

*Е. А. БЕЛЯНОВСКАЯ, Г. Н. ПУСТОВОЙ, К. М. СУХОЙ, Е. В. КОЛОМИЕЦ, М. П. СУХОЙ*

### **АДСОРБЦИОННЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНЫХ АДСОРБЕНТОВ «СИЛИКАГЕЛЬ – СУЛЬФАТ НАТРИЯ»**

Исследованы процессы эксплуатации адсорбционной холодильной гелиоустановки на основе композитных адсорбентов «силикагель – натрий сульфат». Получила дальнейшее развитие методика расчета адсорбционного солнечного холодильника. Проанализирован рабочий цикл солнечного адсорбционного холодильника. Установлены основные факторы, влияющие на холодильный коэффициент цикла адсорбционной холодильной гелиоустановки на основе композита «силикагель – сульфат натрия»: состав и адсорбционная емкость композита, определяющие его массу, разность температуры адсорбента и температуры регенерации. Выявлена корреляция между составом адсорбента и холодильным коэффициентом установки. Показан рост холодильного коэффициента при росте содержания сульфата натрия в композите, как следствие снижения массы адсорбента. Подтверждено влияние режима процесса регенерации композита на холодильный коэффициент установки. Показан рост величины холодильного коэффициента при снижении разницы температур адсорбента и температуры регенерации в интервале 85 – 55 °С. Определено, что максимальные значения холодильного коэффициента 1,14 соответствуют разнице между температурой адсорбента и температурой регенерации, равной 55 °С, для композитов, содержащих около 20 масс. % силикагеля и 80 масс. % сульфата натрия.

**Ключевые слова:** адсорбционный холодильник, композитный адсорбент, холодильный коэффициент, адсорбция, адсорбционная емкость, температура регенерации.

### *О. А. БЕЛЯНОВСЬКА, Г. М. ПУСТОВОЙ, К. М. СУХИЙ, О. В. КОЛОМІЄЦЬ, М. П. СУХИЙ* **АДСОРБЦІЙНІ ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТНИХ АДСОРБЕНТІВ «СИЛКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ»**

Досліджено процеси експлуатації адсорбційної холодильної гелиоустановки на основі композитних адсорбентів «силикагель – натрий сульфат». Отримала подальший розвиток методика розрахунку адсорбційного сонячного холодильника, яка включає встановлення кількості тепла, яке необхідно відібрати з холодильної камери, зокрема, тепла, що йде на охолодження самої камери і внесених продуктів і на покриття теплових втрат як самої камери так і при відкритті камери при внесенні продуктів, розрахунок мас робочої рідини (води) та адсорбенту, кількості теплоти, яку необхідно затратити на регенерацію адсорбенту, а також визначення холодильного коефіцієнта. Встановлено основні фактори, які впливають на холодильний коефіцієнт циклу адсорбційної холодильної гелиоустановки на основі композиту «силикагель – натрий сульфат»: склад і адсорбційна ємність композиту, що визначають його масу, різниця температури адсорбенту і температури регенерації. Виявлено кореляцію між складом адсорбенту та холодильним коефіцієнтом установки. Показано зростання холодильного коефіцієнту при зростанні вмісту натрій сульфату в композиті, як результат зниження маси адсорбента. Підтверджено вплив режиму процесу регенерації композита на холодильний коефіцієнт установки. Показано зростання величини холодильного коефіцієнту при зменшенні різниці температур адсорбенту та температури регенерації в інтервалі 85 – 55 °С. Визначено, що максимальні значення холодильного коефіцієнта 1,14 відповідають різниці між температурою адсорбенту та температурою регенерації, яка дорівнює 55 °С, для композитів, які містять близько 20 мас. % силикагелю та 80 мас. % натрій сульфату.

**Ключеві слова:** адсорбційний холодильник, композитний адсорбент, холодильний коефіцієнт, адсорбція, адсорбційна ємність, температура регенерації.

### *E. A. BELYANOVSKAYA, G. N. PUSTOVOY, K. M. SUKHYY, O. V. KOLOMIYETS, M. P. SUKHYY* **ADSORPTIVE CHILLING DEVICES BASED ON COMPOSITE ADSORBENTS «SILICA GEL – SODIUM SULPHATE»**

The operation processes of adsorptive solar chilling device on the basis of composite adsorbents 'silica gel - sodium sulphate' were studied. The main factors affected the coefficient of energy performance of the cycle of solar adsorptive chilling device based on the composites 'silica gel – sodium sulfate' were stated to be composition and adsorption capacity of the composite, determining its mass, difference between the temperature of the adsorbent and the temperature of regeneration. The correlation between the composition of the adsorbent and the coefficient of energy performance of the device was revealed. The coefficient of energy performance is increased with raising sodium sulfate content in the composite, as a consequence of decreasing of adsorbent mass. Effect of the regeneration process parameters on the composite on the coefficient of performance of the adsorptive chiller was stated. The growth of the coefficient of performance is shown with decreasing the difference between adsorbent temperature and regeneration temperature from 85 to 55 °C. It has been determined that the maximum values of the coefficient of performance of studied solar adsorptive chiller about of 1.14 correspond to the difference between the adsorbent temperature and the regeneration temperature of 55 °C for composites containing about 20 wt. % silica gel and 80 wt. % sodium sulphate.

**Key words:** adsorptive chiller, composite adsorbent, coefficient of performance, adsorption, adsorptive capacity, regeneration temperature.

**Введение.** Одна из ключевых проблем хранения сельскохозяйственной продукции заключается в соблюдении температурного режима хранения, особенно в летний период, когда эксплуатация традиционно применяемых паровых компрессионных холодильных установок требует значительных затрат электроэнергии, и, следовательно, ископаемых топлив и затрудняет утилизацию тепловой энергии.

Альтернативой подобным системам является адсорбционные холодильные гелиоустановки, так называемые солнечные адсорбционные холодильники, по-

зволяющие использовать нетрадиционные источники низко-потенциальной тепловой энергии, и экологически безопасные хладагенты.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.** Адсорбционные холодильные гелиоустановки включают солнечный коллектор, адсорбер, конденсатор и расположен у холодильной камеры испаритель. Их эксплуатация обычно осуществляется в два этапа. Первый – адсорбция и испарение хладагента, за счет которого происходит снижение температуры в холо-

© О. А. Беляновська, Г. М. Пустовой, К. М. Сухий, О. В. Коломієць, М. П. Сухий, 2018

дильной камере. Второй – регенерация адсорбента, то есть десорбция и конденсация хладагента. При этом адсорбент нагревают до температуры регенерации внешними источниками. В качестве хладагентов используют воду [1], аммиак [2], метанол [2], этанол [2], из которых не только экологически наиболее безопасным, но и доступным является вода. В качестве адсорбентов применяют активированный уголь [2] силикагель [1], цеолит [2], соли  $MnCl_2$ ,  $NH_4Cl$ , хлорид стронция, бромид натрия [3]. Типичные адсорбенты, в частности, силикагели и цеолиты, обладают низкой адсорбционной емкостью и высокой температурой регенерации, превышающей  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , что не только предполагает использование больших количеств адсорбента, но и жестко ограничивает потенциал источника теплоты.

Более высокая адсорбционная емкость зарегистрирована для массивных солей. Тем не менее, эксплуатация массивных солей осложнена их коррозионной активностью. Кроме того, гидратация массивных солей в стационарном режиме сопровождается образованием гидратных пленок, блокирующих доступ влаги к безводной соли, что существенно замедляет процесс адсорбции и охлаждения. Поэтому циклирование массивных солей невозможно без механического диспергирования в процессе эксплуатации.

Преодоление этой проблемы возможно путем создания композитов «соль в пористой матрице». Примером подобных материалов являются адсорбенты  $BaCl_2$ /вермикулит [4],  $CaCl_2$ /вспененный графит [5],  $LiCl$ /силикагель [6], а также нанодисперсные композитные адсорбенты, синтезированные золь – гель методом, а именно, сульфат натрия/силикагель [7, 8].

Ключевыми факторами, влияющими на эксплуатационные характеристики адсорбционных холодильников, являются, прежде всего, свойства используемых адсорбентов, определяющие конструктивные и эксплуатационные характеристики установки.

В связи с этим целесообразно изучение корреляции эксплуатационных характеристик адсорбционных холодильных гелиоустановок и свойств композитов «силикагель – натрий сульфат», синтезированного золь – гель методом.

**Изложение основного материала исследований.** Основными конструктивными элементами адсорбционного холодильника [9], согласно рис. 1, является адсорбер (1), конденсатор (5) и расположенный в холодильной камере (6) испаритель (4). На лицевой стороне адсорбера установлен прозрачный сотовый поликарбонатный пластик САН (толщиной 8 мм) с интегральным коэффициентом пропускания на уровне 0,88, а в нижней части расположены композитный адсорбент «силикагель – натрий сульфат», который синтезирован согласно [7]. В качестве хладагента использована вода. Холодильная камера объемом  $3\text{ м}^3$  изготовлена из стали марки 30Х толщиной 0,5 мм. В качестве теплоизоляции использовали пенополистирол.

Адсорбционный холодильник работает согласно термодинамическому циклу, изображенному на рис. 2. Получение холода, то есть адсорбция и испа-

рение воды, изображает линия 3 – 4 – 1, а регенерацию адсорбента, сопровождаемую десорбцией и конденсацией воды – 1 – 2 – 3. Работа осуществляется в два этапа. Первый этап – получение холода. Открывают кран (9). Пары воды начинают диффундировать через конденсатор к адсорберу. За счет адсорбции воды адсорбционным материалом происходит ее испарение в испарителе (4), создает холодильный эффект в холодильной камере (6). Поскольку в стенках холодильника содержится большой объем воды, холод в камере (6) поддерживается на уровне  $5 - 10\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 10 – 20 часов, до следующего цикла.

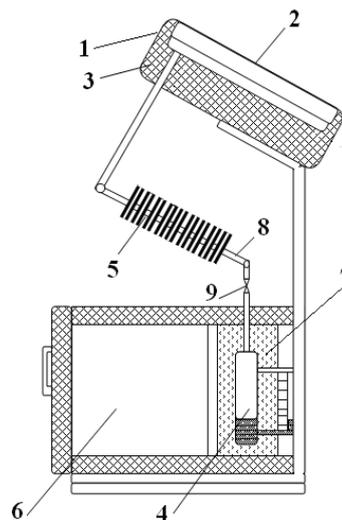


Рис. 1 – Адсорбционный холодильник:  
1 – адсорбер; 2 – прозрачная изоляция; 3 – адсорбент;  
4 – испаритель; 5 – конденсатор; 6 – холодильная камера;  
7 – водяной аккумулятор холода; 8 – труба; 9 – кран [9]

При поглощении воды адсорбционным материалом (3) температура в адсорбере (1) существенно повышается за счет выделения теплоты адсорбции.

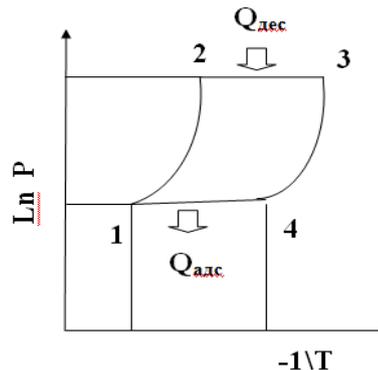


Рис. 2 – Рабочий цикл адсорбционного холодильника [10]

Второй этап – регенерация адсорбента. Закрывают кран (9), нагревают адсорбционный материал (3), используя солнечную энергию. Вода собирается в конденсаторе (5) дальше сливается в испаритель (4) и начинается процесс получения холода.

Расчет количества тепла, которое необходимо отобрать из холодильной камеры в течение суток, проводили соответственно [10] как сумму тепла,

идушего на охлаждение самой камеры и внесенных продуктов и на покрытие тепловых потерь, как самой камеры, так и при открывании камеры при внесении продуктов:

$$Q_1 = C \cdot m \cdot \Delta T + C_{\Pi} \cdot m_{\Pi} \cdot \Delta T + \sum Q_z, \text{ кДж} \quad (1)$$

где  $C$  – теплоемкость элементов конструкции, кДж/кг·°С;  $C_{\Pi}$  – теплоемкость продуктов внесенных в холодильную камеру, кДж / кг·°С;  $\Delta T$  – разность температуры окружающей среды и среднесуточной температуры в холодильной камере, °С;  $m, m_{\Pi}$  – масса холодильной камеры и внесенных продуктов соответственно, кг;  $\sum Q_z$  – сумма теплопритоков в камеру в результате теплопередачи через ее стенки, пол и потолок, от инфильтрации наружного воздуха при открытии камеры и нагрева от освещения, кДж.

Теплопритоки в камеру путем теплопередачи в течение суток определяли согласно [11] как произведение тепловой нагрузки при теплопередаче через стенки, пол и потолок камеры и периода эксплуатации:

$$Q_{с\tau} = K \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи кВт/м<sup>2</sup>·°С;  $F$  – площадь внешней поверхности камеры, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – период эксплуатации в течение суток, с;  $\Delta t$  – разность температур воздуха по обе стороны стенки, °С.

Коэффициент теплопередачи рассчитывали согласно [11]:

$$K = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{v1}} + \frac{\delta}{\lambda_m} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_{v2}} \right)}, \quad (3)$$

где  $\alpha_{v1}$  и  $\alpha_{v2}$  – коэффициенты теплоотдачи для воздуха внутри и снаружи холодильной камеры соответственно, кВт/м<sup>2</sup>·К;  $\delta$  и  $\delta_{iz}$  – толщина стенок холодильной камеры и теплоизоляции, м;  $\lambda_m$  и  $\lambda_{iz}$  – коэффициенты теплопроводности стенок холодильной камеры и теплоизоляции, кВт/м·К.

Теплопритоки в камеру вследствие открытия дверей [11], вычисляли как произведение тепловой нагрузки и продолжительности открытия дверей в течение суток:

$$Q_{инф} = q \cdot D_{\tau} \cdot D_f \cdot (1 - E) \cdot \tau_b, \quad (4)$$

где  $q$  – суммарная суточная тепловая нагрузка на холодильную камеру для воздушного потока, полностью установившегося с учетом разности плотностей, тепло- и влагосодержания внутреннего и наружного воздуха, а также размеров дверного проема, кВт;  $D_{\tau}$  – коэффициент, учитывающий время, когда в течение суток двери открыты;  $D_f$  – коэффициент, учитывающий характер воздушного потока в дверном проеме;  $E$  – степень эффективности защитного устройства дверного проема;  $\tau_b$  – время, когда в течение суток двери открыты, с.

Тепловые притоки в результате работы осветительных приборов определяли как произведение количества светильников, мощности светильника и периода работы в течение суток [11].

Отбор тепла из холодильной камеры осуществляется за счет испарения воды в испарителе. Количество тепла, которое отбирается в холодильной камере

при испарении воды, принимая во внимание теплоту испарения воды ( $\Delta H_{исп}$ ), может быть рассчитана как:

$$Q_2 = \Delta H_{исп} \cdot m_B, \text{ кДж} \quad (5)$$

отсюда можно рассчитать массу воды ( $m_B$ , кг) для обеспечения отбора необходимого количества теплоты в холодильной камере.

Для компенсации дневных колебаний погодных условий массу рабочей жидкости предлагается повысить на 50 %. Таким образом, масса воды в испарителе будет составлять 0,20 кг.

Исходя из адсорбционной емкости композита «силикагель/Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>» по данным работы [8] можно рассчитать массу адсорбента, которую необходимо разместить в адсорбере. Количество теплоты, которое необходимо затратить на регенерацию адсорбента ( $Q_3$ , кДж) можно рассчитать по формуле:

$$Q_3 = m_k \cdot C_k \cdot \Delta T_1 + m_B \cdot C_B \cdot \Delta T_1 + m_B \cdot \Delta H_{дес}, \quad (6)$$

где  $\Delta T_1$  – разница температуры адсорбента и температуры регенерации, °С;  $\Delta H_{дес}$  – теплота десорбции воды, кДж/кг;  $m_k, m_B$  – соответственно масса композита и адсорбированной воды, кг;  $C_k, C_B$  – теплоемкость композита и воды соответственно, кДж/кг·°С.

Холодильный коэффициент определяли как отношение количества, которое отбирается в холодильной камере при испарении воды, и расхода теплоты на регенерацию адсорбента, то есть:

$$\varepsilon = \frac{Q_1}{Q_3}, \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  – холодильный коэффициент;  $Q_1$  – количество теплоты, которое необходимо отобрать от холодильной камеры, кДж;  $Q_3$  – количество теплоты, которое необходимо затратить на регенерацию адсорбента, кДж.

Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Холодильный коэффициент адсорбционного солнечного холодильника на основе композита «силикагель – сульфат натрия»

Состав адсорбента, мас. %		Адсорбционная емкость [7], кг/кг	Масса адсорбента $M_{алс}$ , кг.	Холодильный коэффициент при $\Delta T_1$ , °С			
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Силикагель			55	65	75	85
80	20	1,349	0,58	1,14	1,11	1,09	1,07
60	40	1,060	0,74	1,13	1,10	1,08	1,06
40	60	0,771	1,01	1,12	1,09	1,07	1,05
20	80	0,482	1,62	1,09	1,06	1,04	1,02

Установлено, что повышение содержания сульфата натрия в композите способствует, очевидно, снижению массы композита, и, следовательно, количества теплоты, которое необходимо потратить на регенерацию адсорбента.

Максимальные значения холодильного коэффициента соответствуют композитов, содержащих, мас. %:

силикагель – 20 и сульфат натрия – 80. На величину количества теплоты, которое необходимо для регенерации композита  $Q_3$ , и, следовательно, холодильного коэффициента существенно влияет разница температуры адсорбента и температуры регенерации  $\Delta T_1$ .

С ее ростом наблюдается монотонное уменьшение холодильного коэффициента. Максимальные значения  $\epsilon$  установлены при  $\Delta T_1 = 65^\circ \text{C}$ .

#### Выводы.

Проведено исследование процессов эксплуатации адсорбционной холодильной гелиоустановки на основе композитных адсорбентов «силикагель – натрий сульфат». Определены основные технологические параметры, которые влияют на холодильный коэффициент цикла.

Показана корреляция между составом адсорбента и холодильным коэффициентом установки. Показано увеличение холодильного коэффициента при росте содержания сульфата натрия в композите. Подтверждено корреляцию режима процесса регенерации композита и холодильным коэффициентом установки. Установлено рост величины холодильного коэффициента при уменьшении разницы температур адсорбента и температуры регенерации  $\Delta T_1$ .

Установлено, что максимальные значения холодильного коэффициента соответствуют  $\Delta T_1 = 65^\circ \text{C}$  для композитов, которые содержат около, мас. %: силикагель – 20 и сульфат натрия – 80.

Представленная работа выполнена при частичном госбюджетном финансировании (номер госрегистрации НДР 0118U003343).

#### Список литературы

1. Z.S. Lu, R.Z. Wang, Z.Z. Xia, Q.B. Wu, Y.M. Sun, Z.Y. Chen. An analysis of the performance of a novel solar silica gel–water adsorption air conditioning. *Applied Thermal Engineering*. 31(17–18): 3636–3642, 2011.
2. G. Santori, Ch. Di Santis. Optimal fluids for adsorptive cooling and heating. *Sustainable Materials and Technologies*. 16: 30116-6, doi: 10.1016/j.susmat.2017.04.005
3. H. S. Bao, R. G. Oliveira, R. Z. Wang, L. W. Wang, Z. W. Ma. Working pairs for resorption refrigerator. *Applied Thermal Engineering*. 31(14–15): 3015–3021, 2011.
4. Y. Zhong, R. E. Critoph, R. N. Thorpe, Z. Tamainot-Telto, Yu. I. Aristov. Isothermal sorption characteristics of the  $\text{BaCl}_2\text{-NH}_3$  pair in a vermiculite host matrix. *Applied Thermal Engineering*. 27(14–15). 2007. p. 2455–2462.
5. S. L. Li, Z. Z. Xia, J. Y. Wu, J. Li, R. Z. Wang, L. W. Wang. Experimental study of a novel  $\text{CaCl}_2/\text{expanded graphite-NH}_3$  adsorption refrigerator. *International Journal of Refrigeration*. 33(1). 2010. p. 61–69.
6. G. Maggio, L. G. Gordeeva, A. Freni, Yu. I. Aristov, G. Santori, F. Polonara, G. Restuccia. Simulation of a solid sorption ice-maker based on the novel composite sorbent «lithium chloride in silica gel pores». *Applied Thermal Engineering*. 29(8–9). 2009. p. 1714–1720.
7. K. Sukhyu, E. Belyanovskaya, V. Kovalenko, V. Kotok, M. Sukhyu, E. Kolomyiets, M. Gubynskyi, O. Yeromin, O. Prokopenko The study of properties of composite adsorptive materials «silica gel – crystalline hydrate» for heat storage devices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 91(1). 2018. p. 52–58.

8. K. M. Sukhyu, E. A. Belyanovskaya, Ya. N. Kozlov, E. V. Kolomyiets, M. P. Sukhyu. Structure and adsorption properties of the composites «silica gel – sodium sulphate», obtained by sole gel method. *Applied Thermal Engineering*. 64. 2014. p. 408–412.
9. Пат. 86227 Україна, МПК F 25 В 17/00. Адсорбційний холодильник / Сухий К. М., Сухий М. П., Коломієць О. В. [та ін.]; заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». № u2013 05136; заявл. 22.04.2013 опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24.
10. О. В. Коломієць, О. А. Беляновська, К. М. Сухий, О. М. Прокопенко, Я. М. Козлов, М. П. Сухий. Основні робочі характеристики сонячного адсорбційного холодильника на основі композитного сорбенту «силикагель/ $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ». *Одеська національна академія харчових технологій. Наукові праці*. 2(47). 2015. p. 176–181, .
11. Руководство по расчету теплового баланса холодильных камер и выбору основных проектных параметров холодильных установок. М.: Остров, 1999. с. 56.

#### References (transliterated)

1. Z.S. Lu, R.Z. Wang, Z.Z. Xia, Q.B. Wu, Y.M. Sun, Z.Y. Chen. An analysis of the performance of a novel solar silica gel–water adsorption air conditioning. *Applied Thermal Engineering*. 31(17–18): 3636–3642, 2011.
2. G. Santori, Ch. Di Santis. Optimal fluids for adsorptive cooling and heating. *Sustainable Materials and Technologies*. 16: 30116-6, doi: 10.1016/j.susmat.2017.04.005
3. H. S. Bao, R. G. Oliveira, R. Z. Wang, L. W. Wang, Z. W. Ma. Working pairs for resorption refrigerator. *Applied Thermal Engineering*. 31(14–15): 3015–3021, 2011.
4. Y. Zhong, R. E. Critoph, R. N. Thorpe, Z. Tamainot-Telto, Yu. I. Aristov. Isothermal sorption characteristics of the  $\text{BaCl}_2\text{-NH}_3$  pair in a vermiculite host matrix. *Applied Thermal Engineering*. 27(14–15). 2007. p. 2455–2462.
5. S. L. Li, Z. Z. Xia, J. Y. Wu, J. Li, R. Z. Wang, L. W. Wang. Experimental study of a novel  $\text{CaCl}_2/\text{expanded graphite-NH}_3$  adsorption refrigerator. *International Journal of Refrigeration*. 33(1). 2010. p. 61–69.
6. G. Maggio, L. G. Gordeeva, A. Freni, Yu. I. Aristov, G. Santori, F. Polonara, G. Restuccia. Simulation of a solid sorption ice-maker based on the novel composite sorbent «lithium chloride in silica gel pores». *Applied Thermal Engineering*. 29(8–9). 2009. p. 1714–1720.
7. K. Sukhyu, E. Belyanovskaya, V. Kovalenko, V. Kotok, M. Sukhyu, E. Kolomyiets, M. Gubynskyi, O. Yeromin, O. Prokopenko The study of properties of composite adsorptive materials «silica gel – crystalline hydrate» for heat storage devices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 91(1). 2018. p. 52–58.
8. K. M. Sukhyu, E. A. Belyanovskaya, Ya. N. Kozlov, E. V. Kolomyiets, M. P. Sukhyu. Structure and adsorption properties of the composites «silica gel – sodium sulphate», obtained by sole gel method. *Applied Thermal Engineering*. 64. 2014. p. 408–412.
9. Pat. 86227 Ukraine, МПК F 25 В 17/00. Adsorbtsiyniy kholodilnik / Sukhyu K. M., Sukhyu M. P., Kolomyiets O. V. [ta in.]; Dergavniy vischthiy navchalnyy zaklad «Ukrainskiy dergavniy khimiko-tehnologicheskyy universitet». № u 2013 05136; yayavl. 22.04.2013 opubl. 25.12.2013, Bul. № 24 (in Ukraine)
10. O. V. Kolomyiets, O. A. Belyanovska, K. M. Sukhyu, O.M. Prokopenko, Ya. M. Kozlov, M. P. Sukhyu. Osnovni robochi kharakteristiki sonyachnogo adsorbtsiynogo kholodilnika na osnovi kompozitnogo sorbenty «silikagel/ $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . *Odeska natsionalna akademiya kharchovyh tekhnologiy. Naukovi pratsi*. 2(47). 2015. P. 176–181, (in Ukraine).
11. Rukovodstvo po raschetu teplovogo balansu kholodilnykh kamer I vyboru osnovnykh proektnykh parametrov kholodilnykh ustanovok. M.: Ostrom, 1999. p. 56 (in Russian).

Надійшла (received) 17.11.2018

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

**Беляновська Олена Анатоліївна (Беляновская Елена Анатольевна, Belyanovskaya Elena Anatolyevna)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри енергетики, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1873-4574>;  
e-mail: belyanovskaya@voliacable.com.

**Пустовой Григорій Миколайович (Пустовой Григорий Николаевич, Pustovoy Grigoriy Nikolayevich)** – студент, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»; м. Дніпро, Україна;  
e-mail: stargrimm@gmail.com

**Сухий Костянтин Михайлович (Сухой Константин Михайлович, Sukhyu Kostyantyn Mikchaylovich)** – доктор технічних наук, професор кафедри переробки пластмас и фото-, нано- и поліграфічних матеріалів, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4585-8268>; e-mail: ksukhyu@gmail.com.

**Коломієць Елена Викторовна (Коломиец Елена Викторовна, Kolomiyets Elena Viktorovna)** – кандидат технічних наук, асистент кафедри енергетики, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3216-649X>; e-mail: lenysik\_kol@i.ua.

**Сухий Михайло Порфирівич (Сухой Михаил Порфирьевич, Sukhyu Mikhailo Porfyrovich)** – кандидат технічних наук, завідуючий кафедрою енергетики ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3906-4592>; e-mail: kaf\_energy@ukr.net.