

CLOSED ENERGY CONTOURS IN FOOD TECHNOLOGIES

A. Sokolenko, O. Shevchenko, S. But, O. Stepanets

National University of Food Technologies

Key words:

Closed contours
Energy
Transformation
Drying
Recovery
Regeneration
Energy potential
Mass transfer
Energy exchange

Article history:

Received 11.01.2019
Received in revised form
25.01.2019
Accepted 12.02.2019

Corresponding author:

A. Sokolenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article relates to the physical background and the assessment of the prospects for using secondary energy potentials in food production technologies. Possible examples of possible uses of secondary energy resources include possible directions, which include impacts of concentrated energy potentials on the technological media, increasing the potential of the medium by external interference by introducing gas or steam streams, intensifying mass and energy exchange processes in gas-containing media, using recuperative and regenerative properties.

The example of the brewing industry shows the possibilities of using the resources of the exhaust gas streams under the conditions of the aeration process of the germinated grains, the combination of the technological interests of ensuring the drying of green malt with the participation of heat pumps, to avoid thermodynamic deficiencies in manifestations of uneven temperature fields. The possibility of energy influences on the results of beer congestion preparation to the processes of their filtration is shown.

Drying, as the iso-enthalpy process, is presented with suggestions for the regeneration of the properties of the drying agent.

The information of the location of the malt dryer, the combined heat pump installation, the vacuum dryer of continuous action is given.

The expediency of logistic construction of energy saving in technologies with discrete operating modes based on transformations in recirculation modes of energy-material flows is shown. The highest levels of transformation of energy flows are related to phase transitions and iso-enthalpy processes.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-1-13

ЗАМКНУТІ ЕНЕРГЕТИЧНІ КОНТУРИ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

О.Ю. Шевченко, А.І. Соколенко, С.А. Бут, О.І. Степанець

Національний університет харчових технологій

Стаття стосується фізичного підґрунтя й оцінки перспектив використання вторинних енергетичних потенціалів у технологіях харчових вироб-

ништв. У прикладах можливих перспектив використання вторинних енергетичних ресурсів задіяні можливі напрямки, до яких відносяться впливи на технологічні середовища концентрованих енергетичних потенціалів, підвищення потенціалів середовищ зовнішніми втручаннями введенням газових або парових потоків, інтенсифікацією масо- і енергообмінних процесів у газорідинних середовищах, використанням рекуперативних і регенераційних властивостей.

На прикладі пивоварної галузі показані можливості використання ресурсів відпрацьованих газових потоків в умовах виконання процесів аерації пророщуваних масивів зерна, поєднання технологічних інтересів забезпечення сушіння зеленого солоду за участю теплових насосів, для уникнення термодинамічних недоліків у проявах нерівномірності температурних полів. Показана можливість енергетичних впливів на результати підготовки пивних заторів до процесів їх фільтрації.

Сушіння, як ізентальпійний процес, представлено пропозиціями щодо регенерації властивостей сушильного агента. Наведена інформація про влаштування сушарки солоду, комбіновану тепловакуумну установку, вакуумну сушарку безперервної дії.

Показано доцільність логістичної побудови енергозбереження в технологіях з дискретними режимами роботи на основі трансформацій в рециркуляційних режимах енергоматеріальних потоків. Найбільші рівні трансформацій енергетичних потоків пов'язані з фазовими переходами та ізентальпійними процесами.

Ключові слова: замкнуті контури, енергія, трансформація, сушіння, рекуперация, регенерація, енергетичний потенціал, масообмін, енергообмін.

Постановка проблеми. Постановою Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 № 385 в рамках програми розвитку інноваційної економіки та інвестицій основними принципами реалізації державної політики визнано підвищення енергоефективності підприємств, збільшення частки енергії, отриманої з відновлюваних джерел та альтернативних видів палива, раціональне використання природно-ресурсного потенціалу та покращення екологічного стану регіонів.

Відповідно до цієї постанови звернення до вторинних енергетичних потенціалів технологій харчових і переробних підприємств має принципове значення і актуальність. Це важливо ще й тому, що звернення безпосередньо до вторинних енергетичних ресурсів часто супроводжується позитивними впливами на оброблювані матеріальні потоки з підвищенням технологічних і якісних показників.

До переліку можливих технологій і засобів впливів відносяться використання концентрованих енергетичних потоків, елементи дискретно-імпульсних технологій, засоби з підвищенням потенціалів парових, газових і парогазових потоків, способи створення детермінованих циркуляційних контурів у газорідинних середовищах, комбінації сумісних впливів зовнішніми і внутрішніми потенціалами енергоджерел тощо [1—8].

Метою дослідження є аналіз сучасного стану й оцінка перспектив удосконалення та створення замкнутих енергетичних контурів.

Методи дослідження ґрунтуються на основі аналізу методик оцінювання вторинних енергетичних потенціалів і феноменологічних узагальнень, запропонованих до використання.

Результати дослідження. До поняття замкнутих енергетичних контурів віднесено системи, в яких енергетичний матеріальний носій здійснює циклічні взаємодії теплообміну з іншими матеріальними потоками або хоча б віддає свої енергетичні потенціали для повторного використання. В подальшому цю умову віднесемо на енергію теплову, хімічну, механічну тощо.

Перебіги природних колообігів і циклів переважно представлені такими замкнутими контурами, до яких ми настільки звикли, що майже залишаємо без уваги. Разом з тим навіть життя кожної людини на рівні енерго- і масообмінних процесів супроводжується саме такими контурами з перетворенням хімічних потенціалів матеріального живлення в енергію робочих органів, дихання, температурної стабілізації, розумової діяльності тощо.

Усе більш широке використання принципів циклічного і повторного використання енергоресурсів у технічних системах визначається раціональним напрямком їх розвитку. Для харчових технологій синтезу продуктів харчування і напоїв це особливо важливо при застосуванні теплових потенціалів.

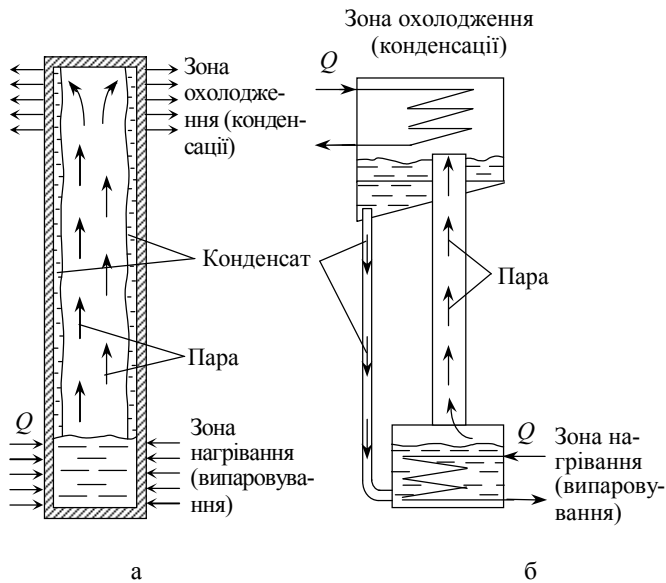


Рис. 1. Схема теплової труби (а) і апарата з тепловою трубою (б)

Свого часу ще на етапі відкриття надпровідності, за якою електричний струм може циркулювати в металевому кільці нескінченно без опору, підштовхнуло вчених до думки про існування надтеплопровідності. Проте подальші дослідження показали, що теплопровідність стає тим гіршою, чим ближче метал до стану надпровідності. Однак суто технічні пошуки на основі відомих явищ

кипіння і конденсації рідин з високими коефіцієнтами тепловіддачі привели до створення теплових труб (рис. 1) [1].

З одного квадратного метра поверхні нагрівання за перепаду температур всього в 1°C досягається теплопередавання 180 МДж енергії. Саме в тепловій трубі реалізується замкнутий енергетичний контур з висхідного потоку пари з потужним потоком теплової енергії й опускного потоку сконденсованої рідини.

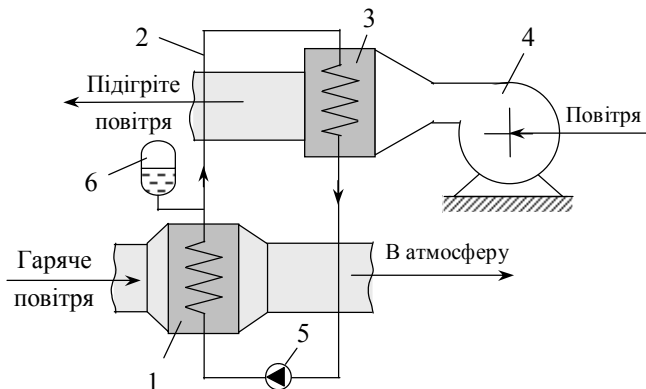


Рис. 2. Схема пристрою для рекуперативного повернення теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками (патент 14523 UA): 1, 3 — калорифери; 2 — циркуляційна система проміжного теплоносія; 4 — вентилятор; 5 — насос; 6 — компенсатор гідравлічних ударів і теплового розширення проміжного теплоносія

Особливо ефективним є використання теплових трубок у системах утилізації теплоти у випадках вихідних газових потоків. Звичайно, відпрацьований у сушарках газ замінюється вхідним потоком газу (повітря) із заданими параметрами температури і відносної вологості. Оскільки процеси сушіння наближені до ізоентальпійних, то енергетичний потенціал відпрацьованого потоку достатньо значний і використати його хоча б частково можливо за рахунок конденсації водяної пари і за рахунок зниження температури вихідного потоку. Реалізація такого теплообміну досягається в умовах переходу через точку роси. Оскільки організація значних зустрічних газових потоків технічно ускладнена, то до компоновки входять два повітряних підігрівача, об'єднані системою теплової труби [2] (рис. 2), виконаної у формі замкнутого контура.

Влаштування промислової холодильної установки, побутового холодильника, теплового насоса і кондиціонера також передбачає використання замкнутих енергоматеріальних контурів, які доповнюються випарниками і конденсаторами. Саме потік парової фази є носієм потужного енергетичного потенціалу, який визначається прихованою теплотою пароутворення. До цього надзвичайно корисного явища до системи замкнутого контура енергоносія додається ще одна позитивна властивість, що стосується можливості технічно доступної термодинамічної трансформації газового, парового або парогазового потоку зміною тиску. Таке втручання в систему замкнутого контура з використанням механічного або термокомпресора приводить до можливості суттєвого роз-

риву між температурами кипіння (випаровування) і конденсації. Саме ця особливість лежить в основі холодильних систем, теплових насосів та інших спеціальних технічних систем. Важливою умовою існування останніх є наявність фазових переходів у системах реалізації технологічних трансформацій середовищ. Вплив на парогазову фазу у формі стискання-розрідження дозволяє використовувати її енергетичний потенціал у рециклах.

Оцінюючи перспективи використання вторинних енергетичних ресурсів на основі замкнутих енергетичних контурів звернемося до прикладів, які стосуються пивоварної галузі. Пивоварні заводи зорієнтовані на використання технологій, у більшості своїй побудовані на циклічних процесах. Ця обставина ускладнює створення рекуперативних систем загального призначення, однак у локальних зонах пошук «сам на себе» залишається можливим. Так, відносно складністю процесів пророщування ячменю є, по-перше, термодинамічне забезпечення за змінних зовнішніх параметрів впливу (день і ніч, літо і зима) і, по-друге, потрійне завдання процесу аерації та забезпечення киснем зволоженого зерна з відведенням синтезованого CO₂ і теплової енергії. Необхідна температурна стабілізація зерна лежить в межах від 12°C першої доби і 17...18°C — на завершення сьомої доби. При цьому відведення біологічної теплоти не повинно зменшувати вологість зернівок від 48%.

Однак попередньо насичене до 100% відносної вологості повітря, що продувається через масив зерна, в процесі тепловідведення за нагрівання на 2°C втрачає відносну вологість до рівня 90% і приводить до зменшення вологості зерна, що має граничні обмеження.

В умовах названих складностей принцип «сам на себе» вказує на доцільність використання рекуперативного повернення відпрацьованого повітряного потоку.

Параметри зовнішнього повітря мало коли відповідають заданим температурним режимам, тому в зимовий період воно нагрівається, а влітку — охолоджується. Догрівання доцільно здійснювати гострою парою, оскільки повітря одночасно зволожується.

Для прикладу виконаємо оцінку теплових витрат на підготовку повітря в зимовий час за від'ємної температури $t_{п} = -20^{\circ}\text{C}$, об'ємом $V_{пов} = 100 \text{ м}^3$ та кінцевої температури $t_{к} = 16^{\circ}\text{C}$. Тоді енергетична вартість процесу складе:

$$Q = V_{пов} c_{п} (t_{к} - t_{п}) = 1000 \cdot 1,3 (16 - (-20)) = 46760,4 \text{ кДж},$$

де $c_{п}$ — об'ємна теплоємність повітря, кДж/(м³·К).

Позначивши коефіцієнт рециркуляції, як співвідношення часток об'ємів свіжого і рециркуляційного повітря $\varepsilon = V_{с.п.}/V_{р.п.}$, маємо при $\varepsilon = 1:2$:

$$V_{с.п.} = 340 \text{ м}^3; V_{р.п.} = 680 \text{ м}^3.$$

За температури рециркуляційного повітря $t_{р} = 19^{\circ}\text{C}$ енергетичні витрати складуть:

$$Q_{к} = 340 \cdot 1,3 (16 - (-20)) = 15900 \text{ кДж};$$

$$Q_p = 680 \cdot 1,3(16 - 19) = -2652 \text{ кДж},$$

де Q_k — енергетичні витрати на догрівання свіжого повітря; Q_p — теплота рециркуляційної частини повітря; і загальні:

$$Q_{\text{заг}} = Q_k + Q_p = 5900 - 2652 = 13248 \text{ кДж}.$$

Тож рекуперативне повернення частини відпрацьованого потоку повітря зменшує енергетичні витрати у

$$\frac{46760,4}{13248} = 3,5 \text{ рази}.$$

Для оцінки співвідношень параметрів можливо скористатися залежністю:

$$\varepsilon = \frac{t_p t_p - t_k t_p}{t_k t_p - t_p t_p}.$$

З урахуванням потоку повітря $V = 1000 \text{ м}^3$ на кожен тону пророщуваного зерна за одну годину й одночасному пророщуванні кількох тонн зернової маси використання замкнутого енергоматеріального контура рекуперативного повітря має раціональні ознаки.

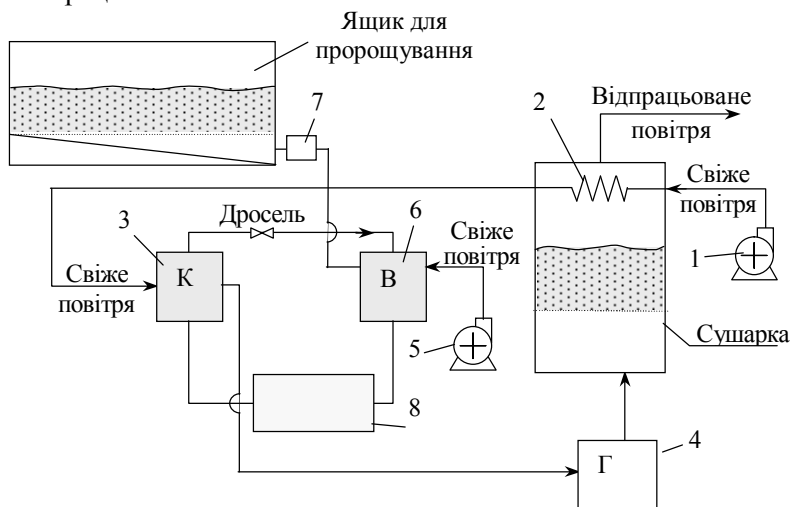


Рис. 3. Схема до комплексного використання теплового насоса у виробництві солоду: 1, 5 — вентилятори; 2 — теплообмінний апарат; 3 — конденсатор; 4 — теплогенератор; 6 — випарник; 7 — розпилювач води; 8 — компресор

Процеси пророщування зернової маси будуються як неперервні, хоча цикл обробки наближений до 7...8 діб. За випадку неперервної роботи сушарки солоду для весняно-літнього сезону можливим є їх поєднання з тепловим насосом, схема якого наведена на рис. 3 [3]. В цьому випадку поєднано контур підготовки свіжого повітря для сушарки і для аерації пророщуваного зерна та контур теплового насоса.

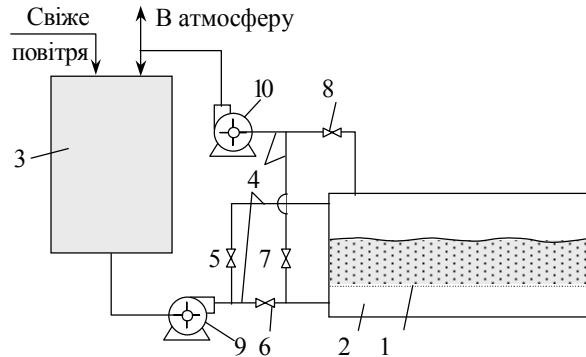


Рис. 4. Схема до комплексного використання теплового насоса у виробництві солоду (патент України 29881)

Аерацією пророщуваного солоду, як відмічалось, вирішується три технологічні завдання. Недоліком такої системи є термодинамічна несумісність, наслідком якої є нерівномірність температур по висоті зернової маси і підсушування останньої. Перегляд можливостей використання внутрішнього потенціалу системи привів до рішення на рівні патенту України 29881 (МПК (2006) C12C 1/00) [4]. Ліквідація недоліків досягається за рахунок того, що пристрій для пророщування зерна ящикového, барабанного або у вигляді пересувної грядки відрізняється тим, що система подачі повітря виконана з можливістю реверсу газового потоку (рис. 4)

Пристрій складається з несправжнього ситового днища 1, підситового простору-повітропроводу 2, камери кондиціонування повітря 3, системи газоходів 4, шиберів 5, 6, 7, 8 та вентиляторів 9, 10.

Пристрій працює таким чином: у режимі прямої циркуляції кондиціоноване повітря із камери кондиціонування 3 вентилятором 9 подається в підситовий простір-повітропровід 2 і, проходячи через несправжнє ситове днище 1 та шар розміщеного на ньому зерна, викидається в атмосферу, а певна його частина повертається в камеру кондиціонування. При цьому повітряний потік проходить через систему газоходів 4 при відкритих шиберах 6 і 8 та закритих шиберах 5 і 7. У режимі реверсу газового потоку відбувається закривання шиберів 6 і 8 та відкривання шиберів 5 і 7. При цьому повітряний потік із камери кондиціонування 3 по системі газоходів 4 проходить через шар зерна, несправжнє ситове днище 1, підситовий простір-повітропровід 2, в якому створюється розрідження вентилятором 10 і викидається в атмосферу, а певна його частина знову повертається в камеру кондиціонування.

Можливості впливу на матеріальні середовища за рахунок їх внутрішніх потенціалів з утворенням вторинної пари приводять до внутрішніх перетворень на клітинних рівнях, які в наступних операціях знаходять прояв в інтенсифікації екстракції, вилученні рідинних фракцій, підвищенні виходу тощо. Прикладом такого випадку є варильний агрегат для пива з патенту України 97895 [5], в якому забезпечується підвищений вихід екстрактивних речовин у процесів фільтрації пивних заторів (рис. 5).

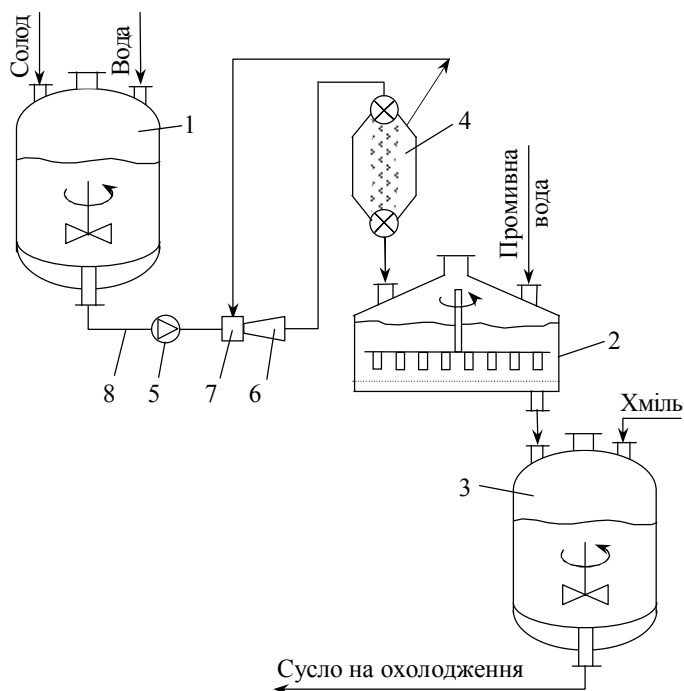


Рис. 5. Варильний агрегат для пива (патент України 97895)

Варильний агрегат складається із заторного 1, фільтраційного 2 та суловарильного 3 апаратів, вакуумної камери 4, насоса 5, ежекційного пристрою 6 з зоною розрідження 7 та системи трубопроводів 8.

Працює агрегат так: подрібнений солод і вода надходять у заторний апарат 1, в якому за температур 50...80°C здійснюється процес оцукрювання крохмалю й утворюється заторна маса. При подаванні заторної маси насосом 5 по системі трубопроводів 8 в зоні розрідження 7 ежектора 6 утворюється розрідження, завдяки якому камера 4 вакуумується, внаслідок чого потік зернової маси в ній переходить до режиму адіабатного кипіння з руйнуванням міжклітинних і клітинних структур заторної маси. Відсмоктувана з вакуумної камери вторинна пара стискається в ежекторі і повертає свій тепловий потенціал потоку. У фільтраційному апараті 2 здійснюється фільтрація мутного сула, а прозоре суло стікає в суловарильний апарат 3, в якому воно кип'ятиться з хмелем для досягнення необхідних технологічних показників.

З наведеного аналізу технічних рішень впливає їхня спільна риса, пов'язана з термодинамічними трансформаціями газо- або парогазових середовищ або навіть з їх фазовими переходами. В останньому випадку важливою перевагою є досягнення високих значень коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі та потужностей теплових потоків з використанням внутрішніх для систем енергетичних ресурсів.

З цієї точки зору на особливу увагу заслуговують процеси сушіння, які є ізоентальпійними. Теплова енергія сушильних агентів витрачається на випа-

ровування вологи та її перенесення в парогазову фазу за сталого енергетичного потенціалу системи.

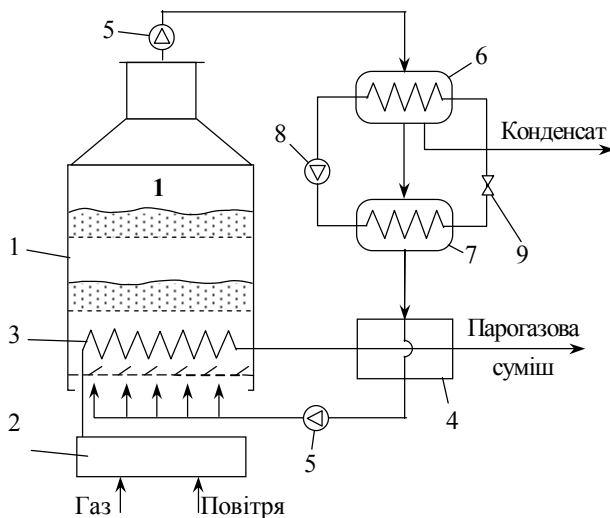


Рис. 6. Пристрій для сушіння солоду (патент України 61437)

У традиційних технологіях сушіння енергетичний потенціал парової фази втрачається в доквілля разом із сушильним агентом. Однак пропозиція з патенту України 61437 (рис. 6) [6] стосується можливості відновлювати фізичні властивості сушильного агента з рекуперацією його енергетичного теплового потенціалу на рівні, наближеному до 100%.

Пристрій для сушіння солоду працює таким чином: завантажений на яруси сушарки 1 зелений солод продувається сушильним агентом (повітрям), який генерується у теплогенераторі 2 на фазі запуску. Проходження сушильного агента через зернову масу супроводжується ізоентальпійним процесом тепломасообміну, сушильний агент поповнюється паровою фазою, а вологість зернової маси зменшується. Відпрацьований парогазовий потік вентилятором 5 передається у випарник 6 теплового насоса, охолоджується до температури, за якої здійснюється конденсація водяної пари, віддаючи енергетичний потенціал холодильному агенту. Стиснутий компресором 8 холодильний агент з підвищеною температурою подається в конденсатор 7, в якому енергетичний тепловий потенціал повертається осушеному сушильному агенту. Процес осушування останнього досягається у випарнику за рахунок охолодження нижче точки роси і відведення конденсату. Додаткове нагрівання сушильного агента здійснюється у теплообміннику 4 і він повертається в сушарку.

В усталеному режимі роботи пристрою для сушіння солоду теплогенератор забезпечує компенсацію теплових втрат у навколишнє середовище. Робота компресора 8 поновлює енергетичний потенціал сушильного агента.

Додаткові енергетичні витрати в такій системі пов'язані з роботою теплового насоса, використання якого дає змогу замкнути контур сушильного агента.

Інші можливості створення замкнутих енергоматеріальних контурів стосуються вакуумних сушарок періодичної дії і сушарок неперервної дії. В обох випадках пропонується використання внутрішнього енергоресурсу вторинної пари, яка має підлягати термодинамічним перетворенням в термо- або механічних компресорах.

Комбінована тепловакуумна установка для сушіння представлена схемою з патенту України 106180 (рис. 7) [7]. Установка складається із сушильної камери 1 з поверхнями нагрівання 2, трубопроводів первинної пари 3, вторинної пари 4, ежектора 5, колектора подачі і розподілу суміші первинної та вторинної пари 6 і колектора відведення конденсату 7.

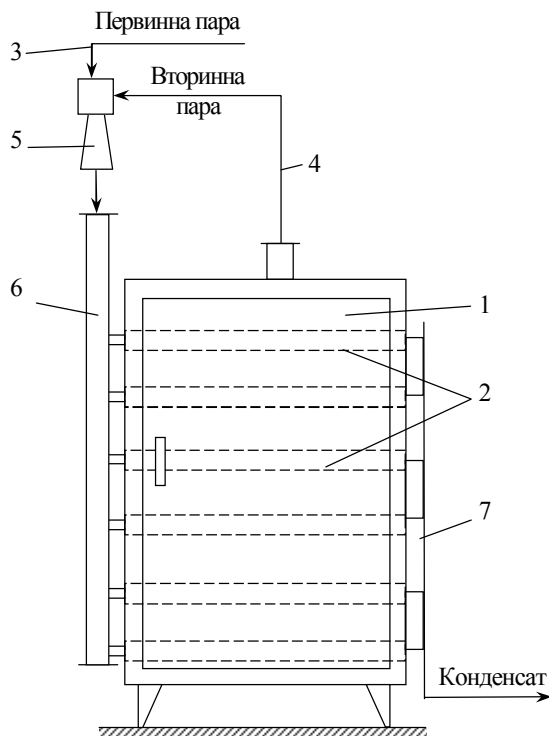


Рис. 7. Комбінована тепловакуумна установка для сушіння (патент 106108 України)

Працює установка так: на поверхні нагрівання 2 завантажується висушувана сировина або продукція через дверний отвір, камера 1 герметизується і починається подача первинної пари трубопроводом 3 в ежектор 5. У результаті цього камера вакуумується. За рахунок подачі первинної пари в поверхні нагрівання підвищується температура продукту, яка відповідає тиску в камері. Утворювана при цьому вторинна пара відсмоктується ежектором через трубопровід 4 для підтримання заданого тиску, що приводить до інтенсивного видалення вологи з продукту. Утворювана в ежекторі тепер уже суміш первинної і вторинної пари колектором 6 подається в поверхні нагрівання. Сконденсована суміш виводиться колектором 7.

Повернення вторинної пари до ежектора означає відсутність втрат теплової енергії, пов'язаної з фазовим переходом. Оскільки теплота випаровування і конденсації за вказаних умов однакові, то це означає, що підтримання процесу сушіння здійснюється зі зниженням витрат первинної пари, яка в таких умовах практично потрібна для підтримання заданого розрідження у сушильній камері.

Саме це означає можливість досягнення ефекту зниження енергетичних витрат на процес, здійснення конденсації суміші первинної і вторинної пари, ліквідує необхідність використання води на процес конденсації.

Інтенсивне випаровування вторинної пари знижує температуру продукту і забезпечує необхідний температурний перепад на поверхні нагрівання.

Схема вакуумної сушарки безперервної дії наведена на рис. 8 (патент України 112880) [8]. Вона складається з вакуумної камери 1, стрічкового конвеєра 2 із завантажувальним шлюзовим затвором 3 і розвантажувальним шлюзовим затвором 4, завантажувального та розвантажувального бункерів 5 та 6, джерел інфрачервоного випромінювання 7, енергопроникного екрана 8, кондуктивної поверхні нагрівання 9, вакуум-насоса 10 і трубопроводу вторинної пари 11.

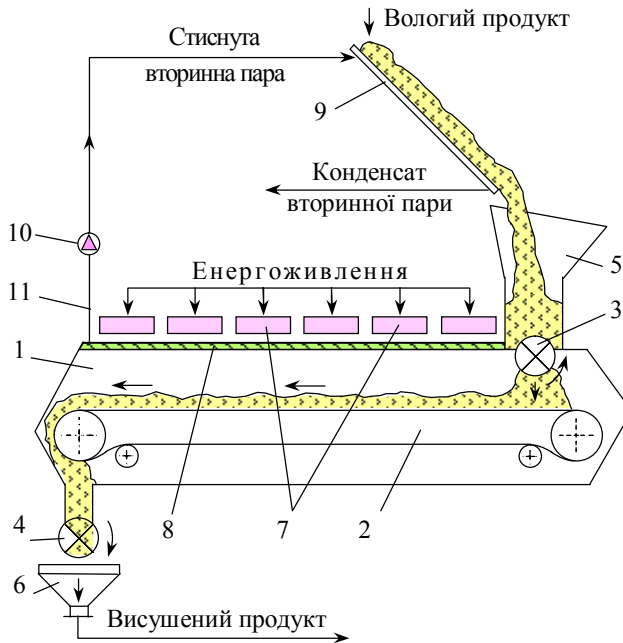


Рис. 8. Вакуумна сушарка безперервної дії (патент 112880 України)

Пристрій працює таким чином: вологий продукт подається на поверхню 9 кондуктивного нагрівання, з якої під дією гравітаційних сил потрапляє у завантажувальний бункер 5. Шлюзовим затвором 3 продукт потрапляє на стрічку конвеєра 2 вакуумної камери 1. У процесі переміщення стрічки продукт опромінюється через енергопроникний екран 8 інфрачервоним промінням від джерел 7.

При вакуумуванні внутрішнього об'єму вакуумної камери вакуум-насосом 10 здійснюється відбирання вторинної пари (пари, що виділяється з продукту) трубопроводом 11. Стиснута вакуум-насосом пара потрапляє у поверхню кон-

дуктивного нагрівання, а висушений продукт під дією сил тяжіння передається зі стрічки конвеєра на шлюзовий затвор 4, з якого передається у розвантажувальний бункер 6, і відводиться на фасування або зберігання. Виконання режиму теплової обробки при вакуумуванні приводить до випарювання вологої фракції за знижених температур. Саме це зберігає вітамінні комплекси та біологічно активні компоненти без пошкоджень.

Висновки

Виконаний аналіз стану інноваційних розробок щодо використання вторинних енергоматеріальних ресурсів на підприємствах харчової промисловості дає змогу зробити такі висновки:

1. Логістичну побудову енергозбереження в технологіях з дискретними режимами роботи доцільно організовувати в рециркуляційних режимах матеріальних потоків енергоносіїв.

2. Показано можливість і доцільність створення замкнутих контурів енергокористування на основі трансформацій вторинних енергетичних ресурсів для більшості харчових технологій.

3. Найбільші рівні трансформацій енергетичних потоків пов'язані з фазовими переходами та ізентальпійним процесами. Останнє означає доцільність створення замкнутих енергетичних контурів.

У результаті проведеного дослідження запропоновано схеми апаратурного забезпечення для стабілізації термодинамічних параметрів у процесах пророщування і сушіння солоду та фільтрації заторів.

Література

1. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 2. Теплофизические процессы. Энергосбережение / Соколенко А.И. и др. Київ: АртЕк, 2003. 423 с.

2. Пристрій для рекуперативного повернення теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками: пат. на корисну модель 14523 Україна: МПК F25B 1/10 (2006.01) / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Резнік В.Г., Піддубний В.А.; власник НУХТ. № u200511369; заявл. 30.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.

3. Система рекуперації енергетичних потоків у виробництві солоду: пат. на корисну модель 15647 Україна: МПК C12C 7/00, F25B 1/00 / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Бут С.А., Піддубний В.А., Резнік В.Г.; власник НУХТ. № u200512657; заявл. 27.12.2005; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7.

4. Пристрій для пророщування зерна ячикового типу, барабанний або у вигляді «пересувної грядки»: пат. на корисну модель 29881 Україна: МПК (2006): C12C 1/00 / Соколенко А.І., Лисюк О.О., Піддубний В.А., Підлісний В.В., Шевченко О.Ю., Варфоломєєв А.Й.; власник НУХТ. № u200712109; заявл. 01.11.2007; опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2.

5. Варильний агрегат для пива: пат. на винахід 97895 Україна: МПК C12C 7/00, F04F 5/20 (2006.01) / Соколенко А.І., Козодой Ю.А., Піддубний В.А.; власник НУХТ. № a201013165; заявл. 05.11.2010; опубл. 26.03.2012, Бюл. № 6.

6. Пристрій для сушіння солоду: пат. на корисну модель 61437 Україна: МПК C12C 1/00 / Піддубний В.А., Соколенко А.І.; власник НУХТ. № u201013374; заявл. 10.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.

7. Комбінована тепловакуумна установка для сушіння: пат. на винахід 106180 Україна: (2014.01) F26B 9/00 / Гонта І.А., Гіджельський В.М., Соколенко А.І.; власник НУХТ. № u201013374; заявл. 28.10.2013; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14.

Вакуумна сушарка безперервної дії: пат. на винахід 112880 Україна: МПК F26B 17/16 (2006.01), F26B 17/06 (2006.01) / Бут С.А., Соколенко А.І., Васильківський К.В.; власник НУХТ. № a201404881; заявл. 07.05.2014; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.