

**УДК 631.365:621.31**

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ  
РОБОТИ ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА ДЛЯ  
ГЕЛІОСУШАРКИ**

***С.В.Коробка<sup>1</sup>, Р.Є.Кригуль<sup>2</sup>, М.І.Бабич<sup>3</sup>, С.П.Шаповал<sup>4</sup>***

*Львівський національний аграрний університет*

*м. Дубляни, вул. В. Великого, 1, Жовківський р-н,*

*Львівська обл. 80381<sup>1,2,3</sup>,*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013<sup>4</sup>*

*тел.+38(098)969-95-34, e-mail: korobkasv@ukr.net<sup>1</sup>,*

*тел.+38(067)759-80-15, e-mail: krroma@ukr.net<sup>2</sup>*

*тел.+38(097)763-58-32, e-mail: m.babych@ukr.net<sup>3</sup>*

*тел.+38(093)-85-689-86, e-mail shapovalstepan@gmail.com<sup>4</sup>*

*Подано експериментальні дослідження параметрів та режимів роботи теплового акумулятора, що нагрівається сонячним випромінюванням. Це дозволяє в денний час стабілізувати теплофізичні параметри теплоносія, а в нічний час забезпечує процес сушіння фруктів в геліосушарці.*

***Ключові слова:** повітряно-гравійний акумулятор, ступінчасті режими зарядки, розрядки, теплоакуюлюючий матеріал.*

**SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS AND  
OPERATING MODES OF A HEAT ACCUMULATOR FOR  
SOLAR DRYER**

***S.Korobka<sup>1</sup>, R.Krygul<sup>2</sup>, M.Babych<sup>3</sup>, S.Shapoval<sup>4</sup>***

*Lviv national agrarian university*  
*Volodymyra Velykoho str., 1, Dublyany, Ukraine, 80381*  
*Lviv Polytechnic National University*  
*S. Bandery str., 12, Lviv, Ukraine, 79013<sup>4</sup>*

*Experimental investigations of the parameters and modes of operation of the heat accumulator heated by solar radiation are presented. This allows to stabilize the thermophysical parameters of the coolant during the day, and at night provides the process of drying the fruit in a solar dryer.*

**Keywords:** *air-gravel battery, step modes charge, discharge, heat accumulators material.*

**ORCID:** <sup>1</sup>0000-0002-4717-509X; <sup>2</sup>0000-0002-3061-9176;  
<sup>3</sup>0000-0003-1295-41624; <sup>4</sup>0000-0003-4985-0930.

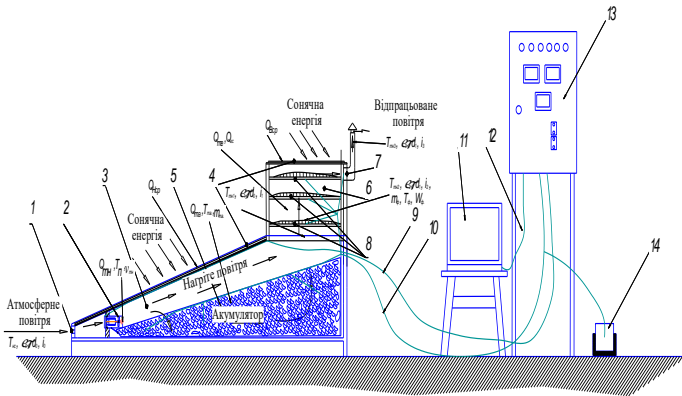
Геліосушарка – це різновид сільськогосподарського обладнання, призначений для сушіння фруктів.

На сьогодні відомо велике різноманіття теплоакумуючих матеріалів (ТАМ), видів і конструкцій теплових акумуляторів, обумовлене широким спектром областей їх застосування [1]:

- теплові акумулятори з твердим ТАМ;
- теплові акумулятори з плавильним ТАМ;
- рідинні акумулятори тепла;
- парові акумулятори тепла;
- теплові акумулятори фазового переходу;
- термохімічні акумулятори.

Нами пропонується в геліосушарці застосувати тепловий акумулятор з твердим ТАМ, а саме повітряно – гравійний акумулятор.

Для проведення експериментальних досліджень розроблено дослідний взірець повітряно – гравійного акумулятора (рис. 1). Повітряно – гравійний акумулятор має рамну конструкцію на передній фронталі, повітряний колектор 4 виготовлений з світлопрозорого матеріалу (скла із складом 72%  $SiO_2$ , 13% ( $Na_2O+K_2O$ ), 11%  $Ca$ ; 4% ( $R_2O_3+MgO$ ), та абсорбера. Абсорбер виготовлений із листового алюмінію, покритого селективною фарбою з коефіцієнтами короткохвильового поглинання  $\alpha \approx 0,92$ , довгохвильового випромінювання  $\varepsilon \approx 0,48$ , товщиною шару покриття  $\lambda \approx 4,40$  мкм. На бічній стінці акумулятора зроблено круглі отвори 1 для подачі атмосферного повітря в геліосушарку. Циркуляція нагрітого повітря (теплоносія 1...2,17 м/с) забезпечується вентилятором 2. Між абсорбером та ТАМ розміщений повітропровід 3, який здійснює подачу теплоносія до сушильної камери 6. Як додаткове джерело акумулявання надлишкового тепла використовують ТАМ 5, верхній шар якого служить тепло сприймаючою поверхнею і розміщений внизу камери. ТАМ має вигляд ємності з розміром  $276 \times 1360$  мм (об'ємом  $0,35$  м<sup>3</sup> на  $0,5$  м<sup>2</sup> площі колектора), і заповнюється гравієм (елементами насадки) розміром 10-20 мм.



**Рис. 1. Схема експериментальної установки:** 1 – отвір, через який всмоктується атмосферне повітря; 2 – вентилятор; 3 – повітропровід; 4 – повітряний колектор; 5 – теплоакумлюючий матеріал (ТАМ); 6 – сушильна камера; 7 – отвір, через який видаляється сушильний агент; 8 – решета; 9 – кабель живлення електродвигуна вентилятора; 10 – термоелектричні датчики (термоопори) типу (Pt 100); 11 – комп’ютер; 12 – комунікаційний кабель RS 232; 13 – електронний цифровий мікрровольтметр РТ-0102-8, термогірмометр РТ-0102, термоанемометром УТ 362; 14 – термостат.

Тепловий акумулятор (ТА) заряджається гарячим повітрям, що рухається в повітропроводі з певною швидкістю, передаючи своє надлишкове тепло елементам насадки. Розряджається ТА холодним повітрям, що рухається в повітропроводі в нічний час, охолоджуючи елементи насадок.

Для вимірювання температури навколишнього середовища, теплоносія, теплоакумлюючого матеріалу використовувалися вісім термоопорів Pt 100. Як реєструючий прилад використовували електронний цифровий мікрровольтметр РТ-0102-8. Індивідуальне

градування кожного термоопору проводили за реперними точками та температурою кипіння води.

Надходження інтенсивності сонячного випромінювання на сприймаючу поверхню повітряного колектора вимірювали цифровим піранометром ПЕЛЕНГ СФ – 06. Швидкість відпрацьованого теплоносія вимірювалася чашковим термоанемометром УТ 362. Вологість циркулюючого і відпрацьованого теплоносія, вимірювали стаціонарним термогігрометром РТ-0102.

#### **Підготовка стенда до роботи:**

1. Встановити сприймаючу поверхню повітряного колектора відносно кута надходження сонячної радіації;
2. Під'єднати датчики стенду до вимірювальних приладів, а прилади через комунікаційний кабель RS 232 до ПК;
3. Підключити осьовий вентилятор і вимірювальні прилади до електромережі.
4. Обрати швидкість циркуляції теплоносія (1...2,17 м/с).
5. Запустити програмне забезпечення і зняти дані в процесі сушіння.

Температура в контрольних точках визначається через кожні 3600 с, а швидкість руху теплоносія – на початку і в кінці теплового акумулятора. За швидкістю руху теплоносія і діаметром вихідного отвору визначалася витрата відпрацьованого теплоносія.

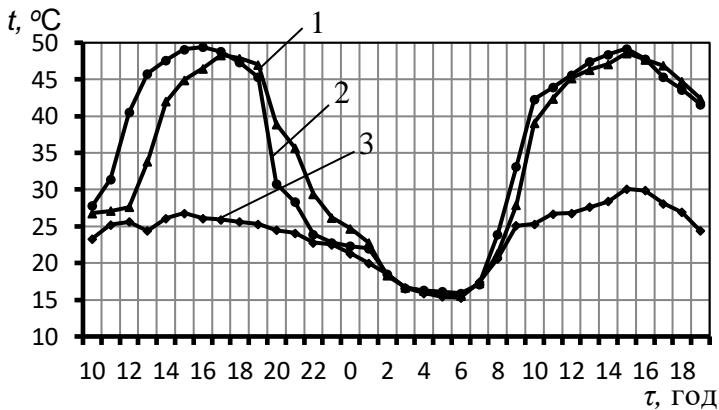
Відносна вологість повітря (теплоносія) вимірювалася стаціонарним термогігрометром через кожні 3600 с разом із вимірюванням температури.

Зміну надходження інтенсивності сонячного випромінювання на сприймаючу поверхню повітряного колектора визначали через кожні 3600 с.

Ефективність роботи акумулятора залежить від:

орієнтації колектора, кута нахилу його поверхні, географічної широти для м. Корця –  $50,61^\circ$  (Рівненської області), а також забруднення повітря. У період проведення дослідження середнє значення інтенсивності сонячного випромінювання знаходилося в межах  $400 - 910 \text{ Вт/м}^2$  на годину. Варто відмітити, що максимум було зафіксовано 15 липня о 13:00 ( $945,5 \text{ Вт/м}^2$ ).

На рисунку 2 показано зміну температури акумулятора за результатами досліджень впродовж доби 15, 16 липня 2019 р. [1]. Наслідком більшої інтенсивності сонячного випромінювання є підвищення температури теплоносія, що протікає через акумулятор. Так, 15 липня від 10:00 до 17:00 години ТА нагрівався з  $26,8^\circ\text{C}$  до  $48,3^\circ\text{C}$ , тоді, як 16 липня з 9:00 до 15:00 години температура теплового акумулятора змінювалася з  $27,9^\circ\text{C}$  до  $48,6^\circ\text{C}$ .



**Рис. 2. Зміна температури акумулятора на виході із шару насадки (гальки) впродовж доби 15, 16 липня 2019 р. температура теплоносія (1) повітряно – гравійного акумулятора (2) навколишнього середовища (3).**

Подібним чином змінювалася температура теплоносія у сонячному колекторі. 15 липня о 10:00,

температура теплоносія становила 27,6 °С, від 13:00 до 15:00 теплоносієм нагрівся до максимальної температури 49,4 °С, після чого з 15:00 до 19:00 температура теплоносія знизилась до 45,3 °С.

16 липня теплоносієм з 9:00 до 14:00 години нагрівався від температури 33,1 °С до температури 48,4 °С та о 15:00 годині досяг температури 49,2 °С.

Так, 15 липня в денний період від 10:00 до 18:00 години навколишнє середовище нагрілось з 23,3 °С до 25,6 °С, тоді, як в нічний період з 15 на 16 липня від 22:00 до 9:00 години температура навколишнього середовища змінювалася з 22,8 °С до 25,1 °С.

У режимі зарядки температура гравійної акумулюючої поверхні, розташованої в центрі теплового акумулятора, досягне значення 44,1 °С в 11.00 годині, а з 11.30 до 15.00 зарядка дорівнює 48,9 °С. ТАМ, що перебуває поблизу виходу, після однієї години зарядки з 10.00 до 11.15 має температуру 42 °С, а після п'яти годин з 11.20 до 15.00 - 52 °С.

В режимі розрядки впродовж 16 годин з 17.00 до 7.00 температура ТАМ на вході коливається від 46,5 до 20,6 °С, у центрі — від 47,3 до 20,9 °С, а на виході 48,1 до 21,1 °С.

Таким чином, одержано оптимальні теплофізичні параметри теплового акумулятора, в процесі нагромадження й передачі теплової енергії в режимі зарядки температура  $t$  – 30,5 - 45,6 °С не менш 6 годин, а в режимі розрядки  $t$  – 45,6 - 20,9 °С — не більше 12 годин; теплова потужність акумулятора  $Q$  – 34 - 270 Вт/м<sup>3</sup>.

#### **Література:**

1. NASA Surface meteorology and Solar Energy [Електронний ресурс] // Available Tables. – Режим доступу: [www/URL:http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid/cgi?uid=3030](http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid/cgi?uid=3030). – 15.07.2019 р.