

### ТЕРМОДИНАМІЧНІ ФОРМИ ЕНЕРГІЙ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Космічне і термодинамічне влаштування системи "Сонце – Земля" забезпечує біжучу "енергетичну" хвилю протягом однієї доби, яка перетинає всі меридіани і одночасно хвилю в широтному напрямку з сезонною частотою. Наявність цих особливостей лежить в основі існування біо- і ноосфери, однак свідоме людство продовжує спроби удосконалити систему у напрямку розсосередження вхідного енергетичного потоку на добу або на більший відрізок часу. Такі можливості вбачаються у створенні енергетичних накопичувачів незрівнянно менших масштабів порівняно з системою. При цьому досвід влаштування останньої і природи в цілому вказує на те, що енергетичний накопичувач має влаштовуватись на основі матеріального носія. Очевидно, що матеріальний носій у своїй побудові повинен бути зорієнтованим на певну термодинамічну форму енергії. Загальний їх перелік наведено у табл. 1, виключаючи ядерну [1], а можливі трансформації відображені на схемі (рис. 1).

Таблиця 1. Термодинамічні форми енергій

Форма енергії	Фактор інтенсивності (фактор потенціалу)	Фактор екстенсивності (фактор ємкості)
Механічна PV Електрична UI Теплова TS Поверхнева σA Хімічна μM	Тиск Напруження Температура Поверхневий натяг Хімічний потенціал	Об'єм Струм Ентропія Площа поверхні Маса

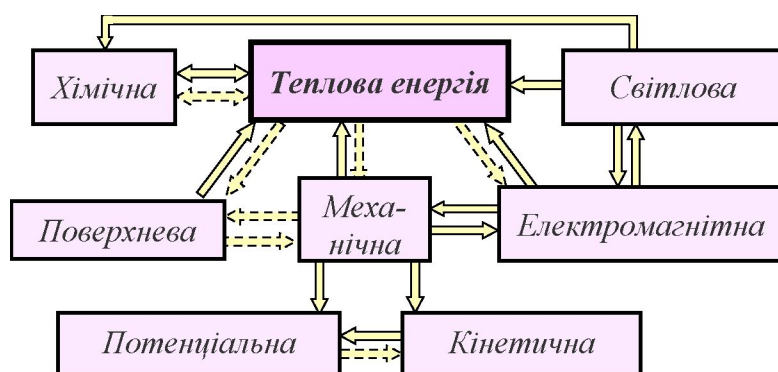


Рисунок 1 - Схема до можливих енергетичних перетворень:

→ повний перехід; - - - -> частковий перехід

Одне з формулювань другого закону термодинаміки стосується можливих переходів одних форм енергії в інші: всяка форма енергії може повністю переходити в теплову, але тепла переходить в інші форми лише частково. Наприклад, за тим же другим законом термодинаміки перехід теплоти в роботу не може бути єдиним результатом термодинамічного процесу, тобто має існувати компенса-

ційний процес. Тепловий двигун, що працює за циклом Карно, виконує роботу, еквівалентну лише частині теплоти, а другу частину він віддає холодному джерелу, що знаходить відображення в низьких значеннях коефіцієнтів корисної дії.

Енергетичні накопичення разом з відповідними матеріальними носіями стосуються таких форм, як тепла, хімічна, електрична, механічна енергії. Термодинамічні форми енергії, вміст їх матеріальних носіїв та особливості влаштування визначають характеристики можливостей в реалізації накопичувачів, відображені в табл. 2.

До числа важливих чинників пристроїв відносяться питома запасена енергія, спосіб її наступного використання, швидкоплинність спрацювання енергетичного потенціалу, можливості взаємних трансформацій термодинамічних форм енергій.

Остання наведена інформація стосується пошуку прикладних напрямків в їх реалізації і з цієї точки зору привертає увагу те, що стосується механічної потенціальної енергії.

Таблиця 2 - Параметри енергетичних накопичувальних пристроїв

Тип пристрою	Параметри можливої реалізації	Запасена енергія, кДж	Питома запасена енергія, кДж/кг	Час роботи за навантаження 100 Вт, хв.	Термін служби, років
Конденсаторний	Батарея ємністю 1 Ф, напруга 250 В, маса 120 кг	31,25	0,26	5,2	> 20
Гідравлічний гравітаційний	Маса води 100 т, висота переміщення 10 м	1000	0,1	167	> 20
Копровий	Маса копра 2 т, висота піднімання 5 м	100	0,05	16,7	> 20
Свинцево-кислотний акумулятор	Ємність 190 А·год, вихідна напруга 12 В, маса акумулятора 70 кг	3900	56	650	3...5
Пневматичний	Сталевий резервуар об'ємом 1 м <sup>3</sup> , масою 250 кг зі стиснутим повітрям до 50 атм	20000	80	3300	> 20
Маховик	Сталевий, масою 100 кг, діаметром 0,4 м, товщиною 0,1 м	1000	10	167	> 20
Тепловий	Сталевий резервуар з водою ємністю 10 т з перепадом температур спрацювання $\Delta t = 70$ °С	2933	0,2933	489	> 20

Потенціальної енергія пов'язана з поняттям потенціального силового поля, що визначається частиною простору, в якому на кожну матеріальну точку діє сила, величина і напрямок якої залежить тільки від декартових координат цієї точки, або від координати часу. Прикладами фізичних полів є електромагнітні і гравітаційні поля, поле сил пружності, поле ядерних сил, а також хвильові (квантові) поля, що відповідають різним елементарним частинкам.

Так поле сил тяжіння характеризується силовою функцією  $u = -Pz + \text{const}$ , тобто силова функція  $P$  поля тяжіння не змінює свого значення в горизонтальній площині  $xOy$  декартової системи координат. Останнє дозволяє розглядати поле сил тяжіння "пластинчастим" у вигляді нескінченного ряду паралельних екіпотенціальних поверхонь, пронизаних системою вертикальних силових ліній.

Поняття поля сил пружності пов'язане з лінійними силами пружності, які підпорядковуються закону Гука:

$$\vec{F} = -c\vec{\Delta}, \quad (1)$$

де  $c$  – коефіцієнт жорсткості (стала величина);  $\vec{\Delta}$  – відстань від матеріальної точки, на яку діє сила  $\vec{F}$  до положення її статичної рівноваги (в якому  $\vec{F} = 0$ ).

Для цього випадку, силова функція:

$$u = -\frac{c\Delta^2}{2} + \text{const}. \quad (2)$$

Беручи до уваги, що  $\Delta^2 = x^2 + y^2 + z^2$ , остаточно маємо:

$$u = -\frac{c\Delta^2}{2} + \text{const} = -\frac{c}{2}(x^2 + y^2 + z^2) + \text{const}. \quad (3)$$

Отже, екіпотенціальними поверхнями в цьому випадку будуть сфери зі сталими радіусами  $R = c'' = \text{const}$ ,  $R_1 = c''_1 = \text{const}$ , ...  $R_n = c''_n = \text{const}$ . Поняття потенціальної енергії вводиться поряд із силовою функцією і визначення першої стосується роботи, яку можуть виконати потенціальні сили поля при переміщенні обраної матеріальної точки з деякого положення  $M$  в її початкове положення  $M_0$ .

Очевидно, що поняття еквіпотенціальних поверхонь в рівній мірі стосується термодинамічних параметрів, що узагальнимо схемою на рис. 2.

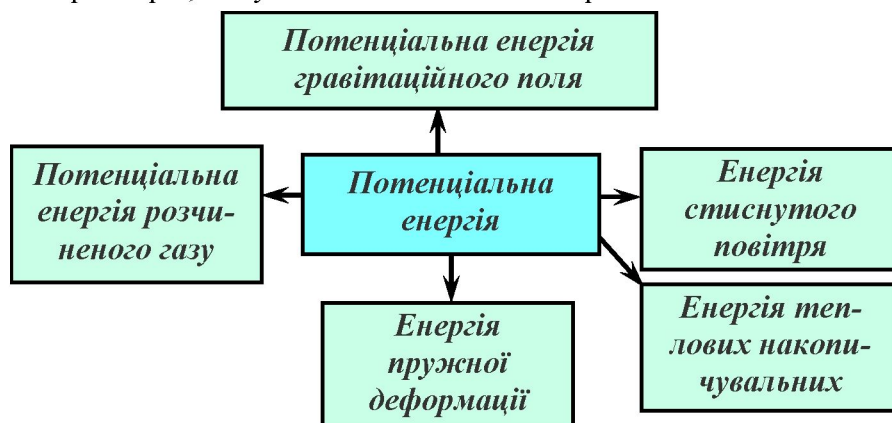


Рисунок 2 - Схема різновидів потенціальних енергій

Використання можливостей гравітаційного поля та створюваних інерційних полів супроводжується важливим переліком реалізованих технологій, які використовуються для розділення неоднорідних систем. Так існування поля сил тяжіння забезпечує технології фільтрування, флотажі, седиментації, просіювання, класифікації, калібрування, а створення різних форм поля сил інерції приводить до операцій циклонування, фільтрування, центрифугування, сепарування. При цьому кожна з названих технологій у своїй реалізації має енергетичне підґрунтя з відповідними трансформаціями. Навіть у процесах седиментації з зовнішньо мало відчутними змінами середовищ енергетичні зміни присутні, хоча у зв'язку з відносною складністю процесів у їх математичній формалізації доводиться погоджуватися на певні припущення.

Хоча в схемі різновидів потенціальних енергій відсутні причини їх створення, однак очевидно, що всі вони одержані за рахунок кінетичних енергій руху матеріальних потоків. Таким чином можна вважати, що і у цих випадках колообіги, завдяки яким здійснюються масо- і енергообмінні процеси, присутні.

З точки зору інтересів створення енергетичних накопичувальних пристроїв певні перспективи стосуються особливостей фазових перетворень твердих тіл. За нагрівання останніх підведена до них тепла енергія витрачається, головним чином, на збільшення внутрішньої енергії кристалів (кінетичної енергії теплових коливань і потенціальної енергії взаємодії частинок, що знаходяться у вузлах кристалічної решітки). Значне нагрівання може привести до переходу речовини із кристалічної фази в рідинну (плавлення) або у газоподібну (сублімація). Це відбувається за такої температури, за якої зміщення частинок з положень рівноваги співрозмірні з рівноважними відстанями між частинками в решітці. Початку фазового переходу відповідає температура плавлення  $T_{пл}$ . Плавлення однокомпонентного кристалу відбувається за сталої температури  $T_{пл}$  за певного тиску.

**Висновки.** Пошуки напрямків по створенню енергетичних накопичувальних пристроїв логічно орієнтувати саме на трансформацію інших видів енергій у потенціальну.

З цієї точки зору тепла енергія такого матеріального енергоносія як вода також може бути віднесена до потенціальної. Це має своїм підґрунтям можливість зміни енергетичного потенціалу переходом в інший стан термодинамічної рівноваги за рахунок тиску в системі. Реалізованим прикладом тут слід вважати досягнення, пов'язані з дискретно-імпульсними технологіями (ДІТ). В їх основі лежить накопичення енергетичних потенціалів за зростання тисків з наступним переведенням середовищ в метастабільні стани і режими адіабатного кипіння. Наведені міркування дають підставу доповнити схему на рис. 1.2 вказівкою щодо теплових накопичувальних пристроїв.

### Література

1. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях: Монографія / А.І.Соколенко, А.А.Мазаракі, В.А.Піддубний та ін. – К.: Фенікс, 2012. – 484 с.