

УДК 697.329:664

## НОВА КОНСТРУКЦІЯ ТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ТЕПЛООБМІНУ В ГЕЛІОСИСТЕМАХ

Ковальов С. В., к.х.н.,

Сустретова А. М., магістрант,

Береславська Л. С., магістрант

*Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»*

Тел. +38(067)631-60-26

**Анотація** – у статті наведено нову конструкцію трубчатого теплообмінника, який рекомендується для застосування у геліосистемах для покращення їх роботи. Запропоноване обладнання має ряд переваг: простота виготовлення і складання, велика поверхня теплообміну та теплопередача, висока корозійна стійкість. Розроблений теплообмінник може використовуватись не тільки в геліосистемах для підігрівання води і опалення приміщень, а і на інших харчових та хімічних виробництвах де є потреба у теплообміні.

**Ключові слова** – теплообмінник, геліосистема, конструкція, гальванічне покриття, магнітне поле.

*Постановка проблеми.* У зв'язку з високою вартістю та недостатньою кількістю природного газу в Україні постає проблема збереження енергоносіїв та заміни їх альтернативними джерелами енергії. Вартість енергії є значною частиною собівартості продукції у харчовій промисловості, тому пошук шляхів використання альтернативних джерел енергії є вельми актуальним в Україні.

Одним із головних джерел енергії є енергія Сонця. Ця енергія не забруднює навколишнє середовище і є невичерпною. Одним з видів накопичення енергії Сонця є геліосистеми.

Геліосистема (сонячний колектор) — пристрій для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі [1]. В Україні середньорічний потенціал сонячної енергії дорівнює 1235 кВт·год/м<sup>2</sup>, (для порівняння, таку енергію можна одержати при спалюванні 100 м<sup>3</sup> газу) [2]. По регіонах України середньорічне значення сонячної енергії знаходиться в межах від 1000 до 1400 кВт·год/м<sup>2</sup>, а розподілення по кліматичним зонам наведено на рис. 1. Можна зробити висновок, що використання геліосистем на території України є досить перспективним.

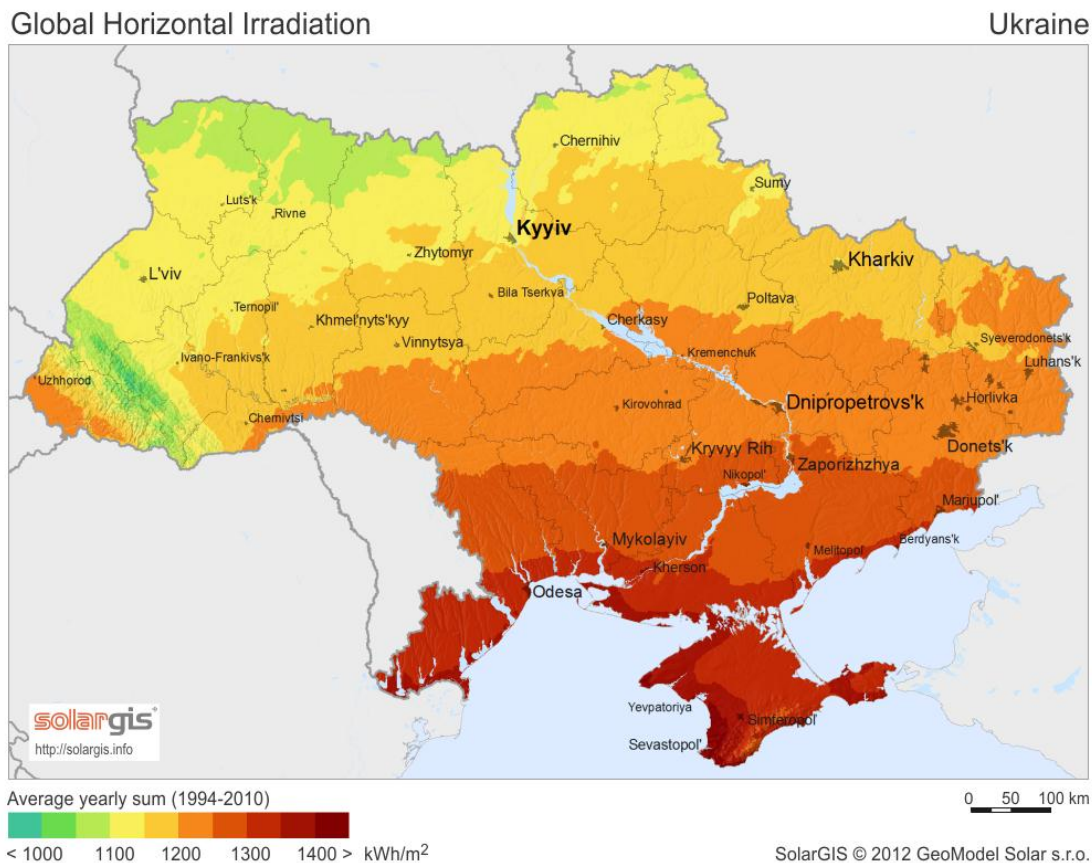


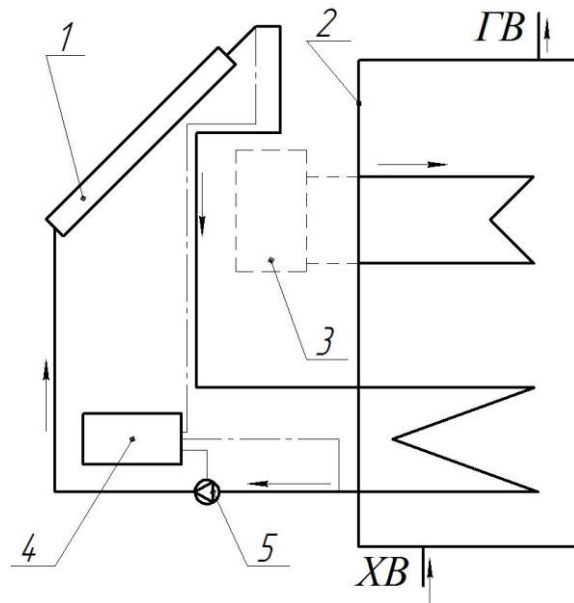
Рис. 1. Карта розподілу сонячної радіації на території України.

*Аналіз останніх досліджень.* Розроблена велика кількість геліосистем, але їх принципова схема, показана на рис. 2, має наступні компоненти:

- сонячні колектори;
- контролер;
- теплообмінник;
- насос;
- робоча рідина;
- трубопровід та інші.

Газовий котел 3 включено в схему (рис. 2) для часткового підігрівання води у накопичувальному баку в зимовий період.

Конструкціям сонячного колектора (поз. 1 на рис. 2) [3, 4] та їх порівнянню присвячено велику кількість робіт [5,6]. Але однією з важливих проблем всіх конструкцій геліосистем є перегрівання циркулюючої робочої рідини (вода або антрифриз). Це приводить до її кипіння та виникнення аварійної ситуації з підвищенням тиску або призводить до випаровування робочої рідини, що вимагає застосування спеціальних систем для зливу робочої рідини або інших пристроїв. Всі ці проблеми пов'язані, насамперед, з недостатнім відводом тепла від робочої рідини до води, що нагрівається (для одержання гарячої води або опалення приміщення).



1 – сонячні колектори, 2 – бак-накопичувач, 3 – газовий котел, 4 – контролер, 5 – насос, ХВ – холодна вода, ГВ – гаряча вода.

Рис. 2. Принципова схема геліосистеми.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Ми поставили завдання розробити нову конструкцію теплообмінника (який розміщено у накопичувальному баку), що дозволить покращити теплообмін між робочою рідиною і водою, що нагрівається.

У хімічному та харчовому апаратобудуванні широке розповсюдження отримали кожухотрубчасті апарати. Тому нами запропоновано замінити спіральний елемент, що нагріває воду у накопичувальному баку, на трубчатий теплообмінник (який для даної конструкції має у 2 рази більшу поверхню теплообміну). Але трубчатий теплообмінник повинен мати велику поверхню теплообміну та коефіцієнт теплопередачі, невелику масу та високу корозійну стійкість.

*Основна частина.* Вихідними даними є: максимально можливий тиск у апараті ( $p$ ) який має значення 0,8 МПа, температура ( $t$ ) у теплообміннику  $100^{\circ}\text{C}$ , матеріал обичайки, днища та стінки – сталь марки ВСт3, матеріал трубок – мідь марки М3, діаметр теплообмінної трубки ( $d$ ) дорівнює 20 мм.

З метою збільшення теплообміну обираємо в якості матеріалу труб мідь марки М3, так як мідь має найбільший коефіцієнт теплопередачі (за винятком срібла). Крім того, мідь забезпечує корозійну стійкість трубок, тому зменшення товщини стінок не враховуємо. Це дозволяє виготовити трубки з тонкою стінкою, тому ми обрали товщину стінки трубок ( $s$ ) рівною 0,5 мм. Розрахуємо товщину стінки за [7]:

$$s_p = \frac{p \cdot d}{2[\sigma] \cdot \varphi - p} = \frac{0,8 \cdot 0,02}{2 \cdot 44,5 \cdot 1 - 0,8} = 1,814 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,1814 \text{ мм}, \quad (1)$$

де,  $[\sigma]$  – допустиме напруження матеріалу трубки, для міді обирається за [8], для міді марки М3 при  $100^\circ\text{C}$  дорівнює 44,5 МПа;

$\varphi$  – коефіцієнт міцності зварного шва, так як трубки виконані без застосування зварки, то приймають  $\varphi = 1$  [8].

Виходячи з розрахунку, товщина стінки трубки обрана вірно, тому що  $s > s_p$  ( $0,5 \text{ мм} > 0,1814 \text{ мм}$ ).

На рис. 3 наведено 3D модель теплообмінника. Він складається з обичайки, плоского днища і кришки. В кришці та днищі апарату встановлені патрубки для вводу (в днище) і для виводу (в кришці) робочої рідини. Кришка з обичайкою з'єднуються за допомогою фланцевого з'єднання. В обичайці апарату встановлені два патрубки для вводу холодної і виходу гарячої води.

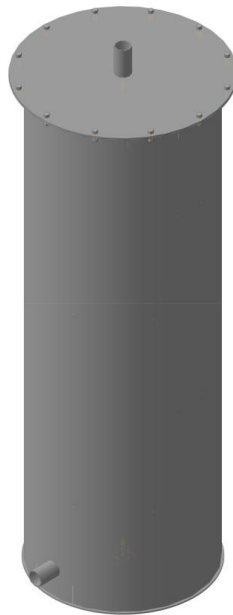
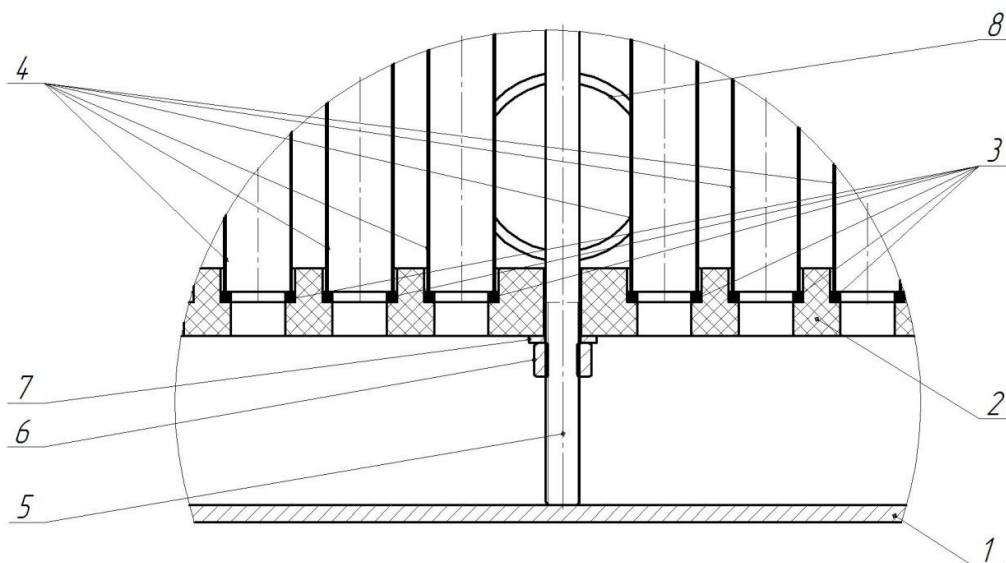


Рис. 3. 3D модель теплообмінника об'ємом 500л та висотою 1,8м.

Об'єм теплообмінника складає 500 л, внутрішній діаметр 0,6 м, висота 1,8 м. Перевагою цього теплообмінника є те, що трубки з трубною решіткою не зварюються. Це, безумовно, значно спрощує виготовлення і збирання даного теплообмінника. Трубки затискаються між двома трубними решітками, а прокладки встановлені між трубками і решітками забезпечують герметичність з'єднання, це з'єднання показано на рис. 4. Трубки затискаються між трубними решітками за рахунок затягнення гайки б (рис. 4).

Аналогічна конструкція знаходиться і на верхній решітці.

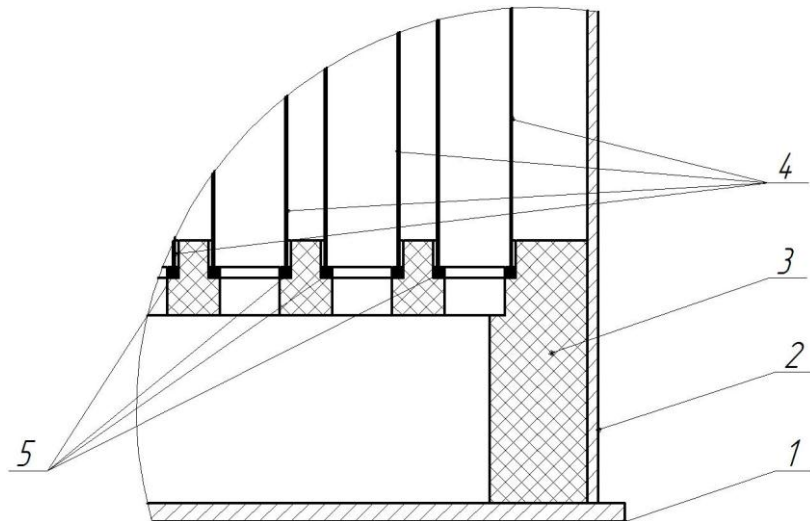
На рис. 5 показано взаємне розташування трубної решітки, обичайки та днища. Трубна решітка виготовлена з пластмаси. В ній виконано порожнину, яка виконує розподільчу функцію для рівномірного наповнення трубок рідиною (так звана камерна зона). Таким чином, трубчаста решітка приведеної конструкції одразу виконує дві функції: утримує трубки та рівномірно розподіляє робочу рідину по трубках.



1 – днище, 2 – трубна решітка, 3 – прокладки, 4 – трубки, 5 – стрижень для стиснення трубних решіток, 6 – гайка, 7 – шайба, 8 – вхідний штуцер.

Рис. 4. Схема розташування трубок у трубній решітці та стрижня для притиснення трубок.

В цій роботі вперше пропонується, для покращення роботи теплообмінника, нанесення гальванічного мідного покриття на трубки. Нанесення міді поводитьься електрохімічним шляхом з застосуванням слабкого магнітного поля за методом наведеним в [9]. Цей метод дозволяє зробити поверхневий шар приблизно в 2 твердішим, ніж твердість трубки. Крім того, це дозволяє суттєво (до 2 разів) збільшити площину поверхні трубок, що приведе до підвищення теплопередачі.



1 – днище, 2 – обичайка, 3 – трубна решітка, 4 – трубки, 5 – прокладки.

Рис. 5. Схема взаємного розташування трубної решітки, обичайки та днища.

*Висновки.* 1. Розроблено конструкцію трубчастого теплообмінника, яка має ряд переваг: за рахунок застосування мідних трубок з малою товщиною стінки (0,5 мм) поліпшується теплообмін та знижується вага, а застосування міді виключає корозію трубок.

2. Збільшення твердості і площі поверхні трубок досягається нанесенням гальванічного шару міді за спеціальною методикою.

3. Загальна маса теплообмінника об'ємом 500 л складає приблизно 255 кг, що дозволяє його монтаж силами декількох монтажників.

4. Наведено нову конструкцію кріплення труб у трубних решітках, яка виключає використання операції зварювання трубок з трубною решіткою, що є найбільш складною і високовартісною операцією при виготовленні кожухотрубчастого теплообмінника.

5. Запропонована конструкція може використовуватись не тільки в геліосистемах для підігрівання води і опалення приміщень, а і на інших харчових та хімічних виробництвах де є потреба у теплообміні.

Література:

1. *Слюсарь О. В., Постол Ю. А.* Энергия Солнца. Возможности использования в Украине // Проблемы механизации та електрифікації АПК: Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конференція студентів і магістрантів за підсумками наукових досліджень 2013 року / ТДАТУ. Мелітополь, 2014. Вип. 1. С.183-184.

2. *Шаповал С. П., Венгрин І. І.* Перспективи використання сонячної енергії на території України // Young Scientist. 2014. № 7 (10). С. 21-24.

3. Желих В. М., Лесик Х. Р. Дослідження ефективності роботи термосифонного сонячного колектора в помірному кліматі // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Сер. Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. Львів, 2013. № 758. С. 121-126.

4. Куликов К. К. Перспективы применения солнечных коллекторов // Инновационная наука. 2015. № 12. С. 86-88.

5. Возняк О. Т., Шаповал С. П., Пона О. М. Дослідження ефективності комбінованого сонячного колектора // Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2013. Вип. 23.13. С. 171-174.

6. Кравцов Д. В., Вороновський І. Б. Використання сонячних колекторів для отримання гарячого водопостачання // Проблеми механізації та електрифікації АПК: Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конференція студентів і магістрантів за підсумками наукових досліджень 2013 року / ТДАТУ. Мелітополь, 2014. Вип. 1. С.178-180.

7. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. [Введ. 1990-01-01]. Москва, 1990. 62 с.

8. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: учебное пособие / М. Ф. Михалев и др.; под ред. М. Ф. Михалева. Ленинград: Машиностроение, 1984. 301 с.

9. Спосіб електрохімічного одержання покриттів в магнітному полі: пат. Україна: МПК (06.2016) C25D 3/00, C25D 5/00, C25D 7/00. № а 2016 11847; заявл. 23.11.16.

### **НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ГЕЛИОСИСТЕМАХ**

Ковалёв С. В., Сустретова А. Н, Береславская Л. С.

**Аннотация** – разработана новая конструкция трубчатого теплообменника применяемого для улучшения работы гелиосистем. **Преимущества конструкции:** простота изготовления и сборки, большая поверхность теплообмена и высокая коррозионная стойкость. Предложено покрывать трубки теплообменника слоем меди, наносимой гальванически с применением слабого магнитного поля, что повышает твердость поверхностного слоя. Предложенную конструкцию можно использовать на пищевых производствах, где есть потребность в теплообмене.



## **NEW CONSTRUCTION OF HEAT EXCHANGER TO ENHANCING HEAT EXCHANGEMENT IN SOLAR WATER HEATING**

S. Kovalyov, A. Sustretova, L. Bereslavskaya

### *Summary*

**The paper describes the use of solar water heaters in Ukraine. The principal scheme of the solar water heater and problems in its work are considered.**

**The article presents a new design of a tubular heat exchanger. It is recommended for use in solar water heating to improve their work. The proposed design has a number of advantages: the simplicity of manufacturing and assembly, the use of copper tubes with a small wall thickness (0.5 mm), a large surface of heat transfer and heat transfer, high corrosion resistance.**

**The 3D model of the heat exchanger is presented in the article. It consists of a shell, a flat bottom and a lid. In the lid and bottom of the apparatus are installed pipes for input (in the bottom) and for output (in the lid) working fluid. The cover with the shell is connected by means of a flanged connection. In the case of the apparatus are two pipes for the entrance of cold and the exit of hot water.**

**The new design of fastening of pipes in pipe grids eliminates the use of welding, which is the most complicated and expensive operation in the manufacture of heat exchanger.**

**It is proposed to cover the tubes with a layer of copper. Copper is electrodeposited with the use of a weak magnetic field. The deposit increases the hardness of the surface layer (in 2 times) and increases surface the pipe.**

**The proposed design can be used not only in solar water heating, but also in food and chemical industries where there is a need for heat exchange.**