

А.О. ЧАГАЙДА, канд. техн. наук,

В.А. Піддубний, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В ТЕХНОЛОГІЯХ СТВОРЕННЯ ЗАМКНУТИХ КОНТУРІВ ЕНЕРГОКОРИСТУВАННЯ

Важливими складовими створення замкнутих контурів енергокористування є утилізація вторинних енергетичних ресурсів, їх трансформація з підвищенням термодинамічних потенціалів і створення умов збереження їх потенціалів. В статті наведена інформація, яка стосується названих складових.

Ключові слова: фазові переходи, теплопередача, трансформація, енергетичних потенціал.

З точки зору інтересів створення енергонакопичувальних систем саме параметри фазових переходів мають принципове значення. У свою чергу вони відображують природні властивості речовин і умови та можливості їх використання, як енергоносіїв. Фазові переходи стосуються більшості речовин зі зміною форм їх існування. Однак можливими є переходи і в твердих тілах, наприклад, утворення мартенситу у сплаві заліза з вуглецем.

Теоретичні дослідження фазових переходів 1-го і 2-го роду стосуються впливів і оцінок фізичних факторів на різні речовини в умовах, наближених до надпровідності, намагнічування магнітних підрешіток, тисків, досягнення метастабільних станів, появи зародків тощо.

Значна кількість речовин за обмежених тисків кристалізуються в нещільноупаковані структури. Наприклад, кристалічний водень складається з молекул, що знаходяться на відносно великих відстанях одна від одної. Існування графіту також є наслідком значних відстаней між молекулами. Меншим параметром фазових переходів відповідають рівноважні щільноупаковані фази. Саме тому за значних тисків графіт перетворюється у алмаз, а молекулярний кристалічний водень — у атомарний (металевий).

Для фазових переходів 1-го роду характерним є існування зони метастабільної рівноваги поблизу кривої фазового переходу. Так рідинну фазу можливо нагріти вище точки кипіння або охолодити нижче точки замерзання. Метастабільний стан може існувати достатньо довго у зв'язку з тим, що утворення нової фази з меншими значеннями параметрів фазового переходу є термодинамічно більш вигідним. Вірогідність утворень зародків критичних розмірів зростає, якщо в речовині присутні чужеродні домішки.

Особливістю всякого фазового переходу є поглинання або виділення енергії. При цьому мова йде саме про теплову енергію, яка поглинається або виділяється за співпадаючих значень термодинамічних параметрів. Саме це визначає доцільність пошуків речовин і з'єднань, придатних для використання в трансформаційних переходах від твердої фази в рідинну і навпаки [1 — 3].

Проте до нашого часу перелік дешевих і безпечних речовин такого призначення з температурами переходів від +20 до +80...90 °С залишається помітно обмеженим. Вказаному температурному діапазону відповідають такі складні органічні сполуки з температурами фазових переходів, як нафталін — 353,3 К, парафіни — 311...329 К, стеарин — 345 К, віск бджолиний — 334...337 К, каніфоль — 325...341 К. Однак окрім температур фазових переходів принципове значення має питома теплота плавлення і теплопровідність матеріалів. Так для високоочищених парафінів теплота фазового переходу наближена до 200 кДж/кг.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Намагання використати особливості фазових переходів речовин пов'язані з можливістю акумулювання теплової енергії в значних об'ємах, які можуть помітно переважати енергетичні потенціали середовищ на основі їх теплоємності в умовах змінних температур. Аргументом на користь зазначеного можуть бути термодинамічні параметри води. Порівняємо значення теплоти плавлення, теплоти пароутворення і режиму зміни температури в зрідженому стані:

$$Q_{пл} = mr_{пл}; Q_{пар} = mr_{пар}; Q_{\Delta t} = cm\Delta t, \quad (10)$$

де m — маса твердої, парової і рідинної фаз води. Нехай $m = 1$ кг; $r_{пл}$ і $r_{пар}$ — відповідно теплота плавлення і пароутворення, кДж/кг; c — теплоємність води, кДж/(кг·гр); Δt — температурний перепад, °С.

$$\text{Звідси} \quad Q_{пл} = 1,0 \cdot 332,4 = 332,4 \text{ кДж}; \quad (11)$$

$$Q_{пар} = 1,0 \cdot 2258,4 = 2258,4 \text{ кДж}; \quad (12)$$

$$\beta = \frac{Q_{пар}}{Q_{пл}} = 6,79. \quad (13)$$

Співвідношення β вказує на принципову термодинамічну перевагу парової фази, однак вибір на користь певної концепції у створенні енергетичного накопичувача повинен враховувати комплекс запитів і параметрів. Так за перепаду температур $\Delta t = 100$ °С маємо:

$$Q_{\Delta t} = 4,19 \cdot 1,0 \cdot 100 = 419 \text{ кДж}. \quad (14)$$

На рис. 1 наведено схему, яку можливо оцінити першим наближенням у такому виборі. Необхідність використання накопичувачів теплової енергії з'являється у випадках недосконалості побудови теплотехнічної схеми і відсутності замкнутих енергетичних потоків, або синхронності їх використання, або за необхідності використання спеціальних режимів нагрівання чи охолодження середовищ.

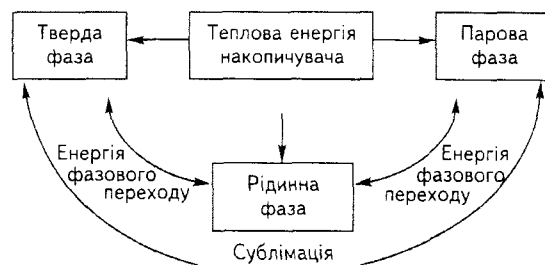


Рис. 1. Схема щодо можливих фазових трансформацій в теплових енергонакопичувальних системах

Оскільки енергетичні витрати усталеного режиму роботи стосуються одержання вторинної пари, то це означає можливість і доцільність повернення її енергетичного потенціалу в систему. При цьому можливими для використання є кілька напрямків, у тому числі трансформація вторинної пари з підвищенням її таких термодинамічних параметрів як тиск, температура і ентальпія. Це означає досяжність повернення теплоти пароутворення за рахунок конденсації вторинної трансформованої пари на поверхні теплопередавання.

Підвищення термодинамічних параметрів вторинної пари досягається механічною або термокомпресією, що означає підвищення її енергетичного потенціалу. Конденсація трансформованої вторинної пари супроводжується деяким зниженням теплоти пароутворення, порівняно з початковими параметрами. У таблиці наведено значення термодинамічних параметрів вторинної пари, які відповідають тискам в межах від одного до 3,8 бар.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Співвідношення термодинамічних параметрів

Тиск P , бар	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
Температура t , °C	99,4	104,8	109,3	113,3	116,3	120,2	123,3	126,1	128,7	131,2	133,5	135,8	137,9	139,9	141,8
Теплота випаровування r , кДж/кг	2258,2	2244,4	2232,4	2221,4	2211,4	2202,2	2193,7	2185,7	2178,1	2170,9	2164,1	2157,5	2151,3	2145,3	2139,4
Загальна ентальпія h'' , кДж/кг	2675,7	2683,8	2690,8	2696,8	2702,1	2706,9	2711,3	2715,3	2719,0	2723,3	2725,3	2728,4	2731,2	2733,8	2736,2
Енергетична трансформація $\Delta h''$, кДж/кг	—	8,1	15,1	21,1	26,4	31,2	35,6	39,6	43,3	47,6	49,6	52,7	55,5	58,1	60,5
Коефіцієнт енергетичних витрат $\beta_{тр}$	—	277,09	147,84	105,28	83,77	70,58	61,62	55,19	50,30	45,61	43,63	40,94	38,76	36,92	35,36

Енергетичні витрати, пов'язані з енергетичними трансформаціями вторинної пари визначаються як $\Delta h''$:

$$\Delta h'' = h'' - h''_{100} \quad (18)$$

З таблиці видно, що підвищення рівня стискання вторинної пари супроводжується зростанням значень $\Delta h''$ і, відповідно, енергетичних витрат. Разом з тим показник теплоти конденсації (і теплоти пароутворення) зі збільшенням тиску у вказаних межах зменшується. Відображені в таблиці числові значення параметрів дозволяють вирахувати коефіцієнти ефективності термодинамічних трансформацій.

$$\beta_{тр} = \frac{r}{\Delta h''} \quad (19)$$

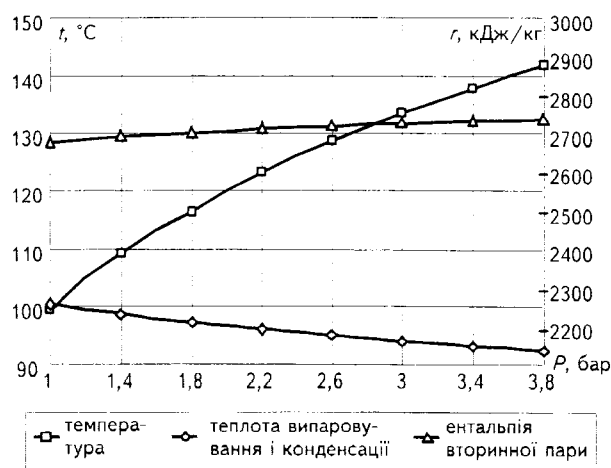


Рис. 2. Залежності температури, ентальпії і теплоти пароутворення від тиску трансформованої вторинної пари

Залежності $t = t(p)$, $r = r(p)$, $h'' = h''(p)$, $\Delta h'' = \Delta h''(p)$ і $\beta = \beta(p)$ наведені також на графіках (рис. 2, 3). Дані розрахунків та їх графічна інтерпретація показують, що у відповідності до фізичних закономірностей зростання тисків трансформованої вторинної пари супроводжується збільшенням енергетичних витрат, еквівалентних $\Delta h''$. Це разом зі зниженням теплоти конденсації приводить до значного зниження коефіцієнта ефективності термодинамічних трансформацій пари, однак абсолютні значення коефіцієнта $\beta_{тр}$ у досліджуваному діапазоні зміни тисків залишаються настільки високими, що доцільність вказаних перетворень не викликає сумнівів.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Висновки. 1. Фазові переходи в системі «тверда фаза — рідинна фаза» задовольняють вимогам накопичення високо- і низькотемпературних потенціалів вторинних енергетичних ресурсів; 2. За величиною енергетичних потенціалів переважають фазові переходи в системах з рідинними і паровими фазами. Змінами тисків досягаються необхідні значення потенціалів парової фази, що збільшує перспективи використання вторинних енергетичних ресурсів; 3. Коефіцієнти енергетичних витрат зростають з підвищенням рівнів стискування парової фази.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А.І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. — К.: АртЕк, 2002. — 304 с.
2. *Тепловые массы* в системах теплоснабжения / Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л., Арсеньева О.П. // Интегрированные технологии та ресурсозбереження. — 2005. — № 4. — С. 3 — 10.
3. Петин А.Ю. Тепловые насосы в теплоснабжении / А.Ю. Петин // Новости теплоснабжения. — 2001. — № 11. — С. 42 — 49.

Исследованы и определены параметры фазовых переходов веществ, соответствующих возможностям использования их в качестве аккумуляторов тепловой энергии. Установлено, что перечень таких веществ ограничен, в том числе и в связи с особенностями пищевых технологий. Важной особенностью фазовых переходов в системах жидкостной и паровой фаз является энергетический потенциал переходов, достижение которого сопровождается повышением давления паровой фазы за счет механической или термической компрессии. Приведены расчетные зависимости.

Ключевые слова: фазовые переходы, теплопередача, трансформация, энергетический потенциал.

Phase transitions in building technologies closed circuit energy use

Investigated and determined the parameters of phase transitions of materials that meet the possibilities of using them as a battery of heat energy. It is established that the list of substances restricted, including in connection with the peculiarities of food technology. An important feature of phase transitions in systems of liquid and vapor phases is the potential for energy conversion, achievement of which is accompanied by increased vapor pressure due to mechanical or thermal compression. Given the calculated dependence.

Key words: phase transitions, heat transfer, transformation, energy potential.

Одержана редколлегією 04.04.12 р.

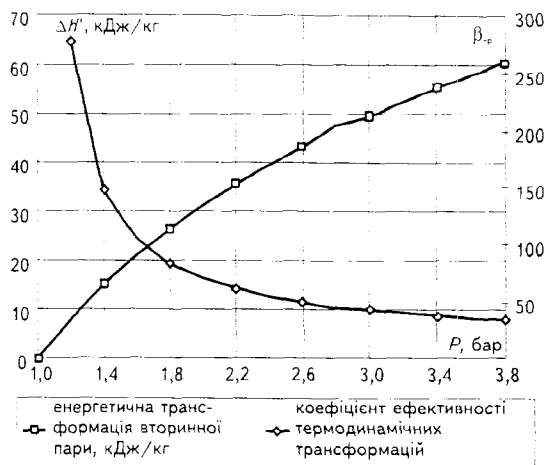


Рис. 3. Залежності енергетичної «вартості» і коефіцієнта термодинамічної трансформації від тиску