

УДК 620.93:547.21/91

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Корінчевська Т.В., Сисєжкін Ю.Ф., д-р техн. наук, професор,  
Михайлик В.А., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник,  
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ

*В статті приведена оцінка перспективності використання теплоакуюлюючих електронагрівальних приладів, що працюють з використанням теплоти фазового переходу. Розраховано термін окупності таких систем.*

*The paper shows the evaluation of perspective of using of electric heat storage systems. They are operating by using the heat of phase change. The payback period of such systems is calculated.*

Ключові слова: теплота, акумулювання, фазовий перехід, нічна пільгова електроенергія

Одним з ефективних шляхів енергозбереження є забезпечення раціонального графіка навантаження на електричні мережі, оскільки це сприяє підвищенню економічності та надійності роботи енергосистеми. Вирішенню цієї задачі сприяє існуюче положення про тарифне регулювання, яке передбачає значно нижчий тариф на електроенергію, споживану в нічний період, в порівнянні з денним. Введені відповідні тарифні коефіцієнти для двозонних та тризонних тарифів, диференційованих за періодами часу (постанова НКРЕ № 1262 від 04.11.2009).

Перспективним в цьому плані є застосування автономних теплоакуюлюючих електронагрівальних приладів, які акумулюють енергію вночі по пільговим тарифам та віддають її протягом дня. Це пов'язано з тим, що постійне збільшення ціни за теплопостачання залежить від ціни на природній газ. В таких умовах електроопалення з використанням низьких нічних тарифів з неефективного стає економічно вигідним і конкурентоспроможним порівняно з іншими видами індивідуального опалення. А оскільки приблизно половина електроенергії, що виробляється в Україні, постачається від неманеврених атомних станцій, то це ще багато років буде утримувати нічні тарифи на електроенергію від зростання, заохочуючи до споживання електроенергії в нічні години.

Для підтвердження ефективності використання електронагрівальних теплових акумуляторів (ТА) згідно з тарифами на травень 2014 р [1] була розрахована вартість 1 Гкал теплової енергії, отриманої за рахунок використання пільгової електроенергії в нічний період для різних категорій споживачів (табл. 1).

**Таблиця 1 – Вартість 1 Гкал теплової енергії, отриманої за рахунок пільгової електроенергії**

Тарифний план	Тривалість періоду, години	Тариф, грн/(кВт·год)	Вартість 1 Гкал, грн
Для юридичних осіб			
Двозонні тарифи, диференційовані за періодами часу	8 (з 23.00 до 7.00)	0,5194	604,09
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу	7 (з 24.00 до 7.00)	0,4544	528,49
Для населення			
Двозонні тарифи, диференційовані за періодами часу	8 з 23.00 до 7.00	0,2554	297,05
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу	8 з 23.00 до 7.00	0,1459	169,69

Порівняння результатів розрахунку (табл. 1) з вартістю теплової енергії, отриманої за рахунок централізованого теплопостачання, за встановленими тарифами ПАТ «Київенерго» наведено в табл. 2. Видно, що при розрахунку за двозонними тарифами електричні системи акумулювання теплоти вигідні тільки для бюджетних установ та інших споживачів. Економія вартості теплової енергії за рахунок використання пільгової енергії для них становить 37 %.

При розрахунку за тризонними тарифами економія вартості 1 Гкал теплоти має позитивний ефект для всіх споживачів і відповідно становить 29 % для населення та 45% для бюджетних організацій і інших споживачів.

Таблиця 2 – Вартість 1 Гкал теплової енергії

Споживачі	Вартість 1 Гкал ТЕ за тарифами Київенерго, грн/Гкал	Вартість 1 Гкал ТЕ, отриманої за рахунок використання електричної системи опалення, грн/Гкал	
		Двобонні тарифи	Тризонні тарифи
Населення	237,70	297,05	169,69
Бюджетні установи та інші споживачі	959,96	604,09	528,49

Це підтверджує ефективність використання систем електроопалення за допомогою теплових акумуляторів. Такі системи опалення можуть застосовуватися як на промислових підприємствах, так і в житлових приміщеннях, забезпечуючи споживачів якісним і безпечним теплом.

Серед різних систем акумулювання теплоти можна виділити системи з використанням теплоти фазового переходу. В цьому випадку акумулювання відбувається за рахунок поглинання теплоти, що витрачається на процес плавлення. Виділення теплоти в акумуляторі здійснюється в результаті кристалізації розплавленої речовини при охолодженні нижче температури фазового переходу. Такий спосіб акумулювання забезпечує високу густину акумульованої енергії при невеликих перепадах температур і достатньо стабільній температурі на виході з ТА.

Щоб забезпечити максимальну ефективність роботи акумулятора, теплоакumuлюючий матеріал (ТАМ) з фазовим переходом повинен мати достатньо високу ентальпію фазового переходу, температуру плавлення, що задовольняє експлуатаційним умовам, термостійкість, високу теплопровідність і теплоємність в твердій та рідкій фазах, незначну зміну об'єму при нагріванні та охолодженні, слабку хімічну активність і безпечність для навколишнього середовища [2].

За основу нових ТАМ були взяті суміші виробництва ТОВ «Хімвоскпром» (м. Олександрія), що промислово випускаються у великих обсягах і відносно недорогі. Вони являють собою однорідний сплав різних восків та воскоподібних компонентів і використовуються для масового та індивідуального виготовлення моделей в ливарному виробництві. Нами розглянуті суміші, що містять парафін, буровугільний та поліетиленовий воски в різних співвідношеннях.

Експериментальні дослідження цих матеріалів [3] дозволили перевірити можливість їх використання в якості ТАМ. Було встановлено, що суміші, які містять 90...85 % парафіну та 10...15 % буровугільного воску, мають питому теплоту плавлення — 174,1...170,3 Дж/кг та кристалізації — 164,4...152,1 Дж/кг і є придатними для акумулювання теплової енергії. Виявлено, що багаторазове циклічне їх нагрівання і охолодження не призводить до погіршення теплофізичних властивостей і не викликає розшарування. Також було визначено термічну стійкість ТАМ [4]. Дослідження показали що дані суміші мають термічну стійкість, що задовольняє умовам використання їх в якості робочих тіл теплових акумуляторів до 150 °С.

Конструктивні рішення ТА повинні бути спрямовані на максимальне використання теплоти фазових переходів і мінімізацію впливу негативних факторів, таких як коливання об'єму при фазовому переході та низька теплопровідність в твердому стані. Найбільш поширеними конструкціями є теплові акумулятори з розміщенням ТАМ в капсулах або в міжтрубному просторі акумулятора типу кожухотрубного теплообмінника [5].

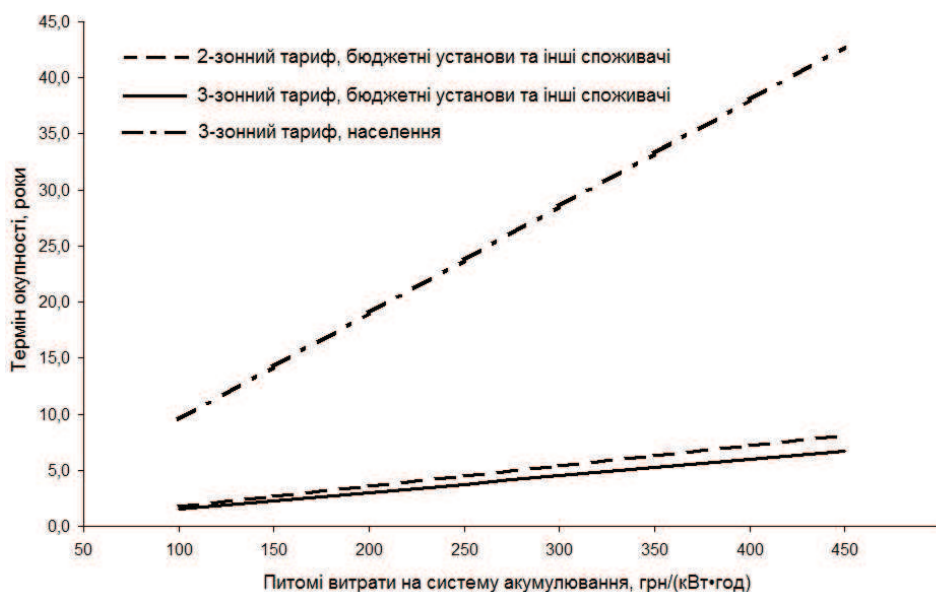
Капсульні теплові акумулятори забезпечують високу надійність конструкції, дозволяють створити розвинену поверхню теплообміну, компенсувати (при використанні гнучких капсул) зміни об'єму в процесі фазових переходів. Однак, якщо ТАМ має низьку теплопровідність, виникає необхідність в зменшенні розмірів капсул та в збільшенні їх кількості, що призводить до зростання трудомісткості в виготовленні теплового акумулятора. Особливо доцільно застосування капсульних ТА в випадках малих теплових потоків з теплообмінної поверхні.

Розташування ТАМ в міжтрубному просторі кожухотрубного теплообмінника забезпечує раціональне використання внутрішнього об'єму теплового акумулятора і використання традиційної технології виготовлення теплообмінних апаратів. Однак при такій конструкції ускладнено забезпечення вільного розширення ТАМ, внаслідок чого знижується надійність акумулятора в цілому.

Тому при розробці конкретного конструктивного рішення теплового акумулятора потрібно враховувати насамперед властивості ТАМ.

Для оцінки перспективності використання електричних теплових акумуляторів на основі теплоти фазового переходу був розрахований термін їх окупності. При цьому враховувалось, що дані системи аку-

мулювання теплоти працюють з використанням нічної пільгової електроенергії за дво- або трizonними тарифами (рис. 1).



**Рис. 1 – Термін окупності електричних систем акумулювання теплової енергії**

Термін окупності розраховано для питомих витрат в діапазоні 100...450 грн/(кВт·год). Досліджені матеріали потрапляють в інтервал 150...200 грн/(кВт·год), що відповідає терміну окупності для населення 14,3...19 років, а для бюджетних організацій та інших споживачів 2,2...3,6 роки. З рис. 1 видно, що найбільша ефективність автономних теплоакumuлюючих систем досягається в приміщеннях, обладнаних тритарифним лічильником. Особливо вигідно ці системи встановлювати в бюджетних установах, підприємствах та ін. Такі теплоакumuлюючі системи мають невелике енергоспоживання (10...12 кВт) і не вимагають модернізації наявних систем підведення і розподілу електричної енергії.

З вищевикладеного випливає, що практичне впровадження електричних систем акумулювання теплової енергії за рахунок використання теплоти фазового переходу матеріалу є перспективним та дозволить частково вирішити питання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів і стабілізувати режим роботи теплових та електричних мереж. В Україні широко поширюється будівництво індивідуальних житлових будинків в приміських зонах, де відсутнє централізоване тепло- та газопостачання. В цих умовах перспективним є використання систем опалення на основі електричного теплоакumuлювання, які працюють з використанням пільгового нічного тарифу на електричну енергію. Використання таких систем опалення забезпечить значну економію природного газу.

#### Література

1. Тарифи на електроенергію та теплоенергію для дому та компаній [Електронний ресурс] // Київенерго [сайт] – Режим доступу: <http://kiyivenergo.ua/>
2. Бекман Г. Тепловое аккумулярование энергии / Г. Бекман, П. Гилли ; пер. с англ. В.Я.Сидоров, Е.В.Сидоров ; под ред. В.М. Бродянского. – М. : Мир, 1987. – 272 с.
3. Михайлик В.А. Теплофизические свойства теплоаккумулярующих материалов на основе органических соединений / В.А. Михайлик, Ю.Ф. Снежкин, Т.В. Коринчевская, А.С. Парняков, В.А.Постников // Промышленная теплотехника – 2011. – Т. 33, №5. – С. 96–103.
4. Снежкин Ю.Ф. Термічна стійкість композиційних теплоакumuлюючих матеріалів на основі органічних сполук/ Ю.Ф.Снежкін, В.А. Михайлик, Т.В. Коринчевська // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Хімія, технологія речовин та їх застосування». – 2013. – №761. – С.270–273.
5. Левенберг В.Д. Аккумуляирование тепла / В.Д. Левенберг, М.Р. Ткач, В.А. Гольстрем. – Киев : Техника, 1991. – 112 с.