

*Досліджено ефективність використання геліопокрівлі в лабораторних та натурних умовах. Показано, що можна ефективно використовувати тепло покрівельного матеріалу будівлі. Описано результати досліджень надходження сонячного випромінювання на геліопокрівлю в гравітаційній системі сонячного теплопостачання. Встановлено як змінюється температура теплоносія у геліосистемі впродовж дня. Досліджено зміну інтенсивності теплового потоку впродовж дня*

*Ключові слова: система сонячного теплопостачання, тепловий потік, сонячне випромінювання, геліопокрівля*

*Исследована эффективность использования гелиокровли в лабораторных и натурных условиях. Показано, что можно эффективно использовать тепло кровельного материала здания. Описаны результаты исследований поступления солнечного излучения на гелиокровлю в гравитационной системе солнечного теплоснабжения. Установлено, как меняется температура теплоносителя в гелиосистеме в течение дня. Исследовано изменение интенсивности теплового потока в течение дня*

*Ключевые слова: система солнечного теплоснабжения, тепловой поток, солнечное излучение, гелиокровля*

# ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕЛІОПОКРІВЛІ В НАТУРНИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

**С. П. Шаповал**

Кандидат технічних наук, асистент  
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції  
Національний університет  
«Львівська політехніка»  
вул. Степана Бандери, 12,  
м. Львів, Україна, 79013  
Email: shapovalstepan@mail.ru

## 1. Вступ

Потреби людства в споживанні енергії постійно збільшуються, відповідно збільшується видобуток природних ресурсів, що призводить до зростання їх цін [1, 2]. Екологічний стан довкілля та постійне зростання цін на імпортовані енергоносії зумовлює пошук нових джерел енергії, упровадження енергозберігаючих технологій, реконструкцію й удосконалення потужностей, що існують, в енергетичному, житлово-комунальному, промисловому секторах. У світлі енергетичної кризи актуальним є питання щодо ефективного енергоспоживання енергоносіїв, розроблення та впровадження новітніх енергозберігальних технологій. Одним із вирішень зазначеної проблеми, що стосується енергозбереження, є застосування альтернативних джерел енергії.

Досвід використання природних альтернативних відновлювальних джерел енергії, до яких в першу чергу відноситься Сонце, демонструє широкі можливості перетворення цього виду енергії в теплову енергію, яка може бути успішно використана для забезпечення різних технологічних та побутових потреб. Введення в експлуатацію сонячних установок покращує екологічну ситуацію району в якому вона використовується за рахунок зниження об'ємів викидних забруднюючих речовин, до яких відносяться продукти згоряння традиційних видів енергії.

Тому розвиток і удосконалення нетрадиційних способів отримання теплової енергії, впровадження

сонячних установок для отримання теплової низькопотенційної енергії, яка використовується для гарячого водопостачання і опалення об'єктів різного призначення, а також покращення екологічної ситуації регіону, в якому використовуються сонячні установки, є актуальними завданнями.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

У теперішній час спостерігається істотний дефіцит енергії практично у всіх областях народного господарства. Стан впровадження систем сонячного теплопостачання у житлово-комунальне господарство потребує суттєвого удосконалення [3, 4]. Впровадження таких систем вимагає значних капітальних вкладень. На сьогоднішній день важливим є удосконалення та розроблення нових сонячних колекторів, які б дозволили знизити їх вартість [5–7].

Розроблені енергоефективні огорожуючі конструкції у вигляді дахів та зовнішніх стін будівельних об'єктів (житлових, громадських, адміністративних, тощо), а також як елементи поверхонь індустриальних об'єктів (морозильні, холодильні і сушильні камери, тощо) [8, 9]. Такі конструкції дозволяють утилізувати для потреб гарячого водопостачання, кондиціонування і промислового теплопостачання енергію сонячного випромінювання, тепло зовнішнього та витяжного повітря, а також дають можливість реалізувати функції

викиду назовні надлишків тепла і регулювання акумуляції тепла [10]. Широко використовуються настінні сонячні колектори, які одночасно виконують функцію огорожувальних конструкцій [11].

Одним із найпростіших способів використання сонячного тепла при існуючих дахах є пропускання води або повітря через поверхню даху [12]. Теплосприймальна поверхня повинна бути чорною. До крокв кріпляться рами для встановлення прозорого покриття. Вода подається через перфоровану трубку вздовж гребеня даху і збирається потім в жолоб. Дах можна також покрити хвилястими алюмінієвими листами пофарбованими в чорний колір. Були проведені дослідження такої системи, які показали, що коефіцієнт корисної дії при цьому є невеликим. Але незначні затрати, пов'язані з перетворення існуючого даху в сонячний колектор, виправдовують невеликий ККД.

Відомий геліопрофіль [13], який являє собою видовжений алюмінієвий профіль, який має теплосприймаючу поверхню, канали для рідкого та повітряного теплоносія (в останньому може розміщуватись теплоакumuлююча рідина) і ребра закріплення з сусідніми елементами. Однак його недоліком є низька інтенсивність теплообміну між теплоносієм та теплопоглинальною панеллю внаслідок невеликої площі контакту.

Способом вирішення вищевказаних проблем є поєднання сонячного колектора з гофрованим покрівельним матеріалом будівлі. В цьому випадку геліопокрівля одночасно виконує роль сонячного колектора та покрівлі будинку. Це дозволяє суттєво знизити вартість сонячної системи та термін її окупності, а також спростити її конструкцію.

### 3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є порівняння результатів дослідження геліопокрівлі у лабораторних та натурних умовах.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

- експериментально дослідити ефективність геліопокрівлі в лабораторних умовах;
- експериментально дослідити ефективність геліопокрівлі в натурних умовах.

### 4. Матеріали та методи досліджень геліопокрівлі в лабораторних та натурних умовах

Експериментальні дослідження проводились на установці складалася із геліопокрівлі, бака-акумулятора, джерела випромінювання та вимірювальних приладів. Схема геліопокрівлі зображена на рис. 1.

Особливістю геліопокрівлі є те, що її теплопоглинач виконаний із покрівельного матеріалу будівлі та трубки для теплоносія розташовані над ним. Під поглиначем сонячної енергії розміщений теплоізоляційний шар товщиною 5 см.

Сонячне проміння попадає на трубки для теплоносія та зовнішню поверхню верхнього гофрованого покриття, виконаного з покрівельного матеріалу. При цьому відбувається його нагрівання. Тепло передається трубкам контуру циркуляції, в яких циркулює теплоносії. За рахунок різниці температур, та відповідно різниці густин теплоносія в зоні вхідного і вихідного патрубків створюється циркуляція теплоносія. Нагрітий теплоносії подається до споживача. Теплоізоляційний шар та верхній прозорий шар забезпечує зменшення тепловтрат.

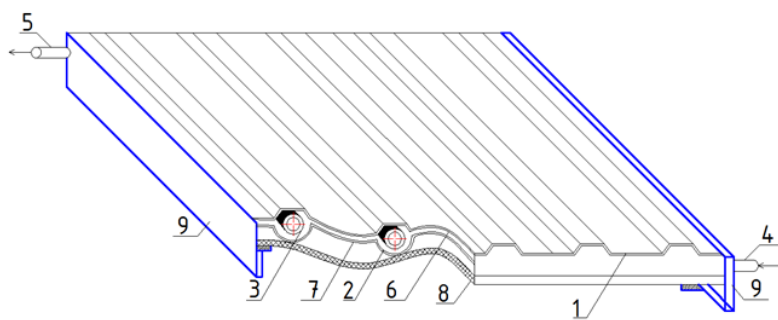


Рис. 1. Схема геліопокрівлі: 1 – верхнє гофроване покриття; 2 – нижнє гофроване покриття; 3 – трубки контуру циркуляції; 4 – вхідний патрубок; 5 – вихідний патрубок; 6 – шар селективного матеріалу; 7 – дзеркальний шар; 8 – теплоізоляційний шар; 9 – кроквя

Впродовж експерименту здійснювався контроль за тим, щоб на нього не впливали інші фактори (сонячна енергія через вікно, гладкі поверхні, затінення сонячного колектора, тощо).

Кожного разу перед початком експерименту система заповнювалась свіжою порцією води. Видалялось повітря із системи. Перевірялась герметичність системи при робочому тиску. Перевірялась справність вимірювальних приладів.

Після завершення дослідів виключались теплові випромінювачі, зупинялась циркуляція теплоносія, зливався теплоносії і система заповнювалась новою порцією охолодженого теплоносія.

Для проведення експерименту факторами було обрано такі величини: азимутальний кут повороту геліопокрівлі, кут нахилу геліопокрівлі та інтенсивність теплового потоку. Рівні факторів та інтервали варіювання подано у табл. 1.

Таблиця 1

Рівні факторів та інтервали варіювання

Назва фактора	Кодоване позначення	Рівні факторів			Інтервал варіювання
		-1	0	+1	
Азимутальний кут повороту геліопокрівлі $\alpha$ , °	$x_1$	30	60	90	30
Кут нахилу геліопокрівлі $\beta$ , °	$x_2$	30	60	90	30
Інтенсивність теплового потоку $I_B$ , Вт/м <sup>2</sup>	$x_3$	300	600	900	300

Впродовж проведення експерименту вимірювались: інтенсивність потоку енергії; температура теплоносія на вході в геліопокрівлю; температура теплоносія на виході із геліопокрівлі; температура теплоносія в баку-акумуляторі.

**5. Результати досліджень ефективності геліопокрівлі в лабораторних умовах**

Було складено матрицю планування трифакторного експерименту із врахуванням взаємодії факторів, табл. 2. Параметром оптимізації вибрано теплову енергію, що акумулювалась в баку-акумуляторі  $Q_{бак}$  та коефіцієнт ефективності геліопокрівлі  $K_{еф}$ . Він показує як впливає зміна кутів падіння теплового потоку на ефективність геліосистеми.

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

№	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$Q_{бак}$	$K_{еф}$
1	+	-	-	-	+	+	+	-	334,9	0,47
2	+	0	-	-	0	0	+	0	376,8	0,53
3	+	+	-	-	-	-	+	+	376,8	0,53
4	+	-	0	-	0	+	0	0	418,7	0,59
5	+	0	0	-	0	0	0	0	418,7	0,59
6	+	+	0	-	0	-	0	0	460,6	0,65
7	+	-	+	-	-	+	-	+	418,7	0,59
8	+	0	+	-	0	0	-	0	460,6	0,65
9	+	+	+	-	+	-	-	-	502,4	0,71
10	+	-	-	0	+	0	0	0	334,9	0,47
11	+	0	-	0	0	0	0	0	376,8	0,53
12	+	+	-	0	-	0	0	0	502,4	0,71
13	+	-	0	0	0	0	0	0	460,6	0,65
14	+	0	0	0	0	0	0	0	502,4	0,71
15	+	+	0	0	0	0	0	0	544,3	0,76
16	+	-	+	0	-	0	0	0	460,6	0,65
17	+	0	+	0	0	0	0	0	544,3	0,76
18	+	+	+	0	+	0	0	0	586,2	0,82
19	+	-	-	+	+	-	-	+	418,7	0,59
20	+	0	-	+	0	0	-	0	502,4	0,71
21	+	+	-	+	-	+	-	-	628,1	0,82
22	+	-	0	+	0	-	0	0	586,2	0,82
23	+	0	0	+	0	0	0	0	586,2	0,82
24	+	+	0	+	0	+	0	0	669,9	0,94
25	+	-	+	+	-	-	+	-	586,2	0,88
26	+	0	+	+	0	0	+	0	669,9	0,94
27	+	+	+	+	+	+	+	+	711,8	1,0

Коефіцієнт ефективності геліопокрівлі  $K_{еф}$  визначається за формулою:

$$K_{еф} = \frac{Q_i}{Q_{ст}}, \tag{1}$$

де  $Q_{ст}$  – теплова енергія отримана геліосистемою при кутах падіння теплового потоку –  $\alpha=90^\circ$  і  $\beta=90^\circ$  та інтенсивності теплового потоку  $I_b=900 \text{ Вт/м}^2$ ;  $Q_i$  – отримана теплова енергія геліосистемою за інших кутів падіння та інтенсивності теплового потоку.

Теплова енергія, що акумулювалась в баку-акумуляторі, визначалась за формулою:

$$Q_{бак} = m \cdot c \cdot (t_k - t_n), \tag{2}$$

де  $m$  – маса теплоносія в баці-акумуляторі, кг;  $c$  – питома теплоємність теплоносія, Дж/(кг·К);  $t_n$ ,  $t_k$  – відповідно температури теплоносія на початку та в кінці експерименту в баці-акумуляторі, К.

Опрацювання результатів вимірювань проводилось відомими методами математичної статистики приведеними до наукових досліджень. Кожен експеримент супроводжувався виникненням похибок, тобто похибками відтворюваності. Під час проведення експериментів кожен дослід проводився тричі, при однакових умовах, для того, щоб можна було оцінити похибки. Під час кожного досліді отримувались значення параметрів оптимізації, які усереднювались. Для перевірки сумнівних результатів використовувався критерій Стюдента, Фішера, Кохрена.

За результатами експериментальних досліджень побудовано номограму залежності коефіцієнта ефективності геліопокрівлі з верхнім розташуванням трубок контуру циркуляції  $K_{еф}$  від азимутального кута повороту геліопокрівлі  $\alpha$ , кута нахилу геліопокрівлі  $\beta$  та інтенсивності теплового потоку  $I_b$  (рис. 2).

На основі номограми отримано емпіричну залежність коефіцієнта ефективності геліопокрівлі з прозорим покриттям з верхнім розташуванням трубок для теплоносія  $K_{еф}$  від кутів падіння теплового потоку  $\alpha$  і  $\beta$  та інтенсивності теплового потоку  $I$ :

$$K_{еф} = (0,2982 - 9,2667 \cdot 10^{-5} x_3) + (-3,333 \cdot 10^{-5} + 2,8333 \cdot 10^{-6} x_3) \cdot x_1 + (0,0036 + 8,8333 \cdot 10^{-6} x_3) \cdot x_2 + (-9,8763 \cdot 10^{-6} + 3,395 \cdot 10^{-8} x_3) \cdot x_1^2 + (3,6112 \cdot 10^{-5} - 7,8705 \cdot 10^{-8} x_3) \cdot x_1 \cdot x_2 + (-3,5803 \cdot 10^{-5} - 1,2347 \cdot 10^{-8} x_3) \cdot x_2^2. \tag{3}$$

Проаналізувавши результати експериментальних досліджень, можна побачити, що ефективність геліопокрівлі при зміні кутів падіння теплового потоку від  $30^\circ$  до  $90^\circ$  зменшується на 41 %, тоді як ефективність звичайного сонячного колектора зменшується на 60 %, що говорить про незначне падіння ефективності системи сонячного тепlopостачання з використанням геліопокрівлі.

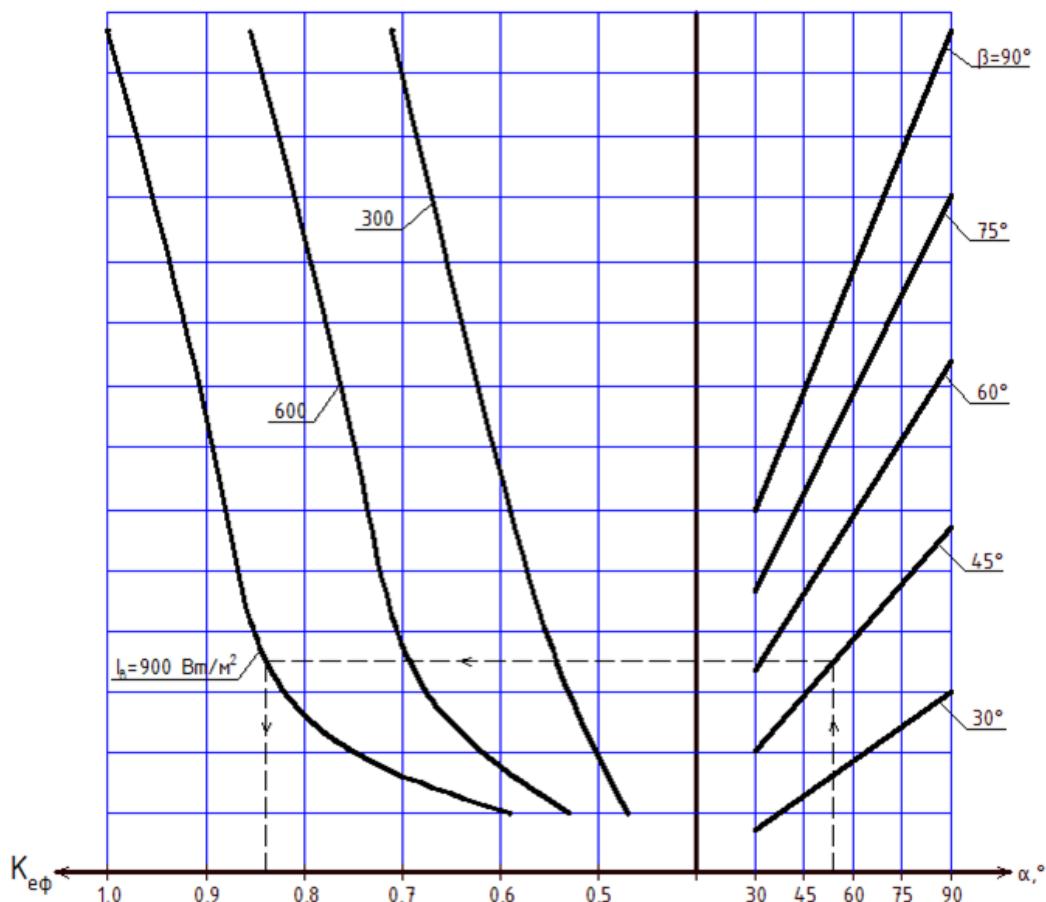
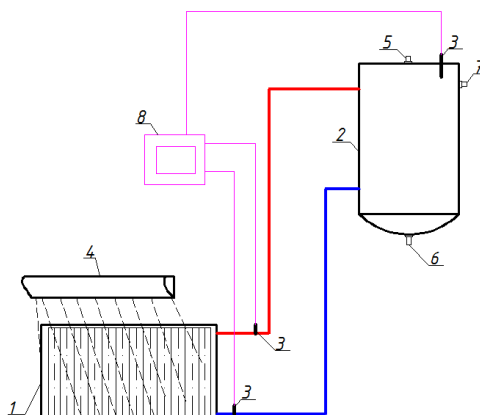


Рис. 2. Номограма залежності коефіцієнта ефективності геліопокрівлі з верхнім розташуванням трубок контуру циркуляції  $K_{\text{еф}}$  від азимутального кута повороту геліопокрівлі  $\alpha$ , кута нахилу геліопокрівлі  $\beta$  та інтенсивності теплового потоку  $I_b$

### 6. Результати досліджень ефективності геліопокрівлі в натурних умовах

Оскільки в лабораторних умовах неможливо врахувати всіх факторів, які впливають на ефективність геліопокрівлі були проведені натурні дослідження. Фото та схема експериментальної установки зображено на рис. 3. а, б.

Дослідження проводились в серпні 2014 року. Інтенсивність потоку сонячної радіації вимірювалась альбедометром. Температура теплоносія вимірювалась у трьох точках системи (на виході з геліопокрівлі, на вході в геліопокрівлю та в баці-акумуляторі) термометрами. Температура зовнішнього повітря та його швидкість вимірювалась термоелектроанемометром TESTO 405 – V1.



а

б

Рис. 3. Експериментальна установка: а – фото експериментальної установки; б – схема експериментальної установки; 1 – геліопокрівля; 2 – бак-акумулятор; 3 – термометри опору; 4 – джерело випромінювання; 5 – повітроспускник; 6 – патрубок сливу теплоносія; 7 – патрубок подачі води споживачу; 8 – дисплей

Інтенсивність потоку повної сонячної радіації впродовж дня зображено на рис. 4.

Результати експериментальних досліджень зображено у графічній формі та наведені на рис. 5.

За результатами експериментальних досліджень отримана емпірична формула для розрахунку температури води в баці-акумуляторі  $t_{\text{бак}}$  залежно від інтенсивності теплового потоку  $I$  та часу опромінення  $T$ :

$$t_{\text{бак}} = -119,37 + 538,4 \cdot T - 0,07 \cdot I - 381,7 \cdot T^2 + 0,008 \cdot T \cdot I + 4,68 \cdot 10^{-5} \cdot I^2.$$



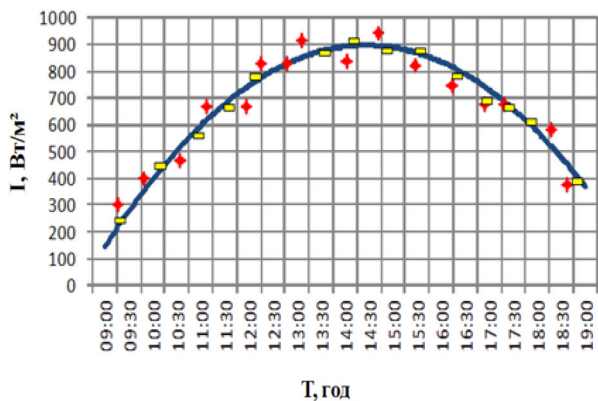


Рис. 4. Інтенсивність потоку сонячної енергії на площину геліопокрівлі впродовж експерименту

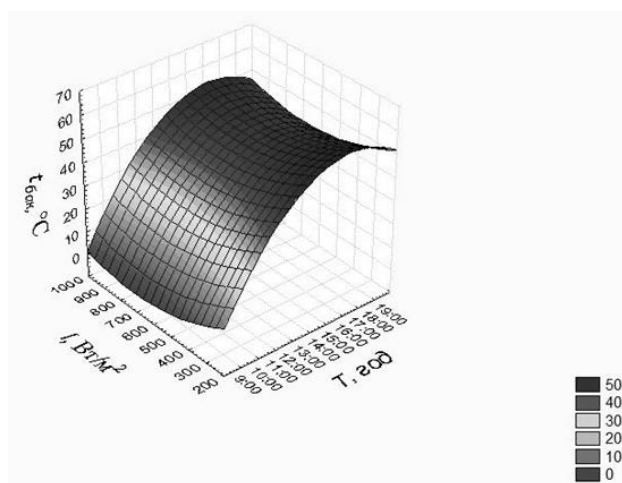


Рис. 5. Результати натурних експериментальних досліджень:  $T$  — час проведення експерименту, год;  
 $I$  — інтенсивність теплового потоку,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  
 $t_{\text{бак}}$  — усереднена температура води в баці-акумуляторі,  $^{\circ}\text{C}$

З графіку (рис. 5) видно, що вкінці дня температура води в баці-акумуляторі становила  $52^{\circ}\text{C}$ , що свідчить про високу ефективність геліопокрівлі.

Кількість тепла, що отримала система сонячного теплопостачання з використанням геліопокрівлі в кінці дня становила  $1592,2$  кДж.

## 7. Обговорення результатів дослідження геліопокрівлі натурних та лабораторних умовах

Одним із шляхів вирішення проблем, пов'язаних із високою вартістю геліосистем та великою залежністю тепла, що виробляється від періоду доби є застосування геліопокрівлі у системах сонячного теплопостачання. Проведені дослідження підтверджують ефективність геліопокрівлі для забезпечення побутових та технологічних потреб.

Лабораторні дослідження показали високу ефективність роботи геліопокрівлі з трубками для теплоносія розташованими над поглиначем сонячної енергії у гравітаційній системі теплопостачання, при значних кутах падіння випромінювання (ранішні і вечірні години). Так коефіцієнт ефективності  $K_{\text{еф}}$ , за інтенсивності теплового потоку  $I_{\text{в}}=300$   $\text{Вт}/\text{м}^2$ , змінюється від  $0,71$  до  $0,47$  при зміні кутів падіння від  $30^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ . Ефективність такої геліопокрівлі при зміні кутів падіння теплового потоку від  $30^{\circ}$  до  $90^{\circ}$  зменшується на  $41\%$ .

Натурні дослідження підтверджують ефективність роботи геліопокрівлі впродовж дня. Так, кількість тепла, що отримала геліосистема в кінці дня становить  $1592$  кДж, що говорить про можливість її широкого застосування в геліосистемах та ефективної роботи впродовж дня.

## 8. Висновки

Використання геліопокрівлі у системах сонячного теплопостачання дозволяє суттєво знизити вартість геліосистем. За реалізації експериментів отримано залежності зміни ефективності систем сонячного теплопостачання в залежності від кутів падіння теплового потоку, часу опромінення та його інтенсивності, що дозволяє проводити моделювання роботи протягом дня системи сонячного теплопостачання з використанням геліопокрівлі. Порівняння результатів дослідження в лабораторних та натурних умовах дали змогу підтвердити ефективність використання геліопокрівлі.

При проведенні експериментальних досліджень ефективність геліопокрівлі при зміні кутів падіння теплового потоку від  $30^{\circ}$  до  $90^{\circ}$  зменшується на  $41\%$ , тоді як ефективність звичайного сонячного колектора зменшується на  $60\%$ , що говорить про незначне падіння ефективності системи сонячного теплопостачання з використанням геліопокрівлі. При проведенні натурних досліджень температура теплоносія в баці-акумуляторі досягла  $52^{\circ}\text{C}$ , що також підтверджує ефективність геліопокрівлі.

## Література

1. Hazami, M. Thermal Performance of a Solar Heat Storage Accumulator Used For Greenhouses Conditioning [Text] / M. Hazami, S. Kooli, M. Lazaar, A. Farhat, A. Belghith // American Journal of Environmental Sciences. – 2005. – Vol. 1, Issue 4. – P. 270–277. doi: 10.3844/ajessp.2005.270.277
2. Pluta, Z. Sloneczne instalacje energetyczne [Text] / Z. Pluta. – Warszawa : Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2007. – 246 p.
3. Мисак, Й. С. Сонячна енергетика: теорія та практика [Текст]: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 340 с.
4. Freris, L. Renewable Energy in Power Systems [Text] / L. Freris, D. Infield. – UK: A John Wiley & Sons, Ltd, Publication, 2008. – 284 p.
5. Maczulak, A. E. Renewable energy: Sources and Methods [Text] / A. E. Maczulak. – NY : Infobase Publishing, 2010. – 206 p.
6. Гальчак, В. Альтернативні джерела енергії [Текст]: навч. посіб. / В. Гальчак, В. Боярчук. – Л.: Арал, 2008. – 135 с.

7. Wiśniewski, G. Kolektorzy Słoneczne : energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle [Text] / G. Wiśniewski, S. Gołębiowski, M. Grzciuk et. al. – Warszawa : Medium, 2008. – 201 p.
8. Закалик, Л. Технології для енергоощадного будинку [Текст] / Л. Закалик // Ринок інсталяцій. – 2010. – № 1-2. – С. 59–63.
9. Козлов, Я. М. Оптимізація розташування сонячних колекторів в геліосистемах [Текст] / Я. М. Козлов, М. П. Сухий, К. М. Сухий // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2010. – Т. 2, № 10 (44). – С. 58–64. – Режим доступа: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/2783/2589>
10. Страшко, В. В. Методика експериментального определения среднеинтегральной температуры теплопоглощающей поверхности гелиопрофиля ТЕПС [Текст] / В. В. Страшко // Эко-технологии и ресурсосбережения. – 2005. – № 6. – С. 68–71.
11. Одинцов, А. Н. Целесообразность использования вертикальных солнечных коллекторов для терморегуляции помещений [Текст] / А. Н. Одинцов // Вісник СевДТУ: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 97. – С. 204–209.
12. Андерсон, Б. Солнечная энергия (Основы строительного проектирования) [Текст] / Б. Андерсон; пер. с англ. А. Р. Анисимова. – М. : Стройиздат, 1982. – 375 с.
13. Патент № 103003 UA МПК (2006), F24J 2/26, F24J 2/52. Геліопрофіль [Текст] / Страшко В. В., Собків Д. І., Головченко В. К. // Промислова власність. – 2006. – № 17.

*У представлений роботі виконано аналіз даних по застосуванню інноваційного підходу для оптимізації процесу функціоналізації поверхні кремнезему в мікрореакторі. На основі квантово-хімічного моделювання молекулярних кластерів було встановлено особливості будови та адсорбційні властивості функціоналізованих матеріалів, що можуть бути використані у водоочистці. Для проведення синтезу таких сполук було підтверджено доцільність застосування проточного мікрореактора*

*Ключові слова: функціоналізовані кремнеземні матеріали, мікрореактор, квантово-хімічне моделювання, синтез, сталі виробництва, водоочистка*

*В представленной работе выполнен анализ данных по применению инновационного подхода для оптимизации процесса функционализации поверхности кремнезема в микрореакторе. На основе квантово-химического моделирования молекулярных кластеров было установлено особенности строения и адсорбционные свойства функционализированных материалов, которые могут быть использованы при водоочистке. Для проведения синтеза таких соединений была подтверждена целесообразность применения проточного микрореактора*

*Ключевые слова: функционализированные кремнеземные материалы, микрореактор, квантово-химическое моделирование, синтез, устойчивое производство, водоочистка*

UDC 66.023.2

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.39417

# SIMULATION OF THE PROCESS OF SILICA FUNCTIONALIZATION IN THE MICROREACTOR

**Yu. Miroshnychenko**  
Aspirant\*

E-mail: Ju1ianna@ukr.net

**Yu. Beznosyk**

PhD Associate Professor

E-mail: yu\_beznosyk@ukr.net

\*Department of Cybernetics of

Chemical Technology Processes

National Technical University of Ukraine

“Kyiv Polytechnic Institute”

37, Peremogy ave., Kyiv, Ukraine, 03056

## 1. Introduction

Microreactors as a novel concept in chemical technology enable the introduction of new reaction procedures in chemistry, molecular biology and pharmaceutical chemistry. Microreactors offer several opportunities to optimize the reaction systems due to high specific interfacial area improving heat and mass transfer, the smaller working volumes, continuous mode of operation, efficient operation,

low wastage of chemicals and intrinsic safety [1]. Potential advantages of microstructured reactors (MSR) allow successfully use them to complex processes for optimization and scale-up from the laboratory scope to production. These arguments give the background to discuss the realization of the functionalization process using the microreactor.

The process of silica surface functionalization is the effective approach to receive the silica-based adsorbents that are able to extract heavy metals such as mercury from water