

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АДСОРБЦІЙНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТЕПЛОТИ

Данько І.О., Бучма А.В., Чалаєв Д.М.

Інститут технічної теплофізики НАН України, ул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

ІТТФ НАНУ має багаторічний досвід розробки та дослідження сорбційних перетворювачів теплоти абсорбційного та адсорбційного типів. У даний час спільно з Інститутом теплофізики СО РАН та Інститутом каталізу СО РАН ведуться спільні дослідження зі створення сорбційних перетворювачів теплоти нового покоління.

ІТТФ НАНУ имеет многолетний опыт разработки и исследования сорбционных преобразователей теплоты абсорбционного и адсорбционного типов. В настоящее время совместно с Институтом теплофизики СО РАН и Институтом катализа СО РАН ведутся совместные исследования по созданию сорбционных преобразователей теплоты нового поколения.

ITTF NASU has many years experience of development and research in case of absorption and adsorption types thermo transformers. Currently, together with the Institute of Thermal Physics, SB RAS and the Institute of Catalysis, SB RAS, research is being conducted on creation of sorption thermo transformer of a new generation.

Бібл. 4, табл. 1, рис. 5

Ключові слова: адсорбційний перетворювач теплоти, тепловий насос, адсорбент, холодоагент, хемосорбція.

В даний час найбільше практичне застосування мають теплові насоси компресійного типу. Вони мають широкий діапазон потужностей, компактні, зручні в експлуатації, але їх основним недоліком є те, що для роботи вони використовують дорогу електроенергію. У зв'язку з цим, останні роки велика увага приділяється створенню сорбційних теплових насосів малої потужності призначених для індивідуальних споживачів. У сорбційному тепловому насосі роль компресора виконує тепловикористовуючий адсорбер/десорбер.

Базова модель (рис. 1) складається з: адсорбер/десорбер, конденсатор, випарник. У вихідному стані сорбент насичений холодоагентом, випарник порожній. Підводячи тепло до адсорбера виділяються пари холодоагенту, вони конденсуються в конденсаторі і стікають у випарник, на даному етапі ми отримуємо корисне тепло конденсації, у другій стадії низькотемпературне тепло підводиться до випарника, холодоагент кипить і поглинається сорбентом, виділяється тепло сорбції [1, 2].

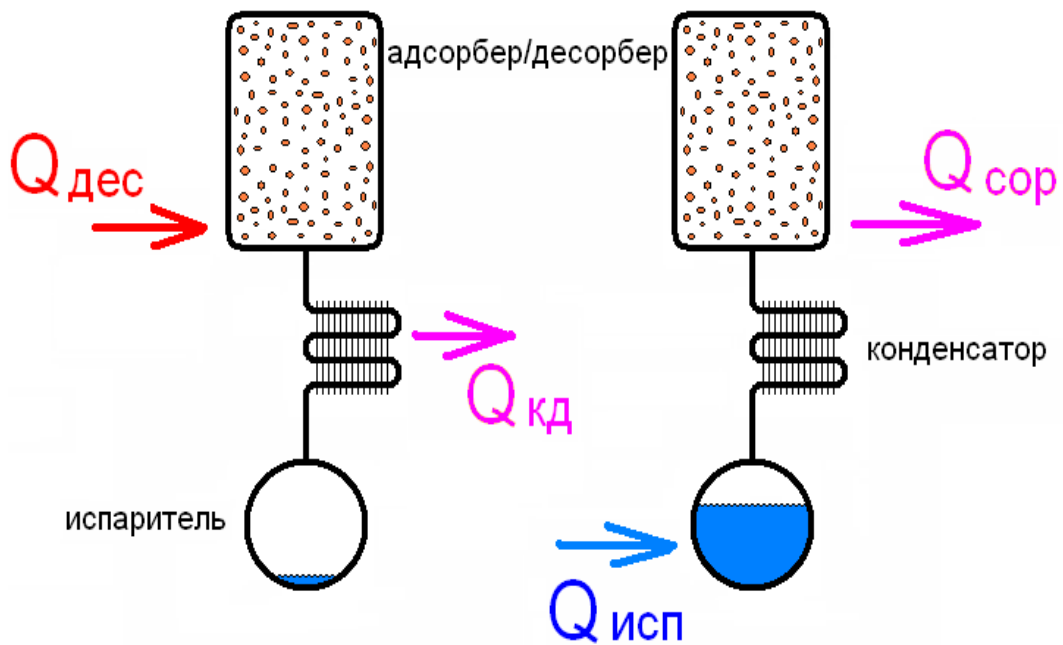


Рис. 1. Базова модель адсорбційного перетворювача теплоти.

Такі апарати не мають рухомих частин, прості в експлуатації мають широкий діапазон регулювання продуктивності. Енергетична ефективність їх в основному визначається властивостями робочих речовин.

В якості робочих речовин традиційно використовуються промислові марки цеолітів, силікагелів, активованих вугіль, їх головним недоліком є мала сорбційна здатність і як результат велика теплова інерційність. Апарати, що працюють на робочих тілах такого типу як правило мають великі габарити і металоємність адсорбера/десорбера, що знижує практичність їх експлуатації та збільшує вартість.

У свій час у нашому інституті було запропоновано використовувати в якості сорбентів солі лужних металів які утворюють з парами холодоагенту тверді з'єднання типу кристалогідратів і в зараз сорбенти такого типу визнані найбільш ефективними і використовуються багатьма дослідниками. В таблиці 1 наведено обернені термохімічні реакції, які можуть бути використані в адсорбційному циклі [3,4].

Табл. 1. Перспективні хемосорбенти

Реакція	Т регенерації
$\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{Ba(OH)}_2$	>600
$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{Ca(OH)}_2$	>400
$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{Mg(OH)}_2$	>200
$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	>100
$\text{LiCl} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$	>100
$\text{CaSO}_4 + 0,5\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	>100
$\text{MgSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	>100
$\text{LiBr} \cdot \text{CH}_3\text{OH} \Leftrightarrow \text{LiBr} + \text{CH}_3\text{OH}$	>100
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH} \Leftrightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{CH}_3\text{OH}$	>100
$\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<100
$\text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{Ca(NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<100
$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<100
$\text{Na}_2\text{S} + 5\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	<100
$\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<100
$\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3 \Leftrightarrow \text{CaCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3 + 4\text{NH}_3$	<100
$\text{SrCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3 \Leftrightarrow \text{SrCl}_2 \cdot 7\text{NH}_3 + \text{NH}_3$	<100

Наш інститут має великий досвід дослідження і створення адсорбційних перетворювачів теплоти на таких речовинах. На рисунку 2 показаний експериментальний адсорбційний перетворювач теплоти на робочій парі хлорид кальцію-вода (виділено в таблиці 1). Цей агрегат має добовий цикл роботи і працює за рахунок використання нічної пільгової електроенергії. Накопичення тепла у вигляді термохімічного потенціалу сорбенту забезпечує питому енергоємність в кілька разів більше ніж у теплокамулюючих матеріалів з фазовим переходом.

Під час дії пільгового тарифу на електроенергію з 0 до 7 годин, проводиться нагрів і регенерація сорбенту при цьому теплота конденсації на рівні 40 °С використовується для опалення. Решту доби агрегат видає тепло без споживання електроенергії. При цьому у випарник подається низькопотенційне тепло холодоагент у випарнику кипить і поглинається сорбентом, а теплота сорбції на рівні 40 °С відводиться в систему опалення. Таким чином агрегат забезпечує цілодобове тепlopостачання використовуючи електроенергію тільки з 0 до 7.

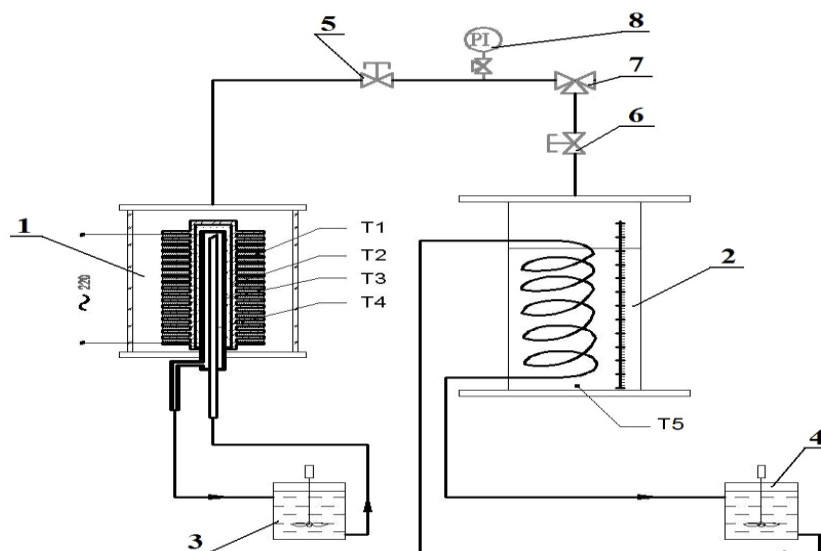
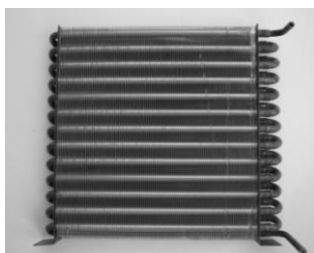


Рис. 2. Експериментальний стенд для випробовування теплонасосних циклів на основі хемосорбентів:

1 – адсорбер/десорбер; 2 – конденсатор/випарник; 3 – термостат контуру адсорбера/десорбера; 4 – термостат контуру конденсатора/випарника; 5, 6, 7– вентилі; 8 – датчик вимірювання абсолютного тиску; T1, T2, T3, T4, T5 – термометри.

Випробування даного агрегату показали, що його потужність визначається в основному інтенсивністю підведення і відведення тепла до сорбенту, а для цього необхідні більш розвинені теплообмінні поверхні. Саме тому нами було розроблено сорбційний модуль на основі оребреного теплообмінника виробництва краматорського заводу «Кондиционер» (рис. 3).



**крок оребрення – 2,5 мм
товщина ребра – 0,15 мм
діаметр трубок – 10 мм
крок між трубками – 21 мм
кількість рядів – 2
площа теплообміну – 1,8 м²**

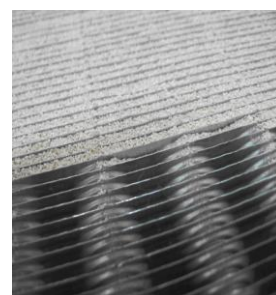
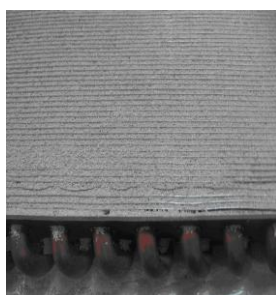
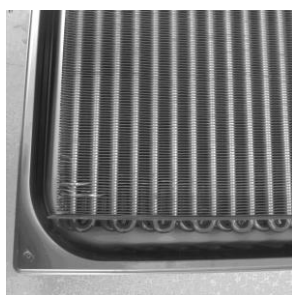


Рис. 3. Сорбційна касета на основі теплообмінника заводу «Кондиционер» м.Краматорськ.

На основі таких теплообмінників створені адсорбери у вигляді змійовикових теплових труб (рис. 4б) в яких підведення і відведення тепла до сорбенту здійснюється в випарувальноконденсаційній зоні теплових труб. Така конструкція забезпечує рівномірний прогрів і охолодження всього сорбенту. За таким же принципом створений сумісний конденсатор/випарник (рис. 4в). Оскільки в адсорбційному перетворювачі теплоти традиційного типу (рис. 4а) кожен з цих апаратів працює тільки половину циклу, то використання суміщеного випарника/конденсатора дозволяє зменшити масу і габарити установки.

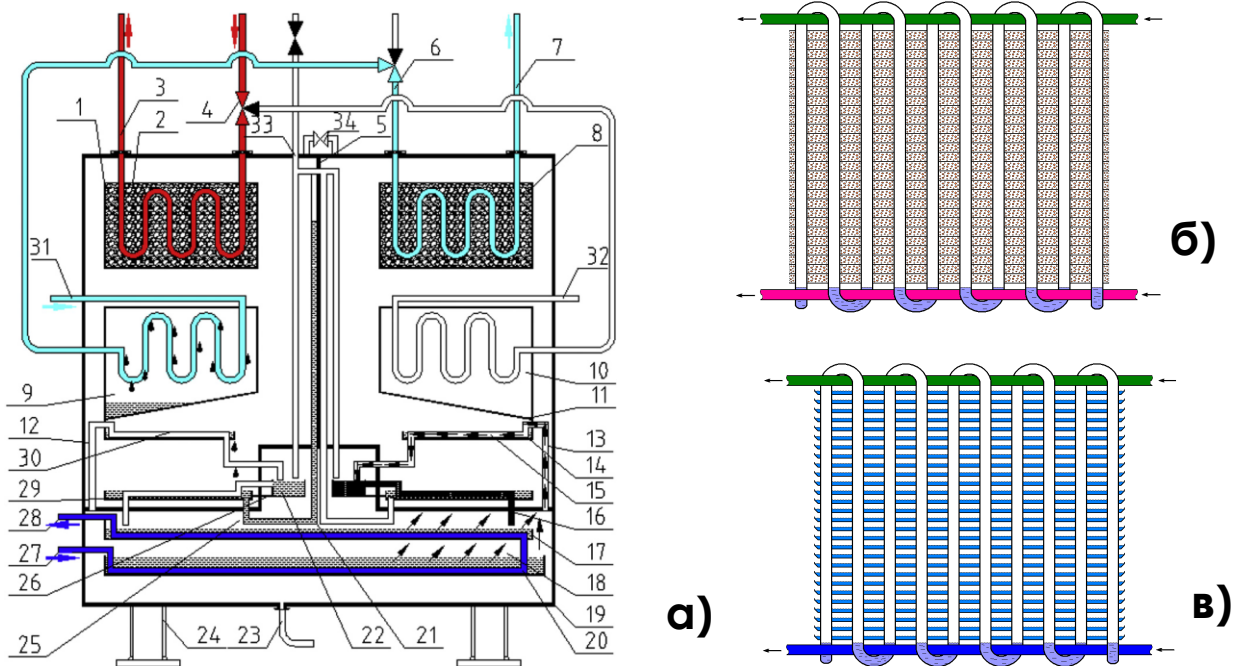


Рис. 4. а) Традиційний адсорбційний перетворювача теплоти безперервної дії; б) адсорбер/десорбер; в) конденсатор/випарник.

Дана робота виконується в рамках сумісного наукового проекту № 04-08-12 «Исследование совместных процессов тепломассопереноса в многокомпонентных системах для разработки сорбционных преобразователей теплоты нового поколения», в якому бере участь наш інститут, інститут теплофізики та інститут каталізу сибірського відділення російської академії наук. Проект розрахований на два роки і зараз агрегат знаходиться на стадії монтажу (рис. 5) і найближчим часом буде розпочато випробування на сорбентах, які будуть створені в інституті каталізу СВ РАН.

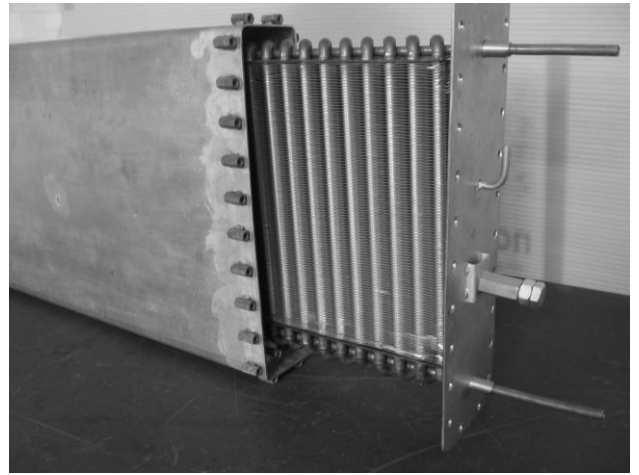
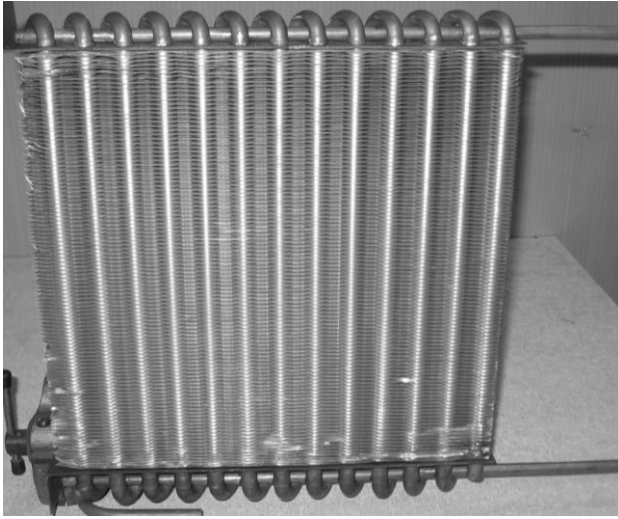


Рис. 5. Адсорбер/десорбер у вигляді змійовикової теплової труби.

Висновки

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

2. В ІТТФ НАНУ на основі багаторічного досвіду розробки та дослідження адсорбційних перетворювачів теплоти запропоновано оригінальні рішення конструктивного виконання його апаратів (адсорбера/десорбера та конденсатора/випарника), які мають суттєво знизити металоємність конструкції, забезпечити більш інтенсивний і рівномірний прогрів сорбенту, збільшити питому потужність агрегату.

Робота виконується за підтримки програми наукових проектів НАНУ - СВ РАН (проект 04-08-12 НАНУ або N 9 СО РАН).

ЛІТЕРАТУРА

1. *B. Dawoud* Gas-driven sorption heat pumps; a potential trend-setting heating technology // IEA Heat Pump Centre Newsletter. – 2011. – V. 29, № 1, P. 18-22.
2. *U. Jakob, P. Kohlenbach* Recent Developments of Sorption Chillers in Europe // Bulletin of the International Institute of Refrigeration. – 2010. – № 5.
3. *Чалаев Д.М.* Создание солнечного адсорбционного холодильника на солевых сорбентах с наполнителем: Дис. канд. техн. наук. – Киев, 1996. – 165 с.
4. *Yu.I. Aristov* Challenging offers of material science for adsorption heat transformation // a review, Applied Thermal Engn. – 2013. – V. 50. – P. 1610-1618.

Отримано _____.____.2013 р.