российская Федерация, МПК А 62 D 9/00. Регенеративный продукт и способ его получения / Гладышева Т.В., Гладышев Н.Ф., Глебова О.Н., Путин Б.В. ; заяв. : ФГУП «ТамбовНИХИ» ; патентообладатель : ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2002132800/15 ; заявл. 05.12.2002 ; опубл. 10.03.2004. – 14 с.
6. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М. : Высш. шк., 1967. – 599 с.

Кафедра «Автоматизированные системы и приборы»