

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ВЕЩЕСТВ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ

Гашимова В.Р.¹, Тестов Д.С.¹, Моржухина С.В.¹, Моржухин А.М.¹

¹⁾ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Университет "Дубна", Дубна, Россия
E-mail: lera.gashimova@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR STUDYING PHASE TRANSITIONS OF SUBSTANCES DURING THE COOLING

Gashimova V.R.¹, Testov D.S.¹, Morzhukhina S.V.¹, Morzhukhin A.M.¹

¹⁾ "Dubna State University", Dubna, Russia

The work is devoted to the development of a hardware-software complex for studying the phase transitions of substances during cooling and calculating the main physical and chemical characteristics of substances.

Изучение физико-химических свойств теплоаккумулирующих материалов на основе кристаллогидратов является перспективным направлением исследований, что было показано в ряде работ [1-3]. Метод температурной истории позволяет исследовать физико-химические свойства веществ с фазовым переходом при естественном охлаждении в массе до 30 г, в отличие от метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Но в связи с необходимостью проведения большого числа экспериментальных исследований данным методом в режиме термоциклирования выполнение расчетов многих параметров в ручном режиме стало практически невозможным.

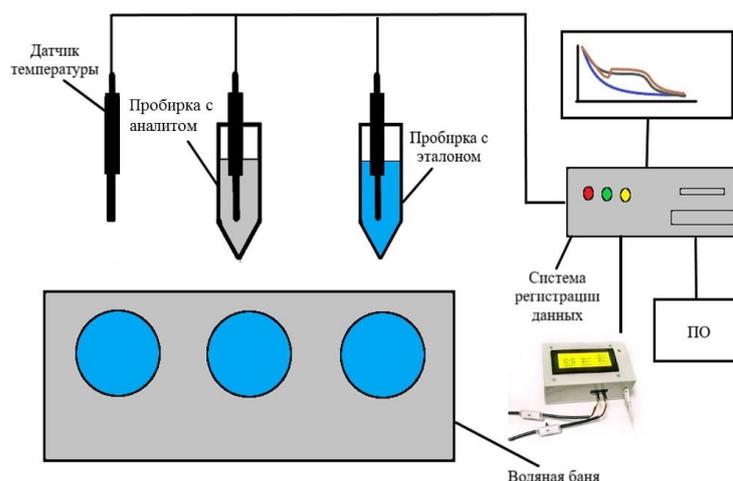


Рис. 1. Общая схема аппаратно-программного комплекса ТИ

Для автоматизации процесса обработки экспериментальных данных был разработан аппаратно-программный комплекс, позволяющий измерять изменение температуры во времени в режимах нагрева и охлаждения (АПК ТИ). АПК ТИ позволяет и рассчитать ряд некоторых физико-химических характеристик: переохлаждение Δt , °С, коэффициент теплопередачи h , Вт/(м²·К), удельную теплоемкость в твердой и жидкой фазах c_p , Дж/(г·К), теплоту фазового перехода ΔH , Дж/г, а также суммарную энтальпию при охлаждении $\Sigma \Delta H$, Дж/г, образца в измеряемом температурном диапазоне. АПК ТИ включает в себя аппаратную часть и программную часть, позволяющую в режиме реального времени рассчитывать физико-химические параметры на основании графической информации, получаемой в режиме измерения температурной истории под контролем АПК ТИ.

Метод обработки экспериментальных данных основывается на сравнении кривых охлаждения эталона и образца [4], поэтому важным условием работы с аппаратным комплексом является строгий контроль параметров, влияющих на любые отклонения кривых нагрева и охлаждения в процессе измерения. АПК ТИ проводит автоматическое сравнение экспериментальных кривых на любом этапе проведения эксперимента и, в зависимости от настраиваемых параметров, рассчитывает физико-химические свойства с учетом всех колебаний кривых на графике.

В качестве примера исследования приведены расчеты физико-химических параметров теплоаккумулирующих материалов для тригидрата ацетата натрия в смеси с добавками, а также измерены физико-химические свойства нескольких кристаллогидратов и проведено сравнение с литературными данными, соответствие с которыми является подтверждением работоспособности АПК ТИ.

1. Sharma A., Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 318-345 (2009)
2. Kumar N., Banerjee D., Chaves R. Jr. Journal of Energy Storage. Vol. 20, pp. 153-162 (2018)
3. .M. Morzhukhin, D.S. Testov, S.V. Morzhukhina. Materials Science Forum ISSN: 1662-9752. Vol. 989, pp. 165-171 (2020)
4. A. Solé, L. Miró, C. Barreneche [etc.] Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 26, pp. 425-436 (2013)