

Т.В. Корінчевська, Ю.Ф. Снежкін, Д.М. Чалаєв, В.С. Шаврин, Н.О. Дабіжа
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

© Корінчевська Т.В., Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шаврин В.С., Дабіжа Н.О., 2009

Розглянуті проблеми теплопостачання комунального господарства та використання «провальної» електроенергії. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є виробництво і акумулювання теплової енергії за допомогою адсорбційних термотрансформаторів на основі оборотних термохімічних реакцій.

The problems of the heat supply of municipal economy and the utilization night electric power are considered. The generation and the accumulation of thermal energy by adsorption thermotransformer to basis of convertible thermochemical reaction it is one of directions of decision of this problem.

Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.

Теплопостачання комунального господарства в Україні здебільшого здійснюється за рахунок спалення органічного палива, переважно природного газу, ціна на яке невпинно зростає, що призводить до збитковості теплогенеруючих підприємств і соціальної напруги. До того ж в країні є резерв енергогенеруючих потужностей, передусім на атомних електростанціях, де виробляється до 50 % електроенергії, які мають серйозні експлуатаційні проблеми в періоди відсутності сталого навантаження, особливо в нічні години.

Забезпечення стабільного навантаження і використання «провальної» електроенергії є актуальною проблемою для багатьох регіонів зі значною часткою маломаневрених електрогенеруючих потужностей. Для поліпшення ситуації і стабілізації попиту Міненерго України встановлені диференційовані тарифні коефіцієнти на споживання електричної енергії в нічні години (Постанова НКРЕ № 529 від 17.05.2005 р.), які в декілька разів нижчі від денних. Одним з економічно доцільних напрямків використання «провальної» електроенергії є виробництво і акумулювання теплової енергії для цілодобового теплохолодопостачання в промисловості та комунальному господарстві.

Аналіз останніх досліджень по даній проблемі. Традиційні підходи передбачають використання для акумулювання тепла теплових акумуляторів на матеріалах з фазовим переходом або матеріалах з високою теплоємністю. Проте розміри і вартість таких акумуляторів тепла залежно від конкретних умов застосування можуть бути надмірно великими, крім того існують проблеми забезпечення сталої ефективності циклів роботи акумуляторів тепла з фазовими переходами.

У системах довгострокового зберігання енергії найефективніші теплоакумулюючі матеріали на основі оборотних термохімічних реакцій, які мають високий потенціал акумулювання тепла і можуть використовуватися як робочі тіла адсорбційних термотрансформаторів. В адсорбційних термотрансформаторах тепла енергія акумулюється у вигляді термохімічного потенціалу сорбенту і може зберігатися тривалий час практично без втрат.

Головна відмінність адсорбційних термохімічних термотрансформаторів від широковідомих пароконпресійних термотрансформаторів полягає в тому, що процес стискання пари холодоагенту в компресорі замінюється сорбційно-десорбційним процесом, а всі інші процеси і елементи в цих типах термотрансформаторів ідентичні і виконують однакові функції.

Викладення основного матеріалу дослідження. Адсорбційні термотрансформатори належать до апаратів періодичної дії, в яких внаслідок використання твердих сорбентів процеси сорбції і десорбції рознесені в часі, що дозволяє окрім процесу підвищення потенціалу низькотемпературного

джерела під час сорбції отримати можливість акумулювання теплової енергії у разі відтворення сорбційної здатності сорбенту під час десорбції і використання теплоти конденсації сорбату для потреб теплопостачання.

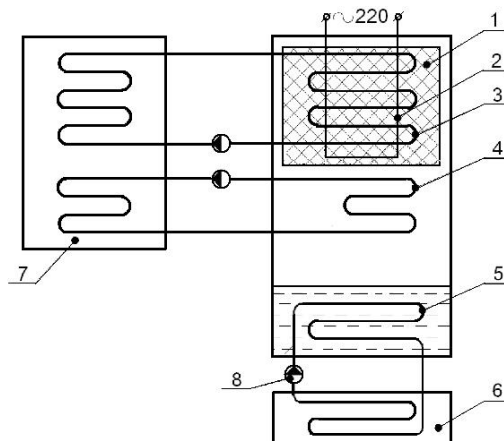


Рис. 1. Принципова схема адсорбційного енергоакуюлюючого агрегату:
 1 – сорбційна касета; 2 – нагрівач; 3 – теплообмінник - охолоджувач;
 4 – конденсатор; 5 – випарник; 6- утилізатор низькопотенційного джерела енергії;
 7 – споживач теплової енергії; 8 – циркуляційний насос

Принципова схема адсорбційного енергоакуюлюючого агрегату наведена на рис. 1. Агрегат складається з двох апаратів: адсорбера-генератора та випарника-конденсатора, які розташовані в одному корпусі і мають єдиний паровий простір. Головним елементом апарата є сорбційна касета 1, яка містить сорбент з розвинутою пористою поверхнею, нагрівач 2 та теплообмінник-охолоджувач 3. В нижній частині корпусу адсорбера-генератора розташовані конденсатор 4 та затоплений сорбатом випарник 5, який зв'язаний циркуляційним контуром з утилізатором низькопотенційного джерела енергії 6. Теплообмінник-охолоджувач та конденсатор теплового насоса своєю чергою зв'язані зі споживачем тепла 7. Циркуляція теплоносіїв здійснюється за допомогою циркуляційних насосів 8.

Робочі процеси в адсорбційному термотрансформаторі відбуваються так. Вночі під час дії пільгового тарифу на споживання електричної енергії подається напруга на електронагрівач теплового насосу, який перетворює електричну енергію в теплову і нагріває сорбент в сорбційній касеті. У разі підвищення температури сорбенту з нього починає випаровуватися сорбат, який заповнює паровий простір апарата і конденсується на теплообмінній поверхні конденсатора, віддаючи приховану теплоту конденсації теплоносію, який циркулює в контурі конденсатор-споживач теплової енергії. Зріджений на теплообмінній поверхні конденсатора сорбат стікає в піддон, де накопичується, затоплюючи теплообмінну поверхню випарника.

По закінченні процесу регенерації сорбенту, свідченням чого є досягнення заданого рівня сорбату в випарнику, припиняється живлення електронагрівача і протягом деякого часу постачання теплової енергії споживачу виконується за рахунок охолодження сорбенту до температури сорбції. Подальше виробництво теплової енергії пов'язане винятково з використанням низькопотенційної теплової енергії довкілля, яка утилізується у випарнику, де при низькій температурі кипить сорбат. Пара сорбату прямує до адсорбера, де поглинається сорбентом. Теплота сорбції, що виділяється при поглинанні сорбату відводиться до споживача теплової енергії. Процес продовжується до повного випаровування сорбату у випарнику. Потім необхідно повторити цикл регенерації сорбенту.

Нині найкраще вивченими є робочі тіла адсорбційних термохімічних термотрансформаторів на основі таких реакцій:



Досліджено ефективність застосування теплоакуюлюючих матеріалів з використанням термохімічних реакцій. Порівняно з традиційними теплоакуюлюючими матеріалами ці робочі

речовини дозволяють накопичувати в одиниці об'єму значно більшу кількість енергії. За результатами експериментальних досліджень підібрані робочі речовини для різних практичних застосувань, які дозволяють акумулювати теплову енергію при заданій сталій температурі в діапазоні від 50 °С до 200 °С. Дослідження показали, що середня енергоємність теплоакуючих матеріалів на термохімічних реакціях становить 0,3...0,7 кВт·год/кг.

Зокрема, була досліджена робоча пара – $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH} \leftrightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{CH}_3\text{OH}$

На відміну від вищенаведених робочих пар, пару метанол-хлорид кальцію можна використовувати при мінусових температурах випаровування $t_0 = -20 \dots -25$ °С. Температура регенерації сорбенту не перевищує $t_r = 130$ °С.

У насиченому стані сорбент являє собою сольват хлориду кальцію і має склад $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$. Під час нагрівання з сольвату випаровується спирт, хлорид кальцію відновлюється, а метанол конденсується, віддаючи теплоту конденсації. Охолодження сорбенту приводить до зворотної реакції поглинання пари метанолу.

У результаті експериментальних досліджень було встановлено, що перспективним рішенням є створення невеликих модульних касет розміром приблизно 150×100×600 мм, з яких можливо збирати пакети потрібного розміру для апаратів більшої теплопродуктивності.

Основу модульної касети становить оребрена теплообмінна поверхня, виготовлена з двох U-подібних труб діаметром 10 мм і пластинчатих ребер розміром 100×60 мм з центральним отвором для розміщення електронагрівача (рис. 2).

Теплообмінна поверхня встановлюється в металевий корпус, який виготовлений з металевієї нержавіючої сітки з розміром 0,5×0,5 мм. Корпус касети заповнюється сорбентом і встановлюється в паровому просторі адсорбера-генератора так, щоб мати доступ для зовнішнього комутирування циркуляційного контуру теплоносія і підводу електроживлення.



Рис. 2. Модульна сорбційна касета та лабораторний стенд для її випробувань

Дослідження сорбційної касети виконані на лабораторному стенді. Під час випробувань досліджена кінетика тепломасопереносу в шарі сорбенту, вивчена механічна стабільність гранул сорбенту при багатократних циклах сорбції-десорбції. Результати досліджень показали перспективність використання робочої пари метанол-хлорид кальцію в якості робочого тіла адсорбційного термотрансформатора.

Висновки. Адсорбційні термотрансформатори – ефективний інструмент енергозбереження, який дозволяє залучати в енергообіг низькопотенційні вторинні і поновлювальні джерела енергії.

Енергетичні показники адсорбційних термотрансформаторів можливо поліпшити за рахунок застосування композитних сорбційних матеріалів на основі оборотних термохімічних реакцій. Ці робочі речовини дозволяють накопичувати в одиниці об'єму значно більшу кількість енергії порівняно з традиційними теплоакуючими матеріалами.