

УДК 664.51

PROPOSALS FOR USE OF CLOSED ENERGY-MATERIAL CONTOURS

A. Sokolenko, K. Vasylykivsky, O. Stepanets, M. Juhno
National University of Food Technologies

Key words:

closed contours,
mass exchange processes,
energy potential,
technology,
industry,
secondary resource,
scheme,
apparatus

Article history:

Received 25.03.2018
Received in revised form
25.04.2018
Accepted 03.06.2018

Corresponding author:
mif63@i.ua

ABSTRACT

The article deals with the physical and thermodynamic basis of the creation of contours of closed energy use in food technologies. Information is provided on non-traditional approaches in assessing the possibilities of utilizing secondary energy resources in four directions, namely: in the direction of the impact on recycled environments with concentrated energy flows; increase of energy potentials of environments due to their saturation with easily soluble gases; intensification of mass-exchange processes in gas-liquid media; combinations of changes in internal potentials of environments and external energy flows, with a combination of recovery and regeneration processes.

On the example of the brewing industry, the structure of material and energy losses and examples of the synthesis of closed energy circuits at the malt production stage are shown, the possibilities and feasibility of transformations of secondary energy resources for the majority of food technologies are shown.

The expediency of using closed circuits corresponds to solving problems of heating and cooling products. The best efficiency cases correspond to the modes of pasteurization of products in the flow, when the input and output streams interact through the heat transfer surface. It is important, however, that this is one and the same surface for opposing flows, as opposed to cases of use of additional contours.

The article provides information on arrangement of the scheme of the device for the recuperative return of thermal energy in the heat exchange systems between the two gas streams, devices for mowing, desaturation of recirculation air, systems of integrated use of energy flows in dryers and grain sprouting machines.

Concerning closed energy-material contours, it is expedient to use phase transitions in them to amplify heat transfer and heat transfer processes.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-23-21

ПРОПОЗИЦІЇ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЗАМКНУТИХ ЕНЕРГОМАТЕРІАЛЬНИХ КОНТУРІВ

А.І. Соколенко, д-р техн. наук
К.В. Васильківський, канд. техн. наук
О.І. Степанець, канд. техн. наук
М.І. Юхно, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Стаття стосується фізичного і термодинамічного підґрунтя створення контурів замкнутого енергокористування в харчових технологіях. Наведена

© А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, О.І. Степанець, М.І. Юхно, 2018

інформація щодо нетрадиційних підходів в оцінках можливостей використання вторинних енергетичних ресурсів у чотирьох напрямках, а саме: в напрямку впливів на перероблювані середовища з концентрованими енергетичними потоками; підвищення енергетичних потенціалів середовищ за рахунок насичення їх легкокорозійними газами; інтенсифікації масообмінних процесів у газорідних середовищах; комбінацій змін внутрішніх потенціалів середовищ і зовнішніх енергетичних потоків, з поєднанням процесів рекуперації і регенерації.

На прикладі пивоварної галузі наведено структуру матеріальних і енергетичних витрат і приклади синтезу замкнутих енергетичних контурів на етапі виробництва солоду, показані можливості і доцільність трансформацій вторинних енергетичних ресурсів для більшості харчових технологій.

Ключові слова: замкнуті контури, масообмінні процеси, енергетичний потенціал, технологія, промисловість, вторинний ресурс, схема, апарат.

Постановка проблеми. Відповідно до завдань Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 р., затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 № 385, в рамках програми розвитку інноваційної економіки та інвестицій основними принципами реалізації державної політики є підвищення енергоефективності підприємств, збільшення частки енергії, отриманої з відновлюваних джерел та альтернативних видів палива, раціональне використання природноресурсного потенціалу та покращення екологічного стану регіонів.

За таких умов звертання до ресурсу вторинних енергетичних потенціалів підприємств переробної і харчової промисловості має принципове значення. Їх використання можливе на основі створення замкнутих енергоматеріальних контурів, в яких задіяні потенціали вторинних ресурсів і першоджерел.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану й оцінка перспектив створення замкнутих енергетичних контурів на основі використання вторинних ресурсів середовищ харчової промисловості.

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

Викладення основних результатів дослідження. Вхідні сировинні потоки харчових виробництв слід оцінювати на основі першоджерел хімічної енергії у формі різних органічних сполук. Завданням харчових технологій є відповідні трансформації і видозміни вказаних потоків з максимально можливим збереженням їх енергетичних потенціалів. Енергоматеріальні перетворення в цих технологіях відбуваються в рамках законів природи і ґрунтуються на використанні таких різних форм енергії, як хімічна, теплова, механічна, електромагнітна, акустична тощо.

Вторинні енергетичні ресурси на підприємствах різних галузей представлені відпрацьованими потоками повітря, газів, тепловими потенціалами води, пари, напівпродуктів, продукції, потенціалами газонасичених середовищ, стічних вод, відходів, кінетичною енергією технологічних машин в режимах вибігу тощо. У більшості випадків енергетичні втрати є співрозмірними або навіть переважають частку потенціалів першоджерел, які використовуються безпосередньо на технологічні перетворення матеріальних потоків.

Підсилення таких недоліків часто супроводжується необхідністю додаткових витрат, пов'язаних з нейтралізацією потенціалів матеріальних або енергетичних потоків на проміжних або вихідних ділянках виробництв. Наприклад, тепловий потенціал 100 м^3 звареного пивного суслу складає близько $35 \cdot 10^3$ МДж,

який під час охолодження передається докільню використанням артезіанської води або нейтралізується роботою холодильних установок. Названий потенціал еквівалентний 700 кг газу метану з теплотворною здатністю 49800 кДж/кг.

Технології зброджування цукровмісних середовищ супроводжуються матеріальними втратами CO₂, екологічним тиском на докільня, енергетичними втратами 169 кДж теплової енергії на кожний моль збродженої глюкози, нейтралізація яких також потребує роботи холодильних установок.

Внутрішні енергетичні потенціали теплової та кінетичної енергії циркуляційних контурів газорідних або рідинних середовищ можуть бути використані для інтенсифікації технологічних процесів за рахунок створення енергетичних імпульсів.

Переробка сировинних потоків супроводжується їх взаємодією з енергетичними потоками з поступовими або разовими трансформаціями перших за проявами деструкції або синтезу. Очевидно, що саме енергетичні потоки спрямовують і визначають інтенсивність та розвиток трансформацій. Одним із прикладів останнього є використання технологій високотемпературної короткочасної стерилізації (ВТКС) продукції, яка супроводжується не лише досягненням її асептичного стану, а й суттєвим зменшенням руйнувань біологічних компонентів, вітамінів та інших цінних речовин.

Сучасні розробки співробітників кафедри мехатроніки та пакувальної техніки Національного університету харчових технологій у співдружності з спеціалістами промисловості стосуються можливостей інноваційних доповнень існуючих технологій у кількох напрямках.

Напрямок перший стосується впливів на перероблювані середовища концентрованих енергетичних потоків. До їх числа відносяться вже визнані дискретно-імпульсні технології, пов'язані з тепловим енергетичним накопичуванням середовищ у проявах на основі взаємозв'язків між температурами кипіння їх рідинних фракцій і тисками. Наприклад, екструзійні трансформації в харчових технологіях відповідають цьому випадку і супроводжуються миттєвим пароутворенням рідинної фази в умовах адіабатних процесів з використанням накопиченого енергетичного потенціалу. При цьому важливо, що перебіг таких процесів відбувається в обмеженому часі (до 1 секунди і менше). Це означає, що падіння потужності енергетичного потенціалу має супроводжуватися активним пароутворенням. Останнє викликає механічне руйнування твердої фази аж до клітинного рівня.

В окремих випадках етап спеціального підвищення енергетичного потенціалу може бути відсутнім, якщо початкові параметри середовища дають змогу вакуумуванням перевести їх до стану термодинамічної нерівноваги з усіма наступними етапами. В такому режимі можливо обробляти потік соко-стружкової суміші, яка передається з передошпарювача у дифузійний апарат цукрового заводу; заторну масу пивзаводу перед подаванням її у фільтраційний апарат; подрібнену масу овочів, фруктів або ягід перед пресуванням або перед екстракцією тощо. Наслідком таких дій є підвищення виходу цільових компонентів.

Другим важливим напрямком підвищення енергетичних потенціалів середовищ є насичення їх легкорозчинними газами. В технологіях виноробства, виробництва пива, спирту тощо таке насичення є результатом мікробіологічного бродиння, проте використання CO₂ у формі носія енергетичного потенціалу цілком придатне і для інших середовищ. Це може стосуватися, наприклад, передпресової підготовки суслу і ягід винограду, подрібнених овочів і фруктів. Для

підвищення результативності сатурацію середовищ здійснюють за підвищених тисків, оскільки розчинність газів у рідинних середовищах залежить від них і від температури. Зниження останньої розчинність газів збільшує.

Різка розгерметизація насичених рідинних і вологовмістких середовищ має ефекти, подібні до тих, які супроводжують адіабатне кипіння.

На основі цих явищ сформульовані пропозиції щодо інтенсифікації і збільшення виходу цільових речовин у технологіях виноробства, сокодобування, екстракції, у виробництвах пива, кондитерських виробів тощо.

Наведений перелік напрямків підвищення енергетичних потенціалів має своє відображення у формі патентів різних рівнів, однак останні знайшли важливі доповнення. Вони стосуються безпосередньо середовищ, що знаходяться у стані зброджування. Наявність CO_2 в середовищах означає наявність енергетичного потенціалу. Окрім того, у середовищах висотою 10–20 м і більше відчутним стає висотний градієнт у концентраціях розчиненого газу. Це стосується циліндро-конічних танків (ЦКТ) для зброджування пива, акратофорів у виробництві шампанського, форфасів пивзаводів, бродильних апаратів спиртової промисловості. Запропоновані до впровадження конструктивні рішення, в яких потенціали розчинених газів використовуються для перемішування, гомогенізації середовищ й активізації зброджування.

Напрямок третій стосується інтенсифікації масообмінних процесів у газорідинних середовищах. Наявність диспергованої газової фази у рідинному середовищі супроводжується виникненням циркуляційних газорідинних контурів. Наслідком їх існування є помітне зменшення утримувальної здатності по газовій фазі й обмеження по інтенсивності масообміну. При цьому лівова частка енергетичного потенціалу вхідного газового потоку без користі витрачається на циркуляцію.

Ліквідацію або хоча б обмеження цього недоліку пропонується за рахунок відмови від недетермінованої гідродинаміки циркуляційних контурів і використання спрямованих контурів з можливістю швидкоплинної зміни їх напрямків. Такий підхід призводить до чергування прямотоків і протитоків газової і рідинної фаз з помітним підвищенням інтенсивності масообміну.

Додатковий наступний крок в удосконаленні барботажних аераційних систем стосується необхідності суміщення зон утворення міжфазних поверхонь з найбільш енергонасиченими зонами. Реалізація цього положення можлива використанням диспергаторов або за рахунок підвищення швидкості контактування газової і рідинної фаз до значень 40...45 м/с.

Перспективним напрямком інтенсифікації масообмінних процесів у газорідинних середовищах визначено зміну тисків в газовому просторі герметичного апарату. За таких умов усі складові диспергованої газової фази відгукуються на зміни тиску пульсаціями, оновленням поверхонь поділу фаз. Це важливо як для випадків малорозчинних, так і для легкорозчинних газів, оскільки деформації газових бульбашок супроводжуються змінами і оновленням газових і рідинних плівок на поверхнях поділу фаз. Теоретичними розробками досягнута можливість оцінювати газорідинні середовища у формі пружних з визначенням частот їх власних коливань.

Четвертий напрямок. Енергетичне забезпечення необхідне у всіх технологіях харчових виробництв і стосується змін внутрішніх потенціалів сировинних потоків і одночасно наявності зовнішніх енергетичних потоків. У значній кількості випадків самі матеріальні потоки виконують роль енергоносіїв або для

цієї ролі застосовують інші матеріальні потоки. Частіше це водяна пара або нагріте чи охолоджене повітря, холодильні агенти термодинамічних циклів холодильних машин, кондиціонерів або теплових насосів, електромагнітні поля, інфрачервоні промені, електричний струм, потоки стиснутого повітря, потоки розчинів тощо. При цьому у більшості створення потоків останнього переліку потребує введення механічної енергії, яка, у свою чергу, є трансформацією хімічної енергії первинних теплоносіїв у ланцюгу перетворень через теплову енергію. Закономірності енергетичних перетворень використовуються в інтересах забезпечення матеріальних потоків, однак у кінцевому результаті можливо побачити надзвичайно нераціональне їх завершення.

Так, повітря, що використовується для аерації пророщуваного солоду, повинне мати показники температури 10°C і відносну вологість біля 100%. Очевидно, що досягнення цих показників в різні періоди року потребує кондиціонування з відповідними енергетичними витратами. Аерація пророщуваної зернової маси має завданням відведення теплової енергії біологічних перетворень, доставку кисню і відведення утворюваного діоксиду вуглецю.

Величина матеріального потоку повітря повинна бути такою, щоб на виході його температура була близькою до номінальної температури зернової маси – $12...16^{\circ}\text{C}$. Наведені значення параметрів приводять до висновку про низький коефіцієнт корисної дії такої системи. При цьому нагадаємо, що повітря зовнішнього середовища, яке подається на кондиціонування, може мати температури $-20...-30^{\circ}\text{C}$ взимку і $+30...+35^{\circ}\text{C}$ влітку. Саме тому підвищення ККД системи в цілому слід шукати на шляху створення замкнутих або частково замкнутих енергетичних контурів.

Це означає необхідність використання рекуперації та регенерації енерго-матеріальних потоків. Проте в кожному випадку необхідно долати певні бар'єри, які до нашого часу стримують використання названих замкнутих контурів. Так у наведеному прикладі аерації зернових середовищ роль своєрідних бар'єрів виконують підвищення концентрації CO_2 і зменшення концентрації кисню. Однак температура вихідного потоку продовжує залишатися близькою до номінальної.

Створення замкнутих контурів енергетичного забезпечення є особливо доцільним і ефективним у випадках, коли в харчових технологіях передбачається тепла обробка з генеруванням вторинної пари. Витрати на регенерацію і наближення параметрів вторинної пари до значень, які дають змогу використати її в ролі первинної, супроводжуються коефіцієнтами трансформації $10...20$ одиниць і більше. Це означає, що витрачений на регенерацію 1 кДж повертає десятки кДж теплової енергії.

Замкнуті контури енергетичного забезпечення є обов'язковими щодо процесів сушіння, теплової обробки продукції пастеризацією чи стерилізацією, охолодження середовищ. На увагу заслуговує можливість трансформації низькопотенціальних енергетичних потоків у високопотенціальні. Звичайно, що останнє зіставлення є певною мірою умовним, оскільки, наприклад, вода, використана для охолодження бродильних апаратів, може мати температуру близько $+25^{\circ}\text{C}$, що є прийнятним для роботи теплових насосів.

Організація замкнутих контурів енергокористування є не менш актуальною й енергоефективною в системах охолодження продукції. У зв'язку з цим назвемо одну цифру. Так, на пивзаводі охолодження кожної тонни звареного сусла від

98...100°C до температури бродіння (6...12°C) супроводжується п'ятикратними витратами питної води.

З метою оцінки співвідношень між енергоматеріальними втратами і можливостями їх обмежень звернемося до особливостей технологій пивоварної галузі. В узагальненому вигляді структура матеріальних втрат пивзаводів наведена на рис. 1, а теплові втрати відображені схемою на рис. 2.

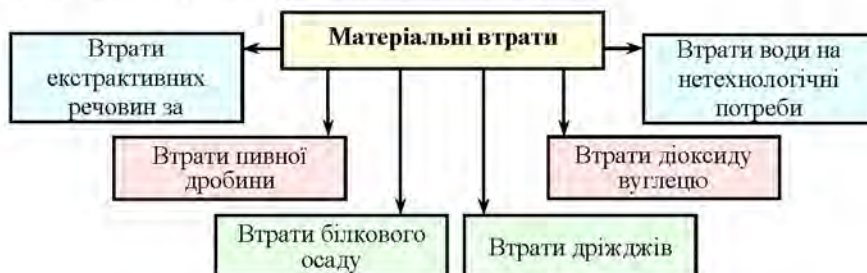


Рис. 1. Структура основних втрат, що стосуються матеріальних та енергетичних потоків пивзаводів



Рис. 2. Структура теплових втрат пивзаводів

Сучасні світові технології, що стосуються матеріальних втрат за позиціями по рис. 1 і теплових втрат за позиціями рис. 2, на високому рівні звертаються до можливостей їх обмежень [1—3]. Однак і за таких умов залишаються значні можливості удосконалення технологій і обладнання виробництва солоду і пива.

Відповідно до наведених структур втрат на підвищену увагу заслуговують як етапи виробництва солоду, так і безпосередньо виробництва пива. В цьому аналізі звернемося до першого з них.

У процесах аерації пророщеного солоду і його сушінні виникає потреба в організації теплообміну між двома значними потоками газів. Розв'язання такої задачі можливе за рахунок використання двох повітряних калориферів (рис. 3), об'єднаних контуром проміжного теплоносія [4]. Роль останнього може виконувати вода з варіаціями безпосереднього використання або з фазовими переходами за рахунок відповідних тисків. В останньому випадку замкнений енергетичний контур виконує роль теплової труби і забезпечує локальну роль теплообміну між зустрічними газовими потоками або в складі системи для пророщування солоду

(рис. 4) [5]. В цьому випадку вхідний потік повітря подається на калорифер 1 і в результаті теплообміну з теплоносієм замкнутого контуру 7 отримує термодинамічні параметри, наближені до номінальних, а в калорифері 3 у взаємодії зі зволожувальною камерою 4 досягаються номінальні параметри температури і 100% відносної вологості, у тому числі за рахунок свіжого повітря і його рекупераційної частини. Підготовлена таким чином суміш подається на аерацію пророщуваного зерна. Відпрацьоване повітря подається на калорифер 6, віддає свій тепловий потенціал проміжному теплоносію і виводиться з системи. Утворення загального замкнутого енергетичного контуру досягається за рахунок додаткового енергоматеріального контуру 7.

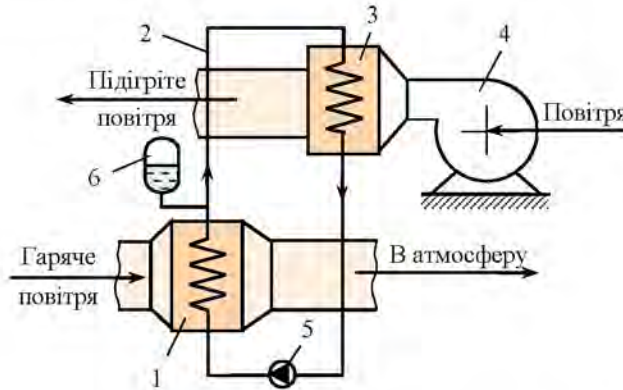


Рис. 3. Схема пристрою для рекуперації теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками (патент 14523 UA): 1, 3 — калорифери; 2 — циркуляційна система проміжного теплоносія; 4 — вентилятор; 5 — насос; 6 — компенсатор гідравлічних ударів і теплового розширення проміжного теплоносія

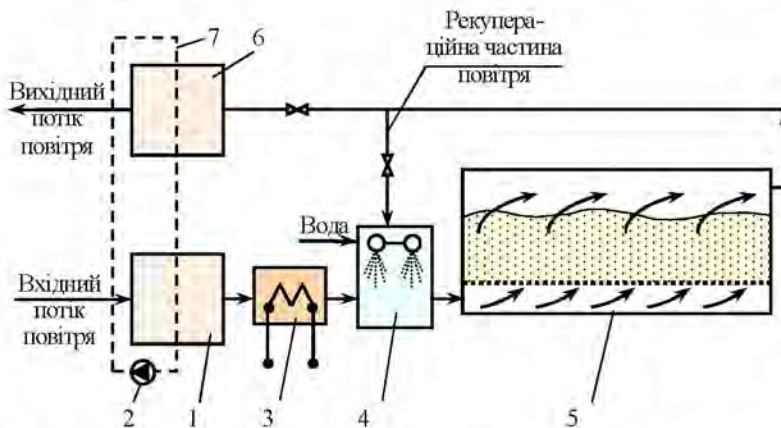


Рис. 4. Пристрій для пророщування солоду (патент 65478 України): 1 — калорифер вхідного потоку повітря; 2 — насос; 3 — калорифер; 4 — зволожувальна камера; 5 — солодовирощувальний барабан; 6 — калорифер вихідного потоку повітря; 7 — система гідравлічного зв'язку калориферів, температурної підготовки вхідного потоку

Обмеження кількісної частини рекупераційного потоку повітря в системах аерації пророщуваного зерна пояснюється наявністю в ньому діоксиду вуглецю.

Зниження частки останнього сприяє можливості збільшення рециркуляційного потоку й ефективності системи. Цей напрямок відображується патентом України 58827, за яким камера кондиціювання повітря виконана з зоною десорбції вуглецю з рекуперативної частини повітря (рис. 5) [6]. Рециркуляційна частина повітря 3 надходить в зону десорбції 7, контактує з водою, яка розпилюється форсунками 6 і яка абсорбує CO₂. Змішані в кінці зони десорбції потоки свіжого і рециркуляційного повітря подаються в підситовий простір-повітропровод 2. Контур у цьому випадку має бути напівзамкнутим у зв'язку зі зниженням концентрації кисню у рециркуляційній частині повітря.

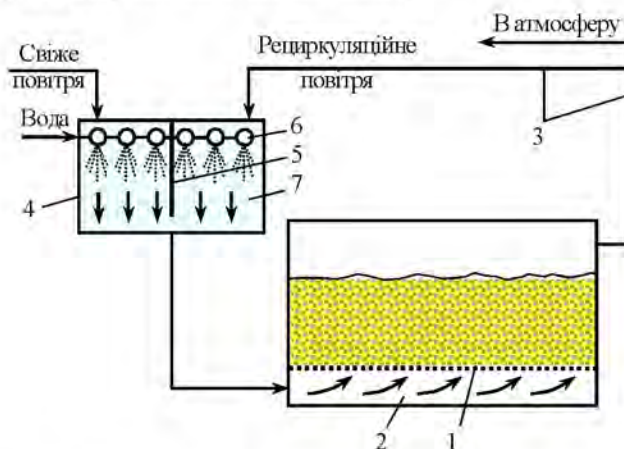


Рис. 5. Пристрій для пророщування зерна (патент 58827 України): 1 — несправжнє ситове днище; 2 — підситовий простір-повітропровод; 3 — система відбору рециркуляційної частини повітря; 4 — камера кондиціювання повітря; 5 — вертикальна перегородка; 6 — форсунки 7 — зона десорбції діоксиду вуглецю з рециркуляційної частини повітря

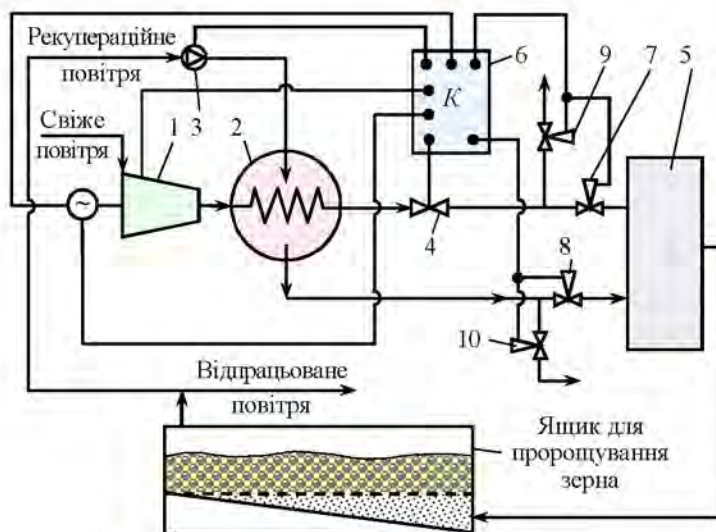


Рис. 6. Схема системи підготовки аераційних повітряних потоків при пророщуванні зерна (патент 58899 України)

Термодинамічні протиріччя процесів аерації пророщуваного зерна пов'язані з добовими і сезонними змінами температур і вологості повітря. В розробці за патентом України 58899 [7] ставиться завдання обмеження таких негативних зовнішніх впливів. На рис. 6 наведено систему підготовки аераційних повітряних потоків. Свіже повітря стискається у турбокомпресорі 1 з регульованою частотою обертання ротора з підвищенням його енергетичного потенціалу і подається на калорифер 2, в якому через теплообмінну поверхню віддає частину теплового потенціалу рекуперативній частині повітря від вентилятора 3. Стиснуте повітря з калорифера 2 в дроселі 4 знижує свій тиск та температуру і, проходячи через регулювальний вентиль 7, потрапляє у змішувач потоків 5. Сюди ж через регулювальний вентиль 8 підводиться рекупераційний потік повітря. Регулювання величин повітряних потоків здійснюється контролером 6, а їх надлишки регулювальним вентилем 9 виводяться з системи.

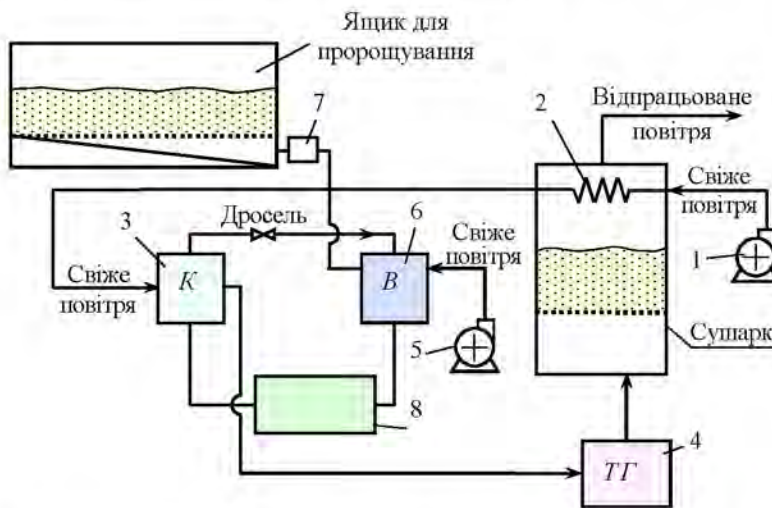


Рис. 7. Схема до комплексного використання теплового насоса у виробництві солоду:
1, 5 — вентилятори; 2 — теплообмінний апарат; 3 — конденсатор; 4 — теплогенератор;
6 — випарник; 7 — розшилювач води; 8 — компресор

Процеси пророщування зернової маси будуються як неперервні з циклом обробки, наближеним до 7...8 діб. У випадку неперервної роботи сушарки існує можливість синхронізації їх роботи. При цьому термодинамічні трансформації з вхідними повітряними потоками мають особливі спрямування. Так, повітря, що подається до теплогенератора сушарки (рис. 7) [8], завжди доцільно догрівати, тоді як аераційний потік щодо температури варіюється, оскільки остання має бути стабілізованою на рівні 12°C. Тоді за весняно-літнього сезону можливим є поєднання процесів аерації і сушіння застосуванням теплового насоса з утворенням напівконтурів підготовки повітря для сушарки і для аерації та замкнутого контуру теплового насоса.

Система працює таким чином: свіже повітря вентилятором 1 подається в теплообмінний апарат 2, змонтований в контакт з відпрацьованим потоком повітря сушарки, підігрівається і подається у конденсатор 3 теплового насоса з додатковим підвищенням теплового потенціалу. Таке підвищення температури у цих двох взаємодіях призводить до зниження його відносної вологості, а досяг-

нення необхідних кінцевих параметрів сушильного агента відбувається у теплогенераторі 4. Після контактування з теплообмінною поверхнею у теплообміннику 2 потік сушильного агента скидається у доквілля.

Вентилятор 5 подає свіже повітря у міжтрубний об'єм випарника 6, охолоджується з підвищенням відносної вологості і через розпилювач повітря подається у підситовий простір ящика для пророщування солоду.

Сполучення двох напівзамкннутих контурів з контуром теплового насоса супроводжується подвійним ефектом у формі номінальної температури аераційного потоку повітря і повітря, що подається на теплогенератор, з доведенням його параметрів до рівня сушильного агента.

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 замкннутих контурів енергокористування на основі трансформацій вторинних енергетичних ресурсів для більшості харчових технологій.

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

У результаті проведеного дослідження запропоновано схеми апаратурного забезпечення для стабілізації термодинамічних параметрів в процесах пророщування і сушіння солоду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце. — С.-Пб. : Профессия, 2001. — 912 с.
2. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях: монографія / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, В.А. Піддубний та ін. — К. : Фенікс, 2012. — 484 с.
3. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів у харчових технологіях: монографія / за ред. д-ра техн. наук, проф. А.І. Соколенка. — К. : Фенікс, 2011. — 536 с.
4. 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.
5. Пристрій для пророщування солоду: пат. на корисну модель 65478 Україна: МПК C12C 1/00 / Піддубний В.А.; власник НУХТ. № u201105542; заявл. 29.04.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23.
6. Пристрій для пророщування зерна: деклар. пат. на винахід 58827 Україна: МПК C12C 1/00 / Соколенко А.І., Українець А.І., Яровий В.Л., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А.; власник НУХТ. № 2002118775; заявл. 05.11.2002; опубл. 15.08.2003, Бюл. № 8.
7. Система підготовки аераційних повітряних потоків при пророщуванні зерна: пат. на корисну модель 58899 Україна: МПК F25B 1/100 (2006.01) / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., Максименко І.Ф., Шевченко А.О.; власник НУХТ. № u201012391; заявл. 20.10.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8.
8. Система рекуперативної 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.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЗАМКНУТЫХ ЭНЕРГОМАТЕРИАЛЬНЫХ КОНТУРОВ

А.И. Соколенко, К.В. Васильковский, А.И. Степанец, М.И. Юхно
Национальный университет пищевых технологий

Статья касается физических и термодинамических основ для создания контуров замкнутого энергосбережения в пищевых технологиях. Приведена информация о нетрадиционных подходах в оценках возможностей использования вторичных энергетических ресурсов в четырех направлениях, а именно: в направлении воздействия на перерабатываемые среды с концентрированными энергетическими потоками повышением энергетических потенциалов сред за счет насыщения их легкорастворимыми газами; интенсификации массообменных процессов в газожидкостных средах; комбинаций изменений внутренних потенциалов сред и внешних энергетических потоков, с сочетанием процессов рекуперации и регенерации. На примере пивоваренной отрасли приведена структура материальных и энергетических потерь и примеры синтезу замкнутых энергетических контуров на этапе производства солода, показаны возможности и целесообразность трансформаций вторичных энергетических ресурсов для большинства пищевых технологий.

Ключевые слова: замкнутые контуры, массообменные процессы, энергетический потенциал, технология, промышленность, вторичный ресурс, схема, аппарат.