

УДК 664.51

**В.М. КРИВОРОТЬКО,  
А.І. СОКОЛЕНКО,  
О.М. СЕМЕНОВ**

*Національний університет харчових технологій*

## **ЗАМКНЕНІ КОНТУРИ ЕНЕРГОКОРИСТУВАННЯ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

---

Наведено інформацію щодо доцільності створення локальних замкнених контурів енергокористування, визначено необхідні і достатні умови їх існування. Складено перелік складових схем енергетичних трансформацій на основі замкнених локальних енергетичних контурів. Представлено схеми реалізації систем з рекуперацією і регенерацією енергетичних потоків.

**Ключові слова:** енергія, контур, теплота, накопичувач, рекуперація, регенерація.

Значна кількість харчових технологій складається з сукупності процесів, що характеризуються різними температурами, тисками, співвідношеннями фаз і потоків, термодинамічними параметрами, енергетичним насиченням тощо. Це створює значні технічні і технологічні складності під час реалізації енергозберігаючих заходів в загальних комплексних схемах, а інколи і неможливість їх реалізації [1 – 4].

Разом з тим аналіз окремих процесів, що відповідають локальним технологічним зонам, у більшості випадків приводить до висновку про можливість створення замкнених контурів їх енергетичного забезпечення. Саме завдяки останньому відбуваються хімічні та біохімічні реакції, механічні та термодинамічні перетворення і взаємодії, що супроводжуються виділенням або поглинанням енергії та змінами термодинамічних параметрів сировинних потоків, які за необхідності регламентуються технологією.

У більшості випадків трансформації стосуються одержання і використання теплової енергії, а знак перетворень відповідає закону збереження енергії у наступній формі: якщо утворення будь-яких з'єднань супроводжується виділенням (або поглинанням) деякої кількості теплоти, то їх розкладання в таких же умовах та ж кількість теплоти поглинається (або ж виділяється).

При цьому нагадаємо, що теплові ефекти реакцій відносяться до одного моля утвореної речовини у формі теплоти синтезу певного з'єднання, а термохімічні розрахунки виконуються на основі закону Гесса, який визначає, що тепловий ефект реакції залежить тільки від початкового і кінцевого стану речовини.

В харчових технологіях використовуються біохімічні і енергетичні перетворення матеріальних потоків як в напрямку розкладання органічних речовин, так і у зворотному напрямку синтезу більш складних. Останнє є характерним для бродильних технологій або технологій мікробного синтезу.

Оскільки трансформації матеріальних потоків відбуваються завдяки енергетичним впливам, то для реалізації замкнених енергетичних контурів необхідно і достатньо відновити параметри вторинних енергетичних потоків і повернути їх на вхід в локальну зону замість скидання у навколишнє середовище.

Метою енергетичних трансформацій в харчових технологіях є обмеження енергетичних витрат, поглиблена утилізація енергоматеріальних потоків, інтенсифікація процесів енерго-

та масообміну, концентрація енергетичних впливів, підвищення якісних показників вихідних матеріальних потоків, екологічна та економічна доцільність. При цьому кожна із названих складових мети потребує введення додаткової або відповідної трансформації існуючої в системі енергії у відповідності до наступного переліку.

1. Енергетична рекуперация — заходи щодо повернення в цикл теплової енергії за рахунок нагрівання (охолодження) вхідних матеріальних потоків і охолодження (нагрівання) вихідних;

2. Регенерація — відновлення термодинамічних властивостей робочого агента (повітря, сушильного агента, проміжного холодильного агента) або середовища за показниками тиску, температури, концентрації розчинених газів тощо;

3. Підвищення термодинамічних параметрів вихідних парових, газових або парогазових потоків за рахунок підведення до них теплової енергії або механічним стисканням і утилізація як вторинних енергоносіїв;

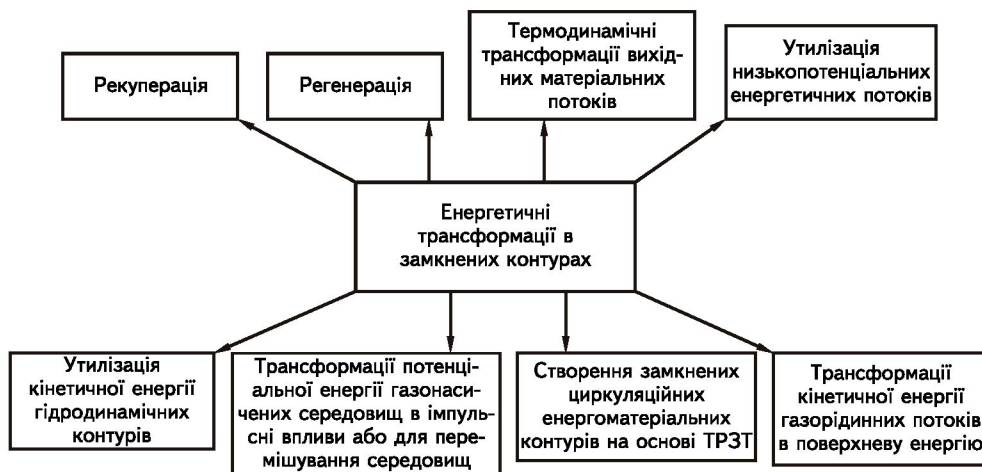


Рис. 1. Структурна схема енергетичних трансформацій на основі замкнених енергетичних контурів

4. Утилізація низькопотенціальних енергетичних потоків з перетворенням їх у високопотенціальні тепловими насосами і створення умов їх використання;

5. Накопичення і реалізація енергетичних теплових потенціалів в рідинних або парорідинних середовищах у формах, запропонованих дискретно-імпульсними технологіями;

6. Реалізація теплових енергетичних потенціалів середовищ переведенням їх у термодинамічно незрівноважений стан за рахунок адіабатного кипіння в умовах вакуумування;

7. Накопичення і реалізація потенціальної енергії розчинених газів в режимах насичення і прискореної десатурації (або деаерації) за обробки вологовмістких середовищ.

8. Накопичення в середовищах розчиненого діоксиду вуглецю за підвищених тисків і переведення їх в термодинамічно незрівноважений стан різким зниженням тисків (ТРЗТ) та організація циркуляційних контурів і кавітаційних явищ;

9. Трансформації кінетичної енергії програмованих газорідних потоків циркуляційних контурів з їх перепрограмуванням в енергію створення міжфазної поверхні поділу фаз.

10. Об'єднання процесів зброджування цукровмісних середовищ і простої перегонки.

Кожна з названих позицій характеризується можливістю створення на їх основі замкнених енергетичних контурів. Структурну схему енергетичних трансформацій наведено на рис. 1.

Хоча стосовно всіх наведених прикладів термодинамічні трансформації енергетичних потоків потребують додаткових енерговитрат, однак такі «вкладання» дозволяють одержати їх надзвичайну ефективність. При цьому співвідношення повернутих у цикли енергетичних ресурсів і витрат на таку реалізацію складають десятки і, навіть, сотні одиниць в режимах усталених процесів. Особливо високі рівні ефективності енергетичних трансформацій відповідають проце-

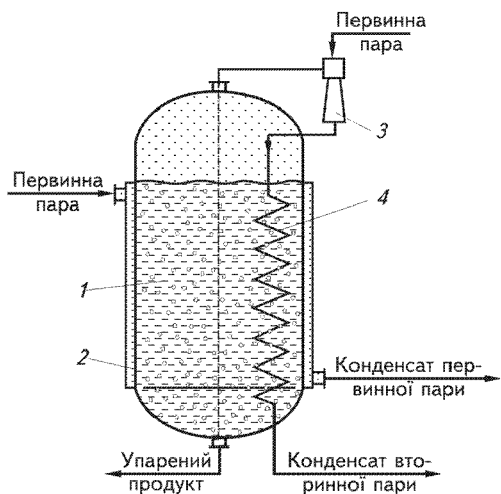


Рис. 2. Схема випарного апарата з циркуляційним контуром рекуперації випару: 1 — випарний апарат; 2 — сорочка випарного апарата; 3 — термоежекторний апарат; 4 — конденсатор вторинної пари

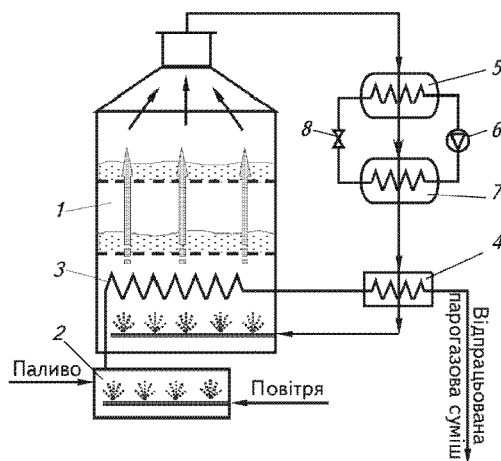


Рис. 3. Схема сушарки солоду з замкненим енергетичним контуром сушильного агента: 1 — сушарка; 2 — теплогенератор; 3 — калорифер контуру сушильного агента; 4 — калорифер-підігрівач; 5 — випарник теплового насоса; 6 — компресор; 7 — конденсатор; 8 — регулювальний вентиль

Таким чином, подвійний фазовий перехід забезпечує режим утримання енергетичного потенціалу в замкненому контурі сушарки.

**Висновки.** 1. Поняття «замкнений енергетичний контур» є визначальним і стосується всього переліку структурної схеми енергетичних трансформацій.

2. Відновлення можливостей багаторазового використання енергетичних потенціалів систем можливе за рахунок введення в них додаткових енергоресурсів у формі теплової енергії або механічного стискання газових, парових та парогазових потоків.

сам з рідинними матеріальними потоками, в складі яких генеруються потоки вторинної пари. Оскільки теплота пароутворення і конденсації між собою однакові і відносно мало залежать від термодинамічних параметрів тисків і температур, то достатньо підвищити вказані потенціали вторинних парових потоків для забезпечення теплопередачі в середовище їх генерування. На рис. 2 наведено принципову схему одностадійної випарної установки, яка відповідає такому випадку. На початковій стадії роботи установки відбувається нагрівання середовища паровою сорочкою до температури кипіння, від якої настає стадія усталеного режиму, за якого термоежекторний апарат відсмоктує вторинну пару, стискає її і передає в конденсатор. Від початку роботи термоежекторного апарата подавання первинної пари в сорочку випарного апарата припиняється або зменшується.

На рис. 3 наведено схему сушарки солоду з тепловим насосом для регенерації властивостей сушильного агента (повітря). Термодинамічна доцільність такого влаштування пов'язана з тим, що сушіння є ізоентальпійним процесом, в якому енергетичний потенціал парогазового потоку не змінюється за змінних значень термодинамічних параметрів. При цьому потік газової фази поповнюється паровою фазою, в результаті генерування якої температура цієї суміші зменшується. Однак присутність парової фази в потоці означає стабільне значення енергетичного потенціалу в системі.

Регенерація первинних властивостей сушильного агента пов'язана з повторним фазовим переходом парової фази в рідинну, який здійснюється у випарнику теплового насоса. При цьому теплота конденсації сприймається холодильним агентом теплового насоса і конденсат виводиться з системи, а повітряний потік за термодинамічними показниками регенерується в конденсаторі теплового насоса. У відповідності до наведеної схеми система складається з двох замкнених контурів енергетичного забезпечення. До них відносяться контур повітря (сушильного агента) і контур холодильного агента теплового насоса.

3. Фазові переходи речовин в запропонованих схемах стосуються основних матеріальних потоків або потоків речовин в додаткових циркуляційних контурах і виконують роль потужного підсилення енергетичних потенціалів.

4. Енергоекономічна доцільність створення локальних замкнених контурів має стати найближчою перспективною удосконалення харчових технологій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. — К.: Люксар, 2005. — 443 с.
2. Соколенко А.И. Справочник специалиста пищевых производств: книга 2. Теплофизические процессы. Энергосбережение / Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л. и др. — К.: АртЭк, 2003. — 432 с.
3. Demirel Y. Thermoeconomics of seasonal latent heat storage system / Demirel, Y., Ozturk H.H. // International Journal of Energy Research. — 2006. — № 30. — P. 1001 – 1012.
4. Hammond G.O. Engineering sustainability: Thermodynamics, energy systems, and the environment / G.O. Hammond // International Journal of Energy Research. — 2004. — 28. — P. 613 – 639.

Приведена інформація о целесообразности создания локальных замкнутых контуров энергопользования, определены необходимые и достаточные условия их существования. Составлен перечень составляющих схем энергетических трансформаций на основе замкнутых локальных энергетических контуров. Представлены схемы реализации систем с рекуперацией и регенерацией энергетических потоков.

**Ключевые слова:** энергия, контур, теплота, накопитель, рекуперация, регенерация.

#### **V.M. Kryvorotko, A.I. Sokolenko, O.M. Semenov** ***Closed path of energy use in the food technologies***

The information concerning the advisability of creating local energy use closed contours, defined the necessary and sufficient conditions for their existence. Compiled list of constituents schemes of energy transformation from closed local energy contours. The scheme of system with recuperation and regeneration of energy flows.

Restoration opportunities reusable energy potential of possible due to the introduction of these additional energy in the form of heat or mechanical compression of gas, steam and combined cycle flows.

Energy efficient feasibility of establishing a local closed circuits has become a promising immediate improvement of food technology.

**Key words:** energy, contour, heat, drive recovery, regeneration.

*Отримано редколегією 24.01.2013 р.*