

УДК 697.7:697.329

Оцінка та аналіз характеристик теплових акумуляторів для повітряних геліосистем

Х.Р. Козак¹; В.М. Желих²

¹ аспірант, НУ «Львівська політехніка», Україна

² д.т.н., професор НУ «Львівська політехніка», Україна

Здійснено порівняльний аналіз характеристик відомих теплових акумуляторів для сонячних систем. Встановлено, що найбільш придатними для акумулювання теплоти в низькотемпературних сонячних системах опалення є теплоакumuлюючі матеріали на основі кристалогідратів.

Ключові слова – тепловий акумулятор; геліоколектор; сонячна система опалення; фахоперехідний матеріал.

Актуальність роботи. Необхідність акумулювання теплоти в геліосистемах обумовлена розбіжністю в часі і в кількості надходження теплової сонячної енергії та її споживання. Потік сонячної енергії змінюється протягом доби від нуля в нічний час до максимального значення в сонячний полудень.

Застосування акумулятора теплоти підвищує ефективність роботи конструкції і надійність теплопостачання.

При виборі теплового акумулятора слід співставити вартість та робочі характеристики. Значно впливають на ціну системи наступні фактори:

- тип теплоакumuлюючого матеріалу (каміння, вода, фазоперехідні матеріали, такі як лід, парафін та евтектичні солі);
- кількість теплоакumuлюючого матеріалу;
- місце розташування теплового акумулятора в приміщенні, що обігривається чи за його межами;
- тип та розмір резервуару для зберігання теплоакumuлюючої речовини;
- теплообмінник, при потребі, для передавання чи відбирання тепла від теплоносія;
- механізм для переміщення теплоакumuлюючого середовища через теплоакumuлятор чи теплообмінник.

Робочі характеристики системи також залежать від середньої робочої температури та перепадів тиску теплоносія, при русі через тепловий акумулятор, а також тепловтрат корпусу акумулятора.

Мета та задачі дослідження. Дана робота присвячена дослідженню ефективності застосування теплових акумуляторів у сонячних повітряних системах опалення.

Ємнісні теплові акумулятори. У повітряних системах теплопостачання в якості акумулюючого матеріалу найчастіше застосовують кам'яні засипки,

краще гальку. Доцільно використовувати також пустотні конструкції будівель, зокрема панелі стін і перекриттів, пропускаючи через них нагріте повітря.

Теплоакумулюючу здатність або кількість теплоти, яка може бути накопичена в акумуляторі теплоти ємнісного типу, $Q_{ем,кДж}$, визначають за формулою:

$$Q = m C_p \Delta T, \quad (1)$$

де m – маса теплоакумулюючого матеріалу (ТАМ), кг; C_p – питома теплоємність ТАМ, кДж/(кг°С); ΔT – різниця між кінцевою та початковою температурами ТАМ, °С.

На рис.1 зображено будинок з сонячною системою опалення та гравійним акумулятором. Повітря з геліоколектора направляється зверху вниз вентилятором в тепловий акумулятор, розташований в підвалі. Для обігрівання приміщень в холодний час доби тепле повітря з акумулятора рухається по каналах, прокладених під підлогою, що сприяє створенню більш комфортних умов [1].

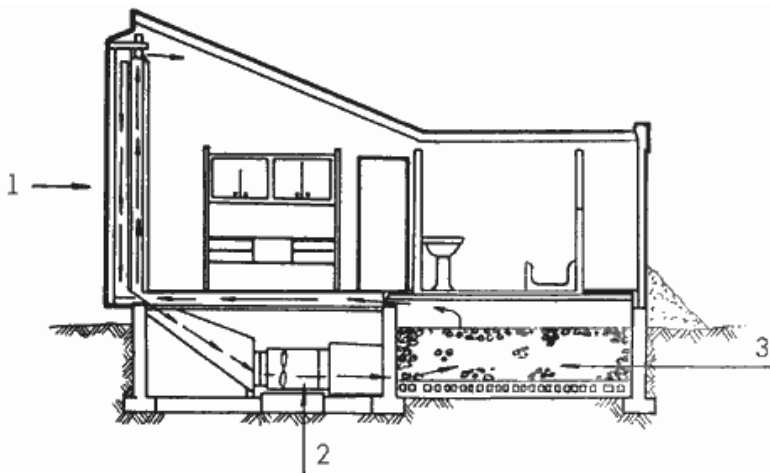


Рис. 1. Поперечний розріз будинку з сонячним повітряним опаленням
1 – сонячний колектор; 2 – вентилятор, 3 – гравійний тепловий акумулятор.

Гравійний акумулятор теплоти відрізняється великими розмірами, так при енергоємності в 1000 МДж об'єм гравійного акумулятора теплоти майже в 4 рази більший об'єму водяного акумулятора і в 17,5 рази більший за акумулятор з парафіном. Як наслідок – потреба у великих площах і будівельних об'ємах.

До недоліків використання ємнісних теплових акумуляторів можна віднести великі об'єми відсіків для їх облаштування, що призводить до чималих затрат на будівництво, крім того, через зовнішні стінки цих відсіків із значними їх площами відбуваються суттєві тепловтрати.

Слід звернути увагу на теплоємність матеріалу. Чим вище значення коефіцієнта теплоємності, тим швидше втрачається тепло. Цей фактор є одним із найважливіших недоліків водяних акумуляторів в порівнянні із гравійними. При виборі ТАМ варті уваги теплопровідність та густина матеріалу, хімічна стабільність, нетоксичність, загальнодоступність та низька собівартість.

Акумулятори теплоти на основі фазового перетворення. Основною перевагою даного типу є висока питома густина енергії, завдяки чому значно зменшується маса і об'єм акумулятора, у порівнянні з емнісними акумуляторами.

В таблиці [2] відображено характеристики найбільш поширених ТАМ. Як видно з наведених даних для отримання 1 ГДж теплоти об'єм акумулятора з фазоперехідною речовиною повинен бути у 2,5 – 5 раз менший від наповненого водою. Це суттєво спрощує проблему потреби великих площ для встановлення теплового акумулятора, а також для зміцнення конструкції будівлі додатковими опорами.

Таблиця
Теплотехнічні характеристики теплоакумуляційних матеріалів для повітряних геліосистем

| Характеристика ТАМ | Граніт | Вода | Глауберова сіль | Парафін | |
|--|--------|--------|-----------------|---------|-------|
| Питома густина, кг/м ³ | 1600 | 1000р | 1450т | 786т | |
| Теплоємність, кДж/(кг·°С) | 0,84 | 4,2 | 1,92т | 3,26р | 2,89т |
| Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°С) | 0,45 | 0,6 | 1,85т | 1,74р | 0,5т |
| Маса ТАМ для акумуляування 1 ГДж теплоти при $\Delta T = 20$ °С, кг | 59 500 | 11 900 | 3300 | | 3750 |
| Відносна вага ТАМ по відношенню до ваги води, кг/кг | 5 | 1 | 0,28 | | 0,32 |
| Об'єм ТАМ для акумуляування 1 ГДж теплоти при $\Delta T = 20$ °С, м ³ | 49,6 | 11,9 | 2,26 | | 4,77 |
| Відносний об'єм ТАМ по відношенню до об'єму води, м ³ /м ³ | 4,2 | 1 | 0,19 | | 0,4 |
| Вартість 1 кг ТАМ, грн (для води за 1 м ³) | 1,5 | 4,7 | 20-25 | | 40,0 |

Матриці чи невеликі ємності з фазоперехідними матеріалами (ФПМ) можна розміщувати в конструкції будівлі. Акумуляуюча речовина буде накопичувати теплову енергію не лише від геліоколектора, але й надлишкове тепло від людей, обладнання, сонячної радіації тощо.

На рис. 2 зображено повітряну сонячну систему опалення з тепловим акумулятором наповненим ФПМ.

Кількість акумуляованої теплоти фазоперемінним ТАМ, Q_{ϕ} , кДж, визначають за формулою:

$$Q_{\phi} = mH_{\phi}, \quad (2)$$

де m – маса матеріалу, кг; H_{ϕ} – теплота плавлення матеріалу, кДж/кг.

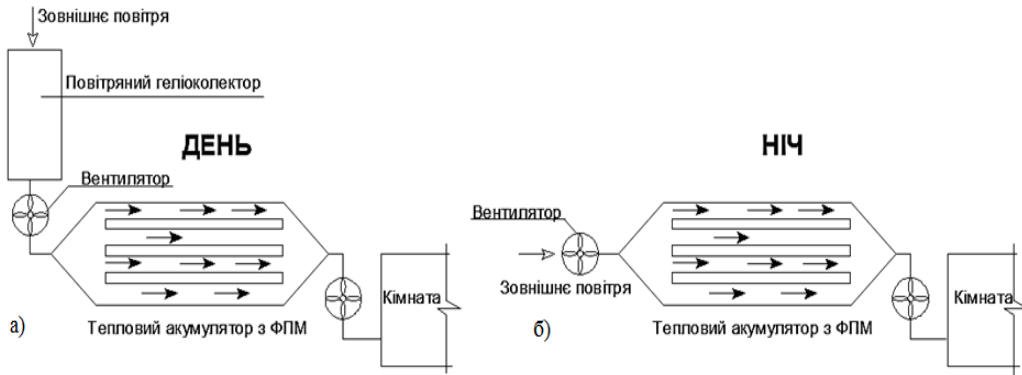


Рис.2. Схема системи повітряного сонячного опалення з акумулюванням теплоти
 а) денний цикл роботи повітряної сонячної системи опалення
 б) нічний цикл роботи повітряної сонячної системи опалення

Кількість акумульованої енергії по відношенню до об'єму ТАМ, Q_{ϕ} , кДж:

$$\frac{Q_{\phi}}{V} = \frac{mH_{\phi}}{m \cdot \rho}, \quad (3)$$

де ρ – питома густина ТАМ, $\text{кг}/\text{м}^3$; V – об'єм ТАМ, м^3 .

При виборі ТАМ слід враховувати наступні фактори:

- матеріал повинен бути загальнодоступним та відносно недорогим;
- матеріал повинен зберігати свої властивості на протязі великої кількості фазових переходів;
- фазовий перехід повинен відбуватися при виділенні-поглинанні прихованої теплоти;
- речовина повинна бути безпечною для людини, а саме нетоксичною, незаймистою, негорючою.

Для низькотемпературних сонячних систем теплопостачання в акумуляторах фазового переходу найбільш придатні органічні речовини – парафін і деякі жирні кислоти та кристалогідрати неорганічних солей, наприклад, кальцію хлорид гексагідрат або глауберова сіль, які плавляться при 29°C і 32°C відповідно.

Парафіни [3] мають найменшу теплоту фазового переходу серед застосовуваних теплоакумуючих матеріалів з фазовим переходом (ТАМФП): $144 - 189 \text{ МДж}/\text{м}^3$. Вартість технічних парафінів порівняно висока і коливається на даний час в межах від $30 - 40 \text{ грн./кг}$. Ще одним вагомим недоліком є їхня низька теплоємність ($C_p = 2,89 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$) і теплопровідність в твердому стані. Цей недолік частково вирішується додаванням мідної або алюмінієвої стружки або тонкого дроту. Температура плавлення парафіну становить 44°C , що більше

підходить для рідинних геліосистем. Ці недоліки роблять неекономічним використання парафінів для акумуляторів повітряних сонячних систем опалення.

При використанні кристалогідратів можливий поділ суміші на рідку та тверду фазу, а також її переохолодження, що викликає нестабільність цих відносно недорогих речовин і знижують число робочих циклів. Для усунення цих недоліків до теплоакумулюючого матеріалу додають спеціальні речовини, які забезпечують рівномірну кристалізацію розчину і сприяють тривалому використанню матеріалу в багаторазових циклах плавлення-затвердіння. Для блокування розділення фаз застосовуються загусники, або інтенсивне перемішування в процесі теплообміну, що не завжди зручно в процесі експлуатації. До числа недоліків кристалогідратів слід віднести також їхню підвищену корозійну активність.

Перевагами є порівняно низька температура плавлення та досить велика кількість теплоти, що вивільняється при фазовому переході так для глауберової солі вона становить 251 МДж/м³. Тепловий акумулятор на основі насиченого розчину глауберової солі саме при температурі вище 32 °С може ефективно підтримувати температуру на рівні 32 °С з великим ресурсом накопичення або віддачі енергії. Звичайно, для гарячого водопостачання ця температура є низькою, але для повітряного опалення її цілком достатньо.

Жирні кислоти в якості ТАМФП характеризуються температурою і теплотою плавлення приблизно такою ж, як і парафіни та в 4 рази нижчим коефіцієнтом теплопровідності. Для організації ефективного теплообміну використовуються оребрені поверхні, капсули, заповнені теплоакумулюючим матеріалом, а також теплопровідні матриці. Вартість коливається в районі від 90 до 100 грн за 1 кг. Серед переваг можна виділити хімічну та холодостійкість.

Висновки: таким чином, з розглянутих типів ТАМФП з урахуванням їх теплофізичних властивостей і вартісних показників найбільш придатними для теплових акумуляторів систем опалення з відновлюваними джерелами енергії є ТАМ, на основі кристалогідратів ($Q_{\phi}=150 - 400$ МДж/м³) враховуючи достатню теплоту фазового переходу і порівняно невисокі температури плавлення ($T_{пл}=25-80$ °С).

Література:

1. Использование солнечной энергии в северных районах. – Москва. – 1981.
2. <http://msd.com.ua/individualnye-solnechnye-ustanovki/akkumulyatory-teploty/>
3. Будлянський С.В., Редько А.Ф., Чайка Ю.И. Сравнение теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом для систем солнечного теплоснабжения//Энергосберегающие технологии теплогазоснабжения, строительства и муниципальной инфраструктуры. – Харьков. – 2013.
4. SteveEckhoff, Solar Energy Heat Storage for Home, Farm and Small Business: Suggestions on Selecting and Using Thermal Storage Materials and Facilities. –West Lafayette: PurdueUniversity. – 1978. – p 11.

Оценка и анализ характеристик тепловых аккумуляторов для воздушных гелиосистем

Х.Р. Козак; В.Н. Желих

Выполнен сравнительный анализ характеристик известных тепловых аккумуляторов для солнечных систем. Установлено, что наиболее приспособленными для аккумуляирования теплоты в низкотемпературных солнечных системах отопления являются теплоаккумулирующие материалы на основе кристаллогидратов.

Evaluation and Analysis of the Thermal Characteristics of the Heat Storage for Air Solar Systems

Kh.R. Kozak; V.M. Zhelikh

A comparative analysis of the characteristics of the known heat storages for solar systems has been performed. It was found that heat storage materials based on crystalline are the most adapted for the heat storage in the low-temperature solar heating systems.

Надійшла до редакції 16.04.2016