

УДК 544

**О. В. КРАВЧЕНКО, Р. А. ПАНТЕЛЕЙМОНОВ, К. Д. ПЕРШИНА****ТЕРМОХІМІЧНА ПОВЕДІНКА САМОРОЗІГРІВАЮЧИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ПІРОЛІЗНОГО ЗАЛІЗА В ПРИСУТНОСТІ БАГАТОАТОМНИХ СПИРТІВ**

В роботі представлені експериментальні дані, основані на фізико-хімічних і термічних випробуваннях саморозігріваючих систем на основі піролізного заліза. Проведено дослідження впливу добавок гліцерину і пропіленгліколю на кінетику, ефективність нагріву і теплопередачі цих систем. На основі аналізу ефективності тепловіддачі і кінетики нагріву, обумовлених природою спирту і розведенням, встановлено вплив кількості  $\text{OH}^-$  груп в молекулі спирту на формування областей локального розігріву. Показано, що однією з умов для локального розігріву в місці контакту розчину з порошком заліза є підвищення концентрації протонів. Отримані результати можна використовувати в термогальванічних елементах на основі заліза для стабілізації тангенціального градієнту температури.

**Ключові слова:** саморозігрів; піроліз заліза; гліцерин; пропіленгліколь; термогальванічний елемент.

В работе представлены экспериментальные данные, основанные на физико-химических и термических испытаниях саморазогревающихся систем на основе пиролизного железа. Проведены исследования влияния добавок глицерина и пропиленгликоля на кинетику, эффективность нагрева и теплопередачи этих систем. На основе эффективности теплоотдачи и кинетики нагрева, обусловленных природой спирта и разведением, установлено влияние количества  $\text{OH}^-$  групп в молекуле спирта на формирование областей локального разогрева. Показано, что одним из условий для локального разогрева в месте контакта раствора с порошком железа является повышение концентрации протонов. Полученные результаты можно использовать в термогальванических элементах на основе железа для стабилизации тангенциального градиента температуры.

**Ключевые слова:** саморазогрев, пиролиз железа, глицерин, пропиленгликоль, термогальванический элемент.

Polyhydric alcohols, in particular glycerol, ethylene glycol and propylene glycol are widely used as the basis of liquids for convective heat transfer systems. In the last decades, systems based on polyhydric alcohols began to use to increase the coefficient of convective heat transfer in composite liquids containing dispersed solid-phase additives ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ , metal powders, etc.). Iron and its oxides occupy a special place in additive series due to their ability to self-heating, magnetic and semiconductor properties, which forming conditions for non-adiabatic processes and initiate structural evolution of the iron compounds during heating. Also the nature of polyhydric alcohols and the concentration changes influence on the kinetic parameters of the exothermic reactions. In this situation the convective heat transfer is required condition of the efficiency work of self-heating systems based on pyrolysis iron. The following materials were used for making the samples: iron powder, expanded vermiculite with a thermal conductivity of 0.05 W/m·K, activated carbon, crystalline sodium chloride, carbamide, glycerin, propylene glycol. Samples temperatures were measured by contact thermometer WT-1, in the temperature range of  $-50 \dots +300$  °C (error of 0.01 °C). Experiment was carried out in air. Measurement was stopped at constant ambient temperature setting. The area of the contact with the heated surface was  $2 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>. An analysis of the experimental results revealed the correlation between the values of the convective heat transfer coefficient ( $h_c$ ), thermal conductivity and heat capacity of the water-alcohol mixture by the dilution of alcohol solutions. The experimental data has shown that water is the initiator of an exothermic reaction. Glycerol unlike propylene glycol has no significant effect on the efficiency of the exothermic reaction. The change in the nature of the alcohol molecule, which is characterized by an increasing of number of hydroxyl groups, monotonically decreases with values of the pH of its aqueous solution. The relatively low pH values of propylene glycol solutions accelerate the corrosion of iron in presence of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  ions. In this case heat transfer is increased by 1.5 times relative to the test system. Such behavior forms the conditions for local heating at the point of contact of the solution with iron powder. So propylene glycol additives can be used in iron-based thermal metal elements to stabilize the tangential temperature gradient. The obtained results can be used in iron-based thermogalvanic elements to stabilize the tangential temperature gradient and generation of the areas with supplementary concentration gradients.

**Keywords:** self-heating; pyrolysis iron; glycerin; propylene glycol; thermo-galvanic element.

**Вступ.** Багатоатомні спирти, зокрема гліцерин, етиленгліколь і пропіленгліколь широко використовуються в якості основи рідин в системах конвективної теплопередачі [1]. Зазвичай етиленгліколь або пропіленгліколь, змішаний з водою в різних пропорціях, використовують для зниження температури замерзання теплоносія [2]. Однак, останнім десятиліттям, системи на основі багатоатомних спиртів стали використовуватися в композитних рідинах, що містять дисперговані твердофазні домішки ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ , металеві порошки та ін.) для збільшення коефіцієнта конвективної теплопередачі. Введення незначних кількостей таких домішок від 0,3 об. % до 3 об. % здатне збільшити

теплопровідність рідини від 40 % до 75 % [1, 3 – 5]. Залізо і його оксиди займають особливе місце, оскільки вони не тільки мають здатність до саморозігріву, але і мають магнітні й напівпровідникові властивості, що обумовлюють появу в них неадіабатичних процесів при нагріванні і ініціацію структурної еволюції сполук заліза [6 – 8]. Наявність подібних властивостей, зумовлює їх електрохімічну активність за присутності редокс пар і границі контакту оксидів заліза з різним ступенем окислення і типом провідності [9, 10]. Але, в разі електрохімічної системи, співвідношення багатоатомних спиртів щодо металеві і метал оксидної фаз мають суттєві відмінності:

спирти повинні бути домішками, а не основними компонентами системи, які покращують конвективну тепловіддачу і підвищують ефективність роботи системи в цілому за рахунок утворення кислот Бренстеда-Лоурі [11, 12].

Таким чином, вплив малих домішок багатоатомних спиртів на термохімічну активність і зміна коефіцієнта конвективної тепловіддачі систем на основі заліза і його оксидів є необхідним фактором, який дозволяє підвищити термічну ефективність не тільки саморозігріваючих систем, але й отримати необхідні параметри для створення більш ефективних електрохімічних пристроїв для перетворення енергії.

**Мета роботи.** Метою цієї роботи є дослідження впливу природи багатоатомного спирту і зміни їх концентрації на кінетичні параметри екзотермічної реакції і коефіцієнти конвективної тепловіддачі саморозігріваючих систем на основі піролізного заліза.

**Методика експерименту.** Для виготовлення зразків використовувалися наступні матеріали: порошок

залізний марки ПЖР 3.200.28-30 з насипною щільністю від  $2,7 \pm 0,2$  г/см<sup>3</sup> Україна (табл. 1), спучений вермикуліт Каменногогільного родовища України з теплопровідністю 0,05 Вт/м·К (табл. 2), активоване вугілля БАУ-А, кристалічний хлорид натрію, Україна (хч), карбамід U5128 Sigma-Aldrich (99,0 – 100,5 %), гліцерин G9012-100ML Sigma-Aldrich, пропіленгліколь P4347-500ML Sigma-Aldrich.

Компоненти змішували в співвідношеннях, зазначених в таблиці 3, в двох режимах: з перемішуванням компонентів суміші (+) та без перемішування компонентів суміші (–).

Для вимірювання температури використовувався контактний термометр WT-1 з температурним діапазоном  $-50 \div +300$  °С та похибкою 0,01 °С. Експеримент проводився в об'ємі зразка на повітрі. Вимірювання зупинялось при встановленні постійної температури навколишнього середовища. Площа контакту з нагрітою поверхнею становила  $2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>.

Таблиця 1 – Хімічний склад вермикуліту, мас. %

SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
43,0 ± 5	21,0 ± 3	15,0 ± 2,5	7,4 ± 5	6,8 ± 4,5	8,2 ± 3,5	1,5 ± 0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	CaO	FeO	Na <sub>2</sub> O	Cl	S
0,3 ± 0,02	0,2 ± 0,03	0,9 ± 0,05	0,8 ± 0,2	0,3 ± 0,08	0,2 ± 0,05	0,07 ± 0,0003

Таблиця 2 – Масова частка домішок в порошковому залізі, мас. %

C	Si	Mn	S	P	O
0,05	0,08	0,20	0,02	0,02	0,5

Розрахунок коефіцієнта конвективної тепловіддачі проводили з використанням рівнянь:

$$q = h_c A (T_s - T_a), \quad (1)$$

$$h_c = q C_p / A (T_s - T_a), \quad (2)$$

де  $q$  – швидкість віддачі тепла в одиницю часу (W град/хв.),  $A$  – площа поверхні (м<sup>2</sup>),  $T_s$  – температура поверхні (°С),  $T_a$  – температура повітря (°С),  $C_p$  – питома теплоємність кДж/(кг·К),  $h_c$  – коефіцієнт конвективної тепловіддачі.

Визначення фактору рН водно-спиртових сумішей проводилося з використанням лабораторного іоніміра И-160 М, хлорид-срібного (ЕВЛ-1МЗ.1) і скляного (ЕС-1) електродів.

Таблиця 3 – Склад досліджуваних зразків

№ зразка	Fe, %	Вермикуліт, %	Активоване вугілля, %	NaCl, %	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , %	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> , %	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> , %	H <sub>2</sub> O, %	Режим
1	19	28	19	1	4	11	–	18	+
2	19	28	19	1	4	10	–	19	–
3	19	28	19	1	4	9	–	20	+
4	19	28	19	1	4	8	–	21	–
5	19	28	19	1	4	7	–	22	+
6	17	25	17	1	4	–	19	17	–
7	17	26	17	1	4	–	7	18	+

**Результати та їх обговорення.** Вивчення термічної активності сумішей (табл. 3) встановило залеж-

ність коефіцієнта конвективної тепловіддачі від концентрації і природи багатоатомного спирту (табл. 4).

Аналіз результатів експерименту виявив наявність кореляції значень  $h_c$ , теплопровідності і теплоємності водно-спиртової суміші від розведення розчинів спиртів. При зниженні концентрації  $C_3H_8O_2$  до 8 об. % спостерігається монотонне підвищення цих параметрів. Максимальні значення коефіцієнта теплопередачі в 2 рази перевищують значення зразка без добавок спиртів. Однак, після подальшого розведення коефіцієнт конвективної теплопередачі починає знижуватися. У разі  $C_3H_8O_3$  ефект розведення виражений слабо.

Кінетичні дослідження зразків підтвердили наявність залежності швидкості теплопередачі від розведення, а також встановили складний характер кінетики

тепловіддачі зі зниженням концентрації спиртів, що характеризує появою двох і більше максимумів (рис. 1, 2). Наявність двох піків (зразки з гліцерином) зазвичай характерно для систем з участю ініціатора екзотермічної реакції, в якості якого часто виступає вода [13]. Підвищення кількості піків (зразка з пропіленгліколем) вказує на можливість формування локальних просторово розділених областей екзотермічної реакції, які ускладнюють дифузійний масоперенос окиснювача [14]. Отже, ефект розведення обумовлений підвищенням кількості води (табл. 3), яка ініціює екзотермічну реакцію, а пропіленгліколь обмежує області реалізації реакції.

Таблиця 4 – Залежність ефективності тепловіддачі від концентрації і природи багатоатомного спирту.

Спирт	w[спирту], %	Час досягнення max температури, хв	Час утримання max температури, хв	Коефіцієнт конвективної теплопередачі, $h$	Ср водно-спиртової суміші кДж/(кг·К)	Теплопровідність водно-спиртової суміші Вт/(м·К)
$C_3H_8O_2$	11	0	0	1858	3,58	0,394
$C_3H_8O_2$	10	2	4	4108	3,62	–
$C_3H_8O_2$	9	3	6	5506	3,77	–
$C_3H_8O_2$	8	3	3	5946	3,95	–
$C_3H_8O_2$	7	8	5	5538	3,98	–
$C_3H_8O_3$	19	2	3	2704	2,47	0,279
$C_3H_8O_3$	17	2	5	3084	2,53	–
без спирту	0	8	12	2880	–	–

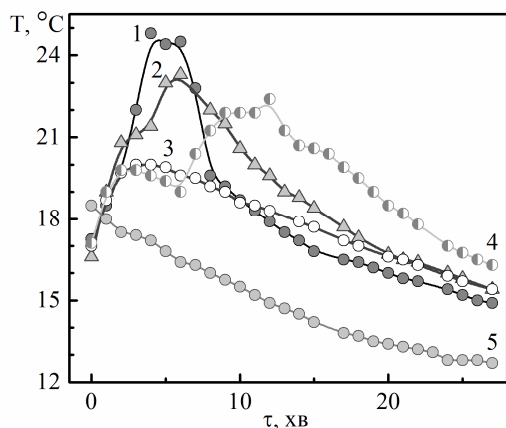


Рис. 1 – Кінетичні криві тепловіддачі в системі з пропіленгліколем: 1 – зразок № 4; 2 – зразок № 3; 3 – зразок № 2; 4 – зразок № 5; 5 – зразок № 1.

Детальний аналіз термічної поведінки пропіленгліколю встановив локалізацію термічної реакції в області концентрацій 7 – 9 мас. %, з максимумом в області 8 % (рис. 3, 4), що обумовлено двома факторами: 1 – здатністю утворювати двошарові комплекси або мономолекулярний шар на поверхні вермикуліта [15, 16]; 2 – здатність змінювати рН в результаті протолізу води [17].

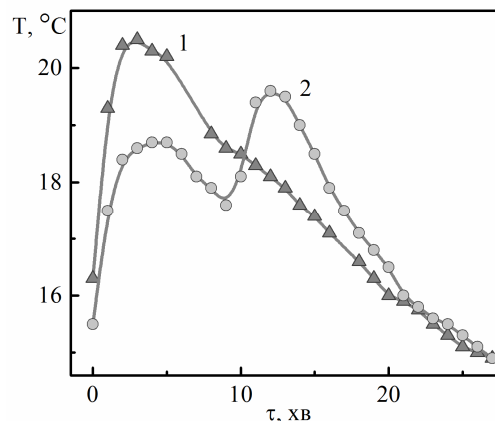


Рис. 2 – Кінетичні криві тепловіддачі в системі з гліцерином: 1 – зразок № 6; 2 – зразок № 7.

Експериментально зафіксована зміна рН водних розчинів гліцерину і пропіленгліколю, що підтверджує зниження рН в результаті взаємодії спиртів з водою (рис. 5). Виявлено, що розчини пропіленгліколю мають більш кисле середовище, ніж розчини гліцерину і з розведенням кислотність середовища монотонно знижується, а в розчинах гліцерину починаючи з концентрації 15 мас. % рН залишається незмінною.

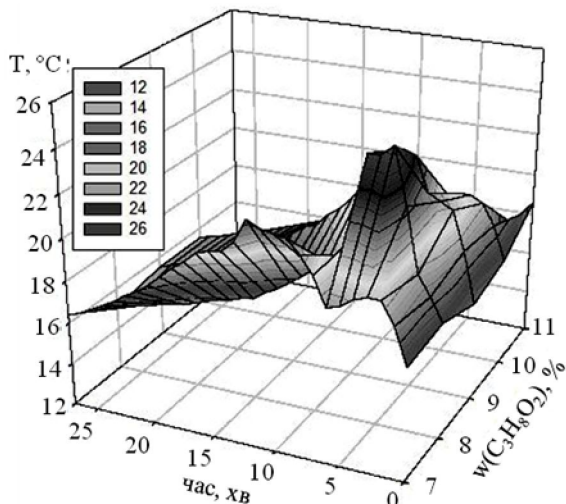


Рис. 3 – Залежність впливу концентрації пропіленгліколю на кінетичні властивості суміші (3d вид).

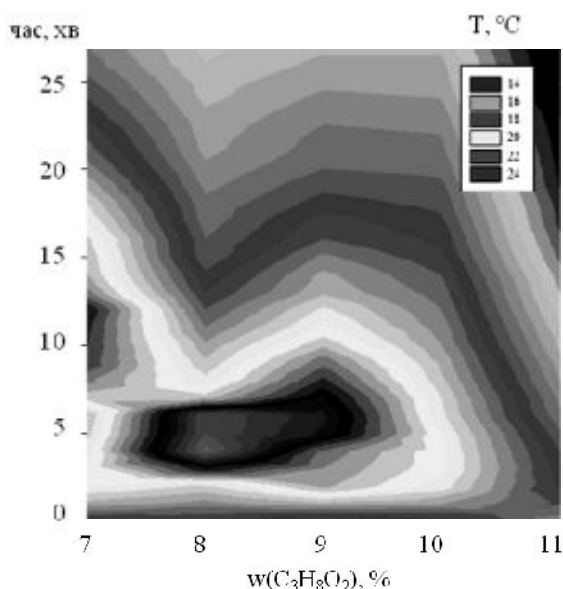


Рис. 4 – Контурна діаграма залежності впливу концентрації пропіленгліколю на кінетичні властивості суміші.

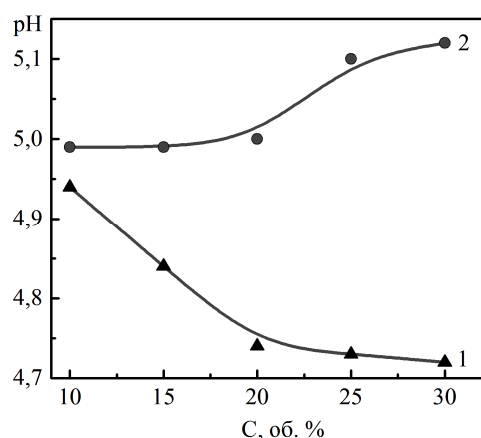


Рис. 5 – Кислотність водних розчинів: 1 – пропіленгліколю; 2 – гліцерина.

Таким чином, підвищення концентрації іонів водню є визначальним фактором появи локальних облас-

тей в системах з пропіленгліколем, пов'язаних з прискоренням корозії заліза при одночасній присутності іонів  $\text{Fe}^{2+}$  і  $\text{Fe}^{3+}$  і продуктів окислення пропіленгліколю на повітрі (гліколеву і мурашину кислоти).

В цьому випадку спостерігається підвищення тепловиділення в 3 рази [18]. Отже, застосування пропіленгліколю як незначних добавок створює умови для локального розігріву в місці контакту розчину з порошком заліза і формування тангенціального градієнта температури [19].

### Висновки.

Дослідження впливу домішок багатоатомних спиртів в саморозігріваючій системі на основі піролізного заліза встановили залежність ефективності тепловіддачі і кінетики нагріву від природи спирту і розведення.

Аналіз експериментальних даних показав, що вода є ініціатором екзотермічної реакції, а гліцерин на відміну від пропіленгліколю надає незначний вплив на ефективність протікання екзотермічної реакції.

Зміна природи спирту, яке характеризується збільшенням кількості гідроксильних груп в молекулі, монотонно знижує значення рН його водного розчину.

Відносно низькі значення рН розчинів пропіленгліколю пришвидшують корозію заліза при одночасній присутності іонів  $\text{Fe}^{2+}$  і  $\text{Fe}^{3+}$  з підвищенням ефективності тепловиділення в 2 рази відносно тестової системи, і формує умови для локального розігріву в місці контакту розчину з порошком заліза.

Домішки пропіленгліколю можна використовувати в термогальванічних елементах на основі заліза для стабілізації тангенціального градієнта температури.

### Список літератури

1. Wang X. Q., Mujumdar A. S. Heat transfer characteristics of nanofluids: a review. *International Journal of Thermal Sciences*, 2007, Vol. 46, pp. 1 – 19.
2. McQuiston F. C., Parker J. D., Spitler J. D. *Heating, Ventilating, and Air Conditioning. Analysis and Design*. New York.: John Wiley & Sons Inc., 2005, 641 p.
3. Pak C., Cho Y. L. Hydrodynamics and heat transfer study of dispersed fluids with submicron metallic oxide particles. *Experimental Heat Transfer*, 1998, Vol. 11, pp. 151 – 170.
4. Namburu P. K., Kulkarni D. P., Dandekar A., and Das D. K. Experimental investigation of viscosity and specific heat of silicon dioxide nanofluids. *Micro & Nano Letters*, 2007, Vol. 2, Iss. 3, pp. 67 – 71.
5. Kwak K., Kim C. Viscosity and thermal conductivity of copper oxide nanofluid dispersed in ethylene glycol. *Korea-Aust. Rheol. J.* 2005, Vol. 17, Iss. 2, pp. 35 – 40.
6. Garimella S. V., Fleischer A. S., Murthy J. Y. et al. Thermal challenges in next-generation electronic systems. *IEEE Transactions on components and packaging technologies*, 2008, Vol. 31, Iss. 4, pp. 801 – 815.

7. Lahiri B. B., Surojit R., and John Ph. Uncertainties in the estimation of specific absorption rate during radiofrequency alternating magnetic field induced non-adiabatic heating of ferrofluids. *J. Physics D: Appl. Physics*, 2017, Vol. 50, Iss. 45, P. 455005
8. Aguiló-Aguayo N., Liu Zh., Bertran E., and Yang J. Thermal-induced structural evolution of carbon-encapsulated iron nanoparticles generated by two different methods. *J. Phys. Chem*, 2013, Vol. 117, Iss. 37, pp. 19167–19174. DOI: 10.1021/jp4025552
9. Hardee K. I., Bard A. Semiconductor electrodes X. Photoelectrochemical behavior of several polycrystalline metal oxide electrodes in aqueous solutions. *J. Electrochem. Soc.: Electrochemical Science and Technology*, 1977, pp. 215 – 225.
10. Tannhauser D. S. Conductivity in iron oxides. *J. Physics and Chem. Solids*, 1962, Vol. 23, pp. 25 – 34. DOI: 10.1016/0022-3697(62)90053-7
11. Armand M., Tarascon J.-M. Building better batteries. *Nature*, 2008, Vol. 451, pp. 652 – 657. DOI:10.1038/451652a
12. Sundar L. S., M. K. Singh, Sousa A. C. M. Thermal conductivity of ethylene glycol and water mixture based Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanofluid. *Inter. Communications in Heat and Mass Transfer*, 2013, Vol. 49, pp. 17 – 24. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2013.08.026
13. Astankova A. P., Godymchuk A. Yu., Gromov A. A., and Il'in A. P. The kinetics of self-heating in the reaction between aluminum nanopowder and liquid water. *Russ. J. Physical Chem.* 2008, Vol. 82, Iss. 11, pp. 1913 – 1920.
14. Nordon P. A model for the self-heating reaction of coal and char. *Fuel*, 1979, Vol. 58, Iss. 6, pp. 456 – 464.
15. Brindley G. W. Ethylene glycol and glycerol complexes of smectites and vermiculites. *Clay Minerals*, 1966, Vol. 6, pp. 237 – 259.
16. Кравченко А. В. Микроструктура и термохимические свойства смеси порошковое железо – графит – вермикулит / А. В. Кравченко, Е. Д. Першина // УХЖ. – 2017. – № 6. – С. 117 – 124.
17. Sengwa R.J., Chaudhary R., Mehrotra S. C. Dielectric behaviour of propylene glycol-water mixtures studied by time domain reflectometry. *Molecular Physics*, 2001, Vol. 99, Iss. 21, pp. 1805 – 1812. DOI: 10.1080/00268970110072782
18. Agnew R. J., Truitt J. K., Robertson W. D. Corrosion of Metals in Ethylene Glycol Solutions. *Ind. Eng. Chem*, 1958, Vol. 50, Iss. 4, pp 649 – 656. DOI: 10.1021/ie50580a038
19. Nuwayhid R. et al. On entropy generation in thermoelectric devices. *Energy, Conversion and Management*, 2000, Vol. 41, pp. 891 – 914.
5. Kwak K., Kim C. Viscosity and thermal conductivity of copper oxide nanofluid dispersed in ethylene glycol. *Korea-Aust. Rheol. J.* 2005, Vol. 17, Iss. 2, pp. 35 – 40.
6. Garimella S. V., Fleischer A. S., Murthy J. Y. et al. Thermal challenges in next-generation electronic systems. *IEEE Transactions on components and packaging technologies*, 2008, Vol. 31, Iss. 4, pp. 801 – 815.
7. Lahiri B. B., Surojit R., and John Ph. Uncertainties in the estimation of specific absorption rate during radiofrequency alternating magnetic field induced non-adiabatic heating of ferrofluids. *J. Physics D: Appl. Physics*, 2017, Vol. 50, Iss. 45, P. 455005
8. Aguiló-Aguayo N., Liu Zh., Bertran E., and Yang J. Thermal-induced structural evolution of carbon-encapsulated iron nanoparticles generated by two different methods. *J. Phys. Chem*, 2013, Vol. 117, Iss. 37, pp. 19167–19174. DOI: 10.1021/jp4025552
9. Hardee K. I., Bard A. Semiconductor electrodes X. Photoelectrochemical behavior of several polycrystalline metal oxide electrodes in aqueous solutions. *J. Electrochem. Soc.: Electrochemical Science and Technology*, 1977, pp. 215 – 225.
10. Tannhauser D. S. Conductivity in iron oxides. *J. Physics and Chem. Solids*, 1962, Vol. 23, pp. 25 – 34. DOI: 10.1016/0022-3697(62)90053-7
11. Armand M., Tarascon J.-M. Building better batteries. *Nature*, 2008, Vol. 451, pp. 652 – 657. DOI:10.1038/451652a
12. Sundar L. S., M. K. Singh, Sousa A. C. M. Thermal conductivity of ethylene glycol and water mixture based Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanofluid. *Inter. Communications in Heat and Mass Transfer*, 2013, Vol. 49, pp. 17 – 24. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2013.08.026
13. Astankova A. P., Godymchuk A. Yu., Gromov A. A., and Il'in A. P. The kinetics of self-heating in the reaction between aluminum nanopowder and liquid water. *Russ. J. Physical Chem.* 2008, Vol. 82, Iss. 11, pp. 1913 – 1920.
14. Nordon P. A model for the self-heating reaction of coal and char. *Fuel*, 1979, Vol. 58, Iss. 6, pp. 456 – 464.
15. Brindley G. W. Ethylene glycol and glycerol complexes of smectites and vermiculites. *Clay Minerals*, 1966, Vol. 6, pp. 237 – 259.
16. Kravchenko A. V., Pershyna E. D. Mykrostruktura i termokhymicheskye svoystva smesy poroshkovoe zhelezo – hrafyt – vermykulit [Microstructure and thermochemical properties of the powder iron-graphite-vermiculite mixture]. *Ukrainian Chem. J.* 2017, Iss. 6, pp. 117 – 124.
17. Sengwa R.J., Chaudhary R., Mehrotra S. C. Dielectric behaviour of propylene glycol-water mixtures studied by time domain reflectometry. *Molecular Physics*, 2001, Vol. 99, Iss. 21, pp. 1805 – 1812. DOI: 10.1080/00268970110072782
18. Agnew R. J., Truitt J. K., Robertson W. D. Corrosion of Metals in Ethylene Glycol Solutions. *Ind. Eng. Chem*, 1958, Vol. 50, Iss. 4, pp 649 – 656. DOI: 10.1021/ie50580a038
19. Nuwayhid R. et al. On entropy generation in thermoelectric devices. *Energy, Conversion and Management*, 2000, Vol. 41, pp. 891 – 914.

#### References (transliterated)

1. Wang X. Q., Mujumdar A. S. Heat transfer characteristics of nanofluids: a review. *International Journal of Thermal Sciences*, 2007, Vol. 46, pp. 1 – 19.
2. McQuiston F. C., Parker J. D., Spitler J. D. *Heating, Ventilating, and Air Conditioning. Analysis and Desing*. New York.: John Wiley & Sons Inc., 2005, 641 p.
3. Pak C., Cho Y. L. Hydrodynamics and heat transfer study of dispersed fluids with submicron metallic oxide particles. *Experimental Heat Transfer*, 1998, Vol. 11, pp. 151 – 170.
4. Namburu P. K., Kulkarni D. P., Dandekar A., and Das D. K. Experimental investigation of viscosity and specific heat of silicon dioxide nanofluids. *Micro & Nano Letters*, 2007, Vol. 2, Iss. 3, pp. 67 – 71.

Надійшло (received) 29.12.17

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Термохімічна поведінка саморозігрівуючих систем на основі піролізного заліза в присутності багатоатомних спиртів / О. В. Кравченко, Р. А. Пантелеймонов, К. Д. Першина // Вісник НТУ «ХП».**

– Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 49 (1270). – С. 54 – 59.  
– Бібліогр.: 19 назв. – ISSN 2079-0821.

**Термохимическое поведение саморазогревающихся систем на основе пиролизного железа в присутствии многоатомных спиртов / А. В. Кравченко, Р. А. Пантелеймонов, Е. Д. Першина // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 49 (1270). – С. 54 – 59. – Бібліогр.: 19 назв. – ISSN 2079-0821.**

**Thermochemical behavior of self-heating systems based on pyrolysis iron in the presence of polyhydric alcohols / A. Kravchenko, R. Panteleymonov, K. Pershina // Bulletin of NTU “KhPI”. – Series: Chemistry, Chemical Engineering and Ecology. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2017. – No 49 (1270). – P. 54 – 59. – Bibliogr.: 19 names. – ISSN 2079-0821.**

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Кравченко Олександр Володимирович** – міжвідомче відділення електрохімічної енергетики НАН України, аспірант; тел.: (093) 15-47-672; e-mail: kravchenkoalex@i.ua

**Кравченко Александр Владимирович** – межведомственное отделение электрохимической энергетики НАН Украины, аспирант; тел.: (093) 15-47-672; e-mail: kravchenkoalex@i.ua

**Kravchenko Olexandr Volodumirovych** – Inter-Agency (Joint) Department of Electrochemical Energy Systems NAS of Ukraine, graduate student, tel.: (093) 15-47-672; e-mail: kravchenkoalex@i.ua

**Пантелеймонов Радислав Анатолійович** – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», магістрант; тел.: (099) 18-28-535; e-mail: radik20031@gmail.com

**Пантелеймонов Радислав Анатольевич** – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», магистрант; тел.: (099) 18-28-535; e-mail: radik20031@gmail.com

**Pantelejmonov Radyslav Anatolijevych** – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, master’s student; tel.: (099) 18-28-535; e-mail: radik20031@gmail.com

**Першина Катерина Дмитрівна** – доктор хімічних наук, доцент, міжвідомче відділення електрохімічної енергетики НАН України, провідний науковий співробітник; тел.: (066) 48-35-366; e-mail: katherinpersh@gmail.com

**Першина Екатерина Дмитриевна** – доктор химических наук, доцент, межведомственное отделение электрохимической энергетики НАН Украины, ведущий научный сотрудник; тел.: (066) 48-35-366; e-mail: katherinpersh@gmail.com

**Pershina Kateryna Dmytrivna** – Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Inter-Agency (Joint) Department of Electrochemical Energy Systems NAS of Ukraine, Leading Investigator; tel.: (066) 48-35-366; e-mail: katherinpersh@gmail.com