

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

КОВАЛЬ ОЛЬГА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 663.45

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І МОДЕРНІЗАЦІЯ
ОБЛАДНАННЯ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій

Міністерство освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Піддубний Володимир Антонович,
Київський національний торговельно-
економічний університет, професор кафедри
технології і організації ресторанного
господарства

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, старший науковий
співробітник

Ободович Олександр Миколайович,
Інститут технічної теплофізики

доктор технічних наук, професор кафедри
обладнання харчових технологій

Стадник Ігор Ярославович,
Тернопільський національний технічний
університет ім. Івана Пулюя

Захист відбудеться "01" червня 2016 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-310.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий " 28 " квітня 2016 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради к.т.н., доц.



Л.О.Кривопляс-Володіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розроблення нової високоефективної апаратури бродильних виробництв з використанням вторинних енергетичних ресурсів, інтенсивним енерго- і масообміном, гомогенізацією зброджуваних середовищ, обмеженнями матеріальних втрат та підвищенням пропускної здатності забезпечує новітні перспективи розвитку відповідних галузей агропромислового комплексу України. Феноменологічні узагальнення, математична формалізація у формі супроводження окремих розробок щодо технологій бродильних виробництв створюють потенціал подальшого розвитку методів аналізу і синтезу з одночасним розв'язанням конкретних прикладних задач. Наявність математичного опису аналізу і синтезу систем є підґрунтям для виконання задач оптимізаційного синтезу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно пріоритетному напрямку наукових робіт НУХТ на 2011–2015 рр. "Розроблення наукових основ технологічних процесів харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв з метою створення нових високоефективних технологій та обладнання засобів механізації та автоматизації переробних галузей АПК", плану науково-дослідної роботи кафедри технічної механіки і пакувальної техніки НУХТ за напрямом "Інтенсифікація технологічних процесів в харчовій і мікробіологічній промисловості", а також держбюджетній тематиці науково-дослідної лабораторії НУХТ "Розроблення ресурсощадних технологій в потокових системах харчових виробництв" (замовник – Міністерство освіти і науки України, державний реєстраційний номер 0114U03369).

Авторка особисто приймала участь у проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, розробленні методик досліджень, обробці, аналізі та узагальненні отриманих результатів.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розроблення математичних моделей і передумов створення нової високоефективної масообмінної апаратури для бродильних галузей АПК України та пропозицій щодо обмеження питомих матеріальних та енергетичних витрат на основі використання вторинних енергетичних ресурсів.

На основі проведеного огляду та аналізу особливостей процесів анаеробного бродіння в газорідних та інших системах сформульовано наступні задачі досліджень:

- розробити теоретичні узагальнення особливостей гідродинаміки і гідродинамічних параметрів середовищ з самогенеруванням диспергованої газової фази.
- визначити впливи геометричних параметрів технологічних бродильних апаратів на гідродинаміку газорідних середовищ, біохімічні процеси масообміну і можливості стабілізації термодинамічних параметрів систем.
- розробити математичну формалізацію перехідних процесів в умовах імпульсних енергетичних і фізичних впливів на газорідні

середовища.

- здійснити експериментальну апробацію теоретичних моделей перехідних процесів.
- узагальнити і оцінити перспективи використання суміщених технологій зброджування цукровмісних середовищ та їх перегонки.
- здійснити теоретичну оцінку можливостей застосування дискретних по тискам технологій в процесах зброджування опар і тіста.

Об'єктом досліджень є фізичні та гідродинамічні процеси, які відбуваються в харчових бродильних середовищах.

Предметом досліджень є харчові бродильні середовища і обладнання бродильних технологій.

Методи досліджень. Використано методи математичного моделювання гідродинамічних та технологічних процесів бродильних виробництв і математико-статистичного аналізу результатів експериментів; використано чисельні методи розрахунку гідродинамічних параметрів газорідинних середовищ.

Для проведення математичних розрахунків та обробки результатів чисельних розрахунків використано методи математичного програмування у середовищі універсального інженерно-математичного комплексу MatLAB.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі аналізу загального стану і особливостей технологій та їх апаратурного оформлення отримано наступне:

встановлено, що раціональним шляхом підвищення енергетичної ефективності бродильних середовищ є використання самогенерованої диспергованої газової фази, розповсюдженої у повному об'ємі і такої, що створює нерівномірну по висоті структуру газотримувальної здатності;

- показано, що додатковим джерелом вторинних енергоресурсів в апаратах зі значним висотним габаритом є градієнт насичення рідинної фази діоксидом вуглецю у відповідності до закону Генрі;
- розроблено математичну формалізацію перехідних процесів в умовах імпульсних енергетичних і фізичних впливів на газорідинні середовища;
- розроблено оцінку взаємозв'язків геометричних параметрів апаратів та їх технологічних можливостей з точки зору інтересів стабілізації температурних параметрів середовищ.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені математичні моделі увійшли до відповідних розділів дисципліни "Фізико-хімічні методи обробки сировини і продуктів харчування" кафедри "Технічна механіка та пакувальна техніка" НУХТ.

Визначено раціональні співвідношення висот та діаметрів бродильних апаратів з точки зору інтересів досягнення стабілізації температурних параметрів середовищ.

Запропоновано технічні рішення по гомогенізації середовищ та інтенсифікації масообмінних процесів на рівні використання вторинних енергетичних ресурсів.

Узагальнено і оцінено перспективи використання суміщених технологій зброджування цукровмісних середовищ та їх перегонки, запропоновано технічні рішення у 7 патентах України на корисні моделі та винаходи.

Показано, що використання потенціалів газотримувальної здатності досягається на основі енергетичних імпульсів у формі різкого скидання тисків в системі.

Показано, що реалізація перехідних процесів на основі зростання тисків в газорідинних системах можлива за рахунок послідовного з бродінням накопичення синтезованої газової фази, що має у собі ознаки енергоощадної технології.

Особистий внесок здобувача. Авторка розробила програму і методику досліджень, комплексний підхід чисельного моделювання задачі щодо співвідношень геометричних параметрів апаратів і гідродинамічних параметрів середовищ. В рамках розробки теоретичної бази показано можливості суттєвого доповнення в математичному представленні гідродинаміки газорідинних середовищ і їх вторинних енергетичних ресурсів.

Авторка була основним виконавцем проведення і математичного опрацювання результатів експериментів, розроблення і патентування 7 патентів України на конструкції технологічних апаратів і додатків до них для досягнення утилізації вторинних енергоресурсів.

Аналіз та узагальнення результатів досліджень було виконано спільно з науковим керівником д.т.н., професором Піддубним В.А.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на IX та X науково-практичних конференціях молодих вчених "Новітні технології пакування" (м. Київ, 12 квітня 2013 р. та 10 квітня 2014 р відповідно), на конференції "The second North and East European Congress on Food "NEEFood-2013" (may 26–29, 2013, NUFT, Kyiv, Ukraine), на XVII науковій конференції ТНТУ ім. І.Пулюя (20–21 листопада, 2013 р., м. Тернопіль), на міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій" (11–12 грудня 2013 р., м. Тернопіль), III Міжнародній спеціалізованій науково-практичній конференції "Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентноздатності" (9 вересня 2014 р., НУХТ, м. Київ, Україна) та на наукових семінарах кафедри "Технічна механіка та пакувальна техніка" НУХТ.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 1 монографію, 6 наукових статей у фахових виданнях, 9 тез доповідей на науково-технічних конференціях різних рівнів та 7 патентів України на корисні моделі та винаходи.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, основних результатів і висновків та списку використаних літературних джерел, що містить 129 найменувань.

Основний зміст дисертаційної роботи виконано на 158 сторінках машинописного тексту. Робота містить 38 рисунків, 14 таблиць і 10 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, наведено зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету, зазначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, особистий внесок автора та кількість публікацій.

У **першому розділі** "Огляд і аналіз бродильних технологій" наведено загальні положення, оцінено недоліки, які супроводжують процеси анаеробного бродіння, наведено дані щодо особливостей технологій виробництва виноматеріалів для шампанських і білих ігристих вин, вторинного бродіння у виробництві шампанського, зброджування середовищ в хлібопекарній галузі, виконано аналіз можливостей застосування імпульсних енергоматеріальних впливів на процеси бродіння.

Розглядаються особливості зброджування цукровмістких середовищ в технологіях виробництва етилового спирту з узагальненням вітчизняних і світових спроб обмежити впливи осмотичних тисків середовищ на перебіг анаеробного бродіння. Самогенерування газової фази в бродильних середовищах з високим рівнем її диспергування приводить до особливостей гідродинамічних станів і до відчутних впливів геометричних параметрів бродильних апаратів на структуру і енергетичні потенціали таких систем.

Результатом виконання першого розділу стало теоретичне і феноменологічне обґрунтування напрямків і задач досліджень.

У **другому розділі** "Об'єкти, методи і результати досліджень" наведено загальні положення, методики досліджень і опис установки.

За об'єкти досліджень обиралися середовища в режимах анаеробного бродіння у сполученні з апаратурним забезпеченням процесів, що відповідало технологіям первинного виноробства, виробництва спирту, пива і хлібобулочних виробів. За виключенням хлібопекарських всі інші реалізуються в газорідинних середовищах. При цьому утворювана диспергована фаза є кількомакомпонентною і такою, що складається з діоксиду вуглецю та частково з пари води, спирту та інших газоподібних речовин. Однак в дослідженнях прийнято припущення відносно складу газової фази на користь CO_2 . Запропоновано у відповідності до закону Архімеда за визначеної газоутримувальної здатності визначати загальну силову дію на середовище. При цьому враховувалося, що ця рушійна сила відповідно до диспергової газової фази розсосереджена у рідинному масиві. Таку особливість силової дії у повному об'ємі середовища з певним припущенням пропонується вважати аналогом напружень і напружених станів, проте на відміну від понять напружених станів у твердих тілах враховується те, що середовище перебуває в динамічному стані з порушенням умови його суцільності. Оскільки газоутримувальна здатність визначається величиною генерованого газового потоку і залежить від швидкості спливання бульбашок, то це пропонується використати для енергетичної характеристики, оскільки відомими є силові дії з боку газової фази на рідинну і швидкості точок прикладання силових факторів.

У зв'язку з необхідністю переходу до кількісних показників параметрів газорідинної системи визначення відносної швидкості газової фази здійснювалося експериментально на основі візуальних спостережень за спливанням бульбашок в режимі одного сформованого потоку.

Підкреслюється, що самогенерування CO_2 в анаеробних умовах обмежується природними властивостями і концентрацією мікроорганізмів. Це означає обмежені властивості системи для створення енергетичних імпульсів. Тим більше, що збільшення тиску в системі за інших рівних умов приводить до зменшення газотримувальної здатності, по-перше, через фізичне стискання газової фази і, по-друге, у зв'язку зі збільшенням розчинності CO_2 у відповідності до закону Генрі. Іншою є реакція системи на зниження тиску, оскільки воно супроводжується наростанням газотримувальної здатності через розширення газової фази з відповідним її доповненням через зменшення розчинності. Показано, що такий перехідний процес стосується не лише газової фази, а однозначно і рідинної у зв'язку зі зростанням об'єму газорідинної суміші. Останнє супроводжується появою сил інерції і, відповідно, збільшенням тиску. Переміщення рідинної фази в результаті розширення диспергованої газової порівнюється з динамікою пружних систем твердих тіл з розподіленими масами, що приводить до висновку про можливість застосування принципу Релея для визначення її приведеної маси. Оцінка пружних властивостей газорідинних систем стає досяжною через деформацію газової фази, рівно як і можливість застосування принципу Даламбера-Лагранжа в її моделюванні. При цьому визначення рушійного фактора пов'язується з динамікою зміни тисків.

Порівняння систем з різними технологіями формування диспергованої газової фази приводить до висновку про те, що їх реакції на імпульсне енергетичне збурення будуть співпадати, оскільки генераторами механічного впливу за зниження тисків є сама газова фаза.

Експериментальні дослідження виконувалися на дослідній установці і стосувалися визначення гідродинамічних параметрів газорідинних систем.

До складу установки (рис. 1) входили: **1** – компресор WERK BM-50 (з параметрами: motor power – 1,5 kw/2.HP; max pressure – 8 bar/116 psi; displacement – 200 L/min/7.0 cfm), **2** – ротаметр РС-5, **3** – аератор, **4** – прозора колона діаметром 150 мм з школою рівнів газорідинної суміші, **5** – запірна арматура та **6** – трубопроводи. Перебіг перехідних процесів у часі визначався використанням електронного засобу відліку часу 7.

Дослідженнями виконувалася задача визначення газотримувальної здатності середовища зі змінними параметрами висоти рідинної фази $h_{p.f.}$ від інтенсивності аерації, часу перебігу перехідних процесів формування повного об'єму газорідинного середовища, часу перехідного процесу виходу диспергованої газової фази.

На основі експериментальних даних розраховувалися гідродинамічні параметри системи. Дослідження виконувалися з повітряною газовою фазою і

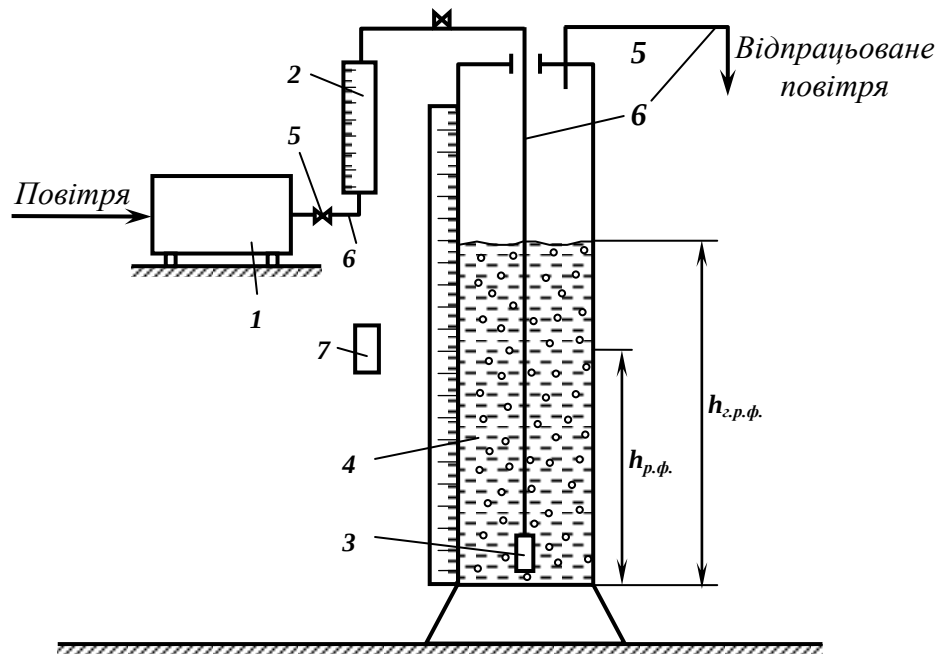


Рис. 1. Схема експериментальної установки для визначення гідродинамічних параметрів газорідних систем.

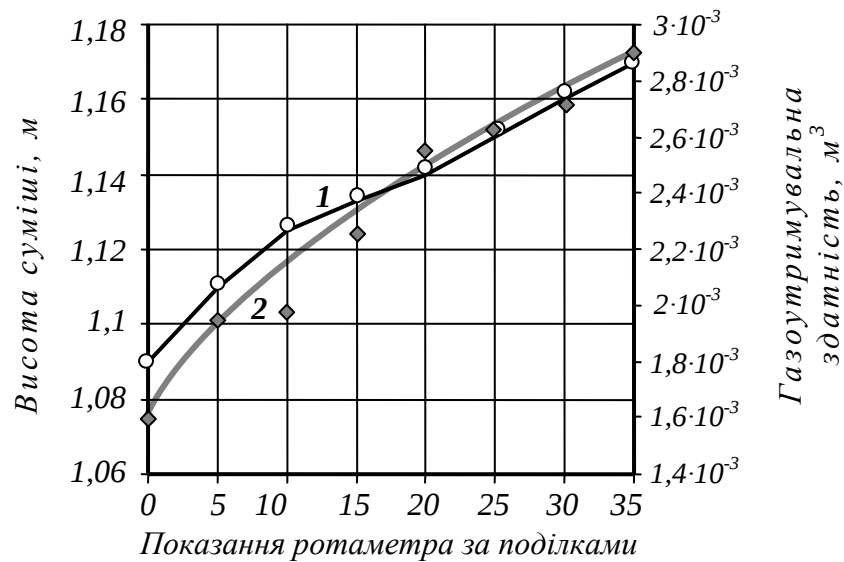


Рис. 2. Апроксимовані залежності висоти суміші "вода – повітря" (1) та її газоутримувальної здатності (2) від показань ротаметра за висоти рідинного шару 1,0 м.

діоксидом вуглецю. Такий перехід дозволив встановити відмінності в системах з названими газами.

Висновки до розділу 2 сформульовано наступним чином:

- присутність диспергованої газової фази в розглянутих випадках

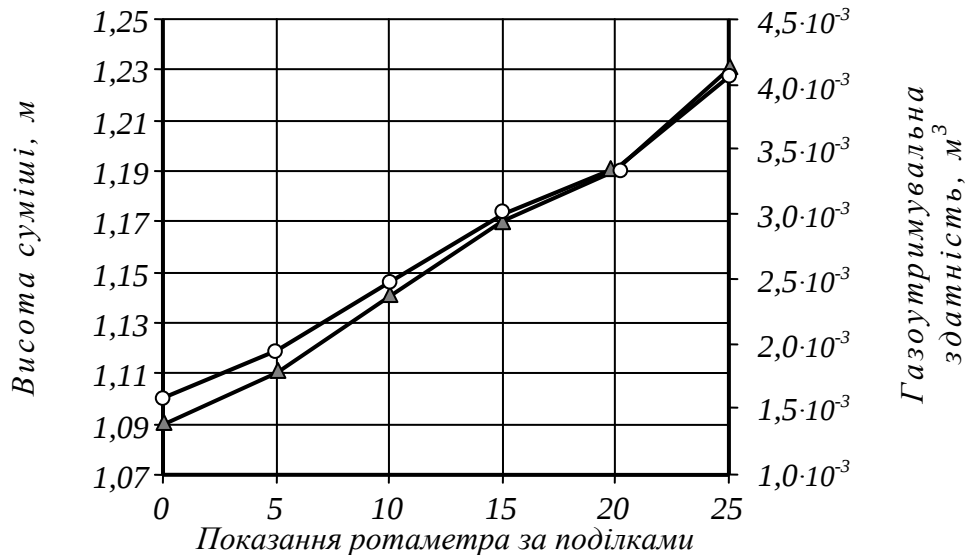


Рис. 3. Залежності висоти суміші "вода – діоксид вуглецю" (1) та її газотримувальної здатності (2) від показань ротаметра за висоти рідинного шару.

оцінюється на рівні енергоносія. Сформульовано положення, які стосуються особливостей структурної побудови газорідинних середовищ за анаеробного бродіння та у порівнянні з аеробним бродінням;

- показано, що газотримувальна здатність за анаеробного бродіння має яскраво визначену висотну нерівномірність у зв'язку з генеруванням CO_2 у повному об'ємі рідинної фази. З врахуванням того, що газова фаза виконує роль енергоносія, приходимо до висновку про підвищену енергонасиченість верхніх шарів середовища і більшу інтенсивність бродіння в них. Це означає доцільність організації активної вертикальної циркуляції;
- вертикальну циркуляцію газорідинної суміші доцільно влаштовувати за рахунок рециркуляції газової фази;
- організація технологічного процесу в умовах анаеробного бродіння з додаванням рециркуляції газової фази може у 2–3 рази підвищувати газовміст середовища і його енергонасиченість;
- швидкість зброджування середовищ може збільшуватися за рахунок організації перехідних режимів.

Третій розділ "Взаємозв'язки між геометричними параметрами апаратів, термодинамікою середовища та мікробіологічними процесами в технологіях бродіння пива" присвячений аналізу загальних положень фізико-хімічних і мікробіологічних взаємодій та впливам на загальні результати геометрії бродильних апаратів.

Перетворення складових сусла у пиво здійснюється трансформацією цукрів в етанол і діоксид вуглецю під дією ферментів дріжджів. При цьому виникають побічні продукти бродіння, які суттєво впливають на споживчі та дегустаційні властивості пива. Утворення і часткове розщеплення таких побічних продуктів є результатом їх масообміну з речовинами дріжджів і

повинно розглядатися в названій сукупності. Після бродіння, дозрівання і доброджування пиво фільтрується і підлягає біологічній та колоїдній стабілізації. При цьому бродіння і доброджування лише умовно поділяються на названі складові і виконуються як одне ціле. Остання особливість є наслідком часткового відступу від класичних технологій, в яких бродіння і доброджування різко розрізняються температурами. Так бродінню відповідали температури біля 6 °С, а доброджуванню – 0...2 °С. Очевидно, що присутність в цих процесах дріжджів має оцінюватися не просто їх додаванням до сусла, оскільки багатомільярдна кількість окремих клітин абсолютно незалежно одна від одної успадкувала свої властивості в трансформаціях попередніх поколінь, що збережено в їх генах.

Фізико-хімічна відповідність такого культурального середовища як пивне сусло на певних дистанціях мікробіологічних процесів є вирішальною з точки зору інтересів кінцевого результату. Хоча кількість звертань науковців і практиків до тематики технологій процесів бродіння є надзвичайно помітною, однак залишаються фактори впливів, які не були включені до універсальної оцінки ситуацій. Проте очевидно, що для подальшого розвитку досліджуваних технологій накопичена інформація щодо впливів на культуру використовуваних дріжджів повинна бути систематизованою для можливості прогнозування подальших напрямків розвитку і комплексного проектування систем. Достатньо яскравим підтвердженням останньої сформульованої думки може бути історія вибору геометричних параметрів циліндро-конічних танків (ЦКТ). У зв'язку з цим продовжимо узагальнення щодо впливу окремих фізичних і хімічних факторів.

До числа стресових впливів відносяться висока екстрактивність сусла та етанолу, обмежений вміст мікроелементів, кисню на початок процесу, неоптимальна температура, підвищені тиски, високі концентрації діоксиду вуглецю тощо. Названі впливи у більшості узагальнюються осмотичними тисками середовищ і температурами, що визначає важливість дотримання їх на номінальних рівнях. На основі сучасних наукових положень узагальнена теорія, яка враховує присутність і взаємні впливи факторів, груп факторів і всієї сукупності факторів у взаємодії. У зв'язку з цим в цьому розділі визначаються раціональні форми і геометричні параметри бродильних апаратів, впливи факторів обмеження і стабілізації температур середовищ, рекомендації щодо цілеспрямованого використання енергетичних потенціалів.

Математична формалізація співвідношення між поверхнею циліндричного апарата і його об'єму приводить до виразу:

$$S_{\text{ц}}/V_{\text{ц}}=6/d. \quad (1)$$

де d – діаметр апарата.

За відсутності прихованих несподіванок підрахунки все ж приводять до співвідношень з важливими наслідками, відображеними в таблиці за умови $d = h$:

$d, \text{м}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	5,0
$S_{\text{ц}}/V_{\text{ц}}$	30,0	15,0	10,0	7,5	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0	1,2

З останнього витікає, що нарощування параметра d апарата має привести до неможливості стабілізації температури середовища, якщо теплообмін організовано на поверхні нагрівання або охолодження.

Швидкість зброджування цукрів $dM_{\text{ц}}/d\tau$ задається як технологічний параметр і з врахуванням того, що зброджування одного моля глюкози супроводжується виділенням 169 кДж теплової енергії визначаємо загальну потужність синтезованого енергетичного потоку

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{\frac{dM_{\text{ц}}}{d\tau} Q_{\text{пит}}}{m_{\text{гл}}} = \frac{169}{180} \cdot \frac{dM_{\text{ц}}}{d\tau} = 0,939 \frac{dM_{\text{ц}}}{d\tau}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{пит}} = 169$ кДж/моль – питоме тепловиділення.

За можливості системи охолодження

$$dQ_{\text{ох}}/d\tau = kF\Delta t, \quad (3)$$

де $dQ_{\text{ох}}/d\tau$ – потужність потоку тепловідведення, Вт; k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К); Δt – температурний рушійний фактор, К; F – поверхня теплопередачі.

$$\text{Звідси} \quad F \geq 0,939 \frac{dM_{\text{ц}}}{d\tau} \cdot \frac{1}{k\Delta t}.$$

Для конічно-циліндричного апарата маємо:

$$V_{\text{р.ц.}} = \frac{\pi d^2}{4} h; \quad V_{\text{р.к.}} = \frac{\pi d^2}{12} h_{\text{к}}; \quad S_{\text{р.ц.}} = \pi d h; \\ S_{\text{р.к.}} = \pi r \sqrt{r^2 + h_{\text{к}}^2}; \quad (4)$$

де індекси р.ц. відносяться до циліндричної частини апарата, а р.к. – до конічної.

Висота конічної частини:

$$h_{\text{к}} = d \tan \alpha / 2.$$

Якщо прийняти $\alpha = 45^\circ$, то $h_{\text{к}} = d/2$ і звідси

$$S_{\text{заг.}} = \pi d h + \pi \frac{d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + \frac{d^2}{4}} = \pi d h + \pi \frac{d^2}{2\sqrt{2}}. \quad (5)$$

Вибір кута α змінює співвідношення між d і $h_{\text{к}}$. Тоді $h_{\text{к}} = k_{h_{\text{к}}} d$ і

$$S_{\text{заг.}} = \pi d h + \pi \frac{d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + k_{h_{\text{к}}}^2 d^2}. \quad (6)$$

Результати розрахунків за значень $V_{\text{заг.}} = 70$ м³, $d = 3$ м, $\alpha = 45^\circ$, $k_{h_{\text{к}}} = 0,5$ представлено на рис. 5 і 6 та аналітичною умовою:

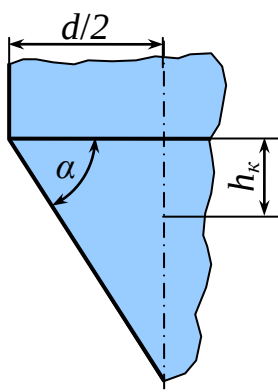


Рис. 4. Схема до визначення кута α і висоти $h_{\text{к}}$ конічного об'єму.

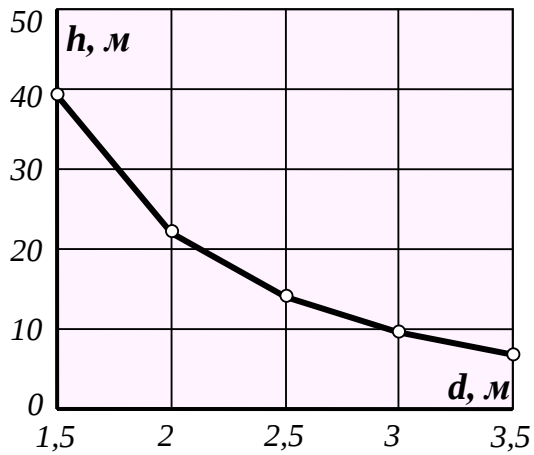


Рис. 5. Графік залежності висоти рідинного шару в циліндричній частині апарата від діаметра.

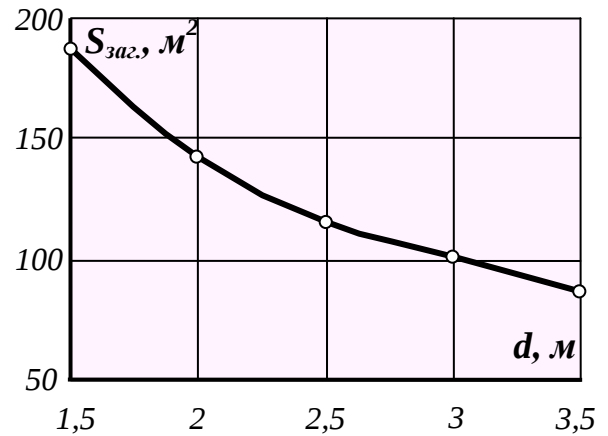


Рис. 6. Графік залежності поверхні теплопередавання від діаметра в бродильному ізооб'ємному апараті.

$$\frac{S_{\text{заг.}}}{V_{\text{рід.}}} = \frac{\pi d h + \pi \frac{d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + k_{\text{h}_k}^2 d^2}}{\frac{\pi d^2}{4} h + \frac{\pi d^2}{12} h_k} = \frac{12 \left(h + 0,5 \sqrt{\frac{d^2}{4} + k_{\text{h}_k}^2 d^2} \right)}{3 d h + d h_k}. \quad (7)$$

розташування поверхні охолодження на бічній циліндричній та конічній частинах приводить до того, що у конічному об'ємі середовище є найбільш охолодженим, що заважає циркуляції і протидіє активному масообміну.

На основі газотримувальної здатності та відносної швидкості диспергованої газової фази запропоновано математичну модель по визначенню потужності циркуляційних потоків:

$$N = \xi_z \frac{\pi d_0^2}{8} \left(\sqrt{\frac{32 \rho g d_0}{3 \xi}} \right)^3 = \xi \frac{3u}{4 \pi d_0^3} \cdot \frac{\pi d_0^2}{8} \left(\sqrt{\frac{32 \rho g d_0}{3 \xi}} \right)^3 = 0,09375 \frac{\xi u}{d_0} \left(\sqrt{\frac{32 \rho g d_0}{3 \xi}} \right)^3. \quad (8)$$

Така особливість газотримувальної здатності за стабільної динаміки генерування CO₂ пов'язується з геометрією апарата. Схоже на те, що сучасні розміри ЦКТ є втіленням багаторічних пошуків і помилок у співвідношеннях об'ємів, діаметрів і висоти апаратів. Важливою особливістю бродильних апаратів є те, що генерування газової фази в них здійснюється у повному об'ємі рідинної фази. Це означає, що присутність диспергованої газової фази по висоті апарата буде помітно відрізнятися. Найменшою утримувальна здатність буде в нижніх шарах середовища, а найбільша – у верхніх. Це пов'язано з тим, що газова фаза синтезована в нижній і середній частинах об'ємів доповнить газову фазу верхньої частини. Різке зниження тиску в апараті приводить до збільшення газотримувальної здатності в режимі енергетичного імпульсу. Це відповідає перехідному процесу у формі:

$$m\ddot{y} = P_{\text{руш.}} - P_{\text{оп.}}, \quad (9)$$

де $m = \frac{1}{3}m_{p.ф.}$ – приведена маса системи; $m_{p.ф.}$ – маса рідинної фази; $P_{руш.}$ – приведена рушійна Архімедова сила; $P_{оп.} = mg$ – сила опору переміщення приведеної масі системи; $\ddot{y}$ – прискорення приведеної маси.

Якщо приведена рушійна сила є функцією часу, то маємо:

$$m\ddot{y} = P_{руш.(n)} + k_y t - P_{оп.}, \quad (10)$$

де k_y – коефіцієнт пропорційності, Н/с; $P_{руш.(n)}$ – початкове значення рушійної сили.

За початкових умов $t_{(n)} = 0$; $y_{(n)} = P_{руш.(n)}$; $\dot{y}_{(n)} = 0$ маємо

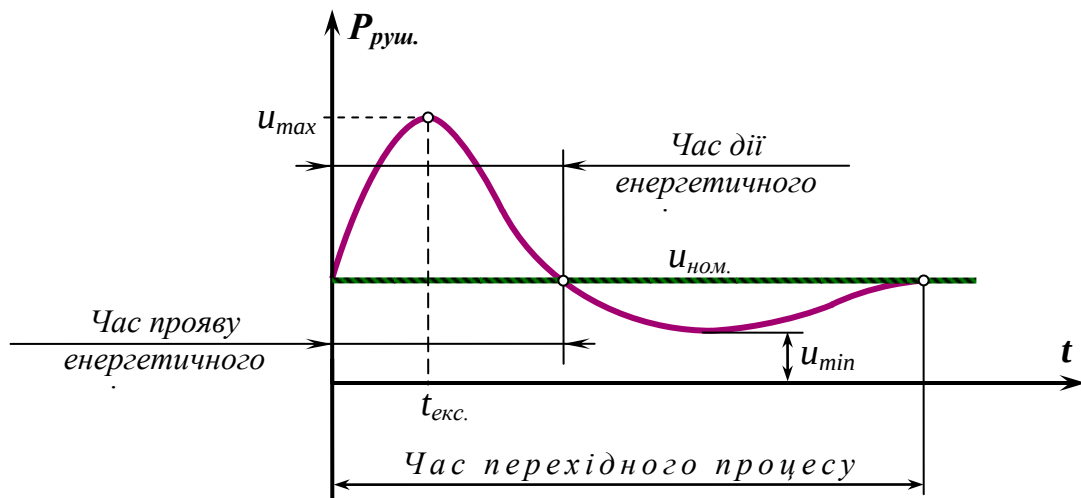


Рис. 7. Графічна інтерпретація перехідного процесу, пов'язаного з енергетичним імпульсом.

$$\dot{y} = \frac{P_{руш.(n)} - P_{оп.}}{m} t + \frac{k_y t^2}{2m}. \quad (11)$$

$$y = P_{руш.(n)} + \frac{P_{руш.(n)} - P_{оп.}}{m} \cdot \frac{t^2}{2} + \frac{k_y t^3}{6m}. \quad (12)$$

Величина y відображує висоту набухлого шару газорідинної суміші і газоутримувальну здатність.

На рис. 7 наведено перелік і взаємодію між факторами, зародження яких пов'язане з різким зниженням тисків над газорідинним середовищем. Додатковим варіативним фактором впливу на перебіг перехідного процесу є частота організації енергетичних імпульсів, потенціали яких відображують динаміку зброджування середовищ і геометрію апаратів.

У **четвертому розділі** "Реалізація енергоощадних технологій в бродильних виробництвах" відображено взаємодію між енергетичними і матеріальними потоками, які забезпечують певні переваги в технічному і

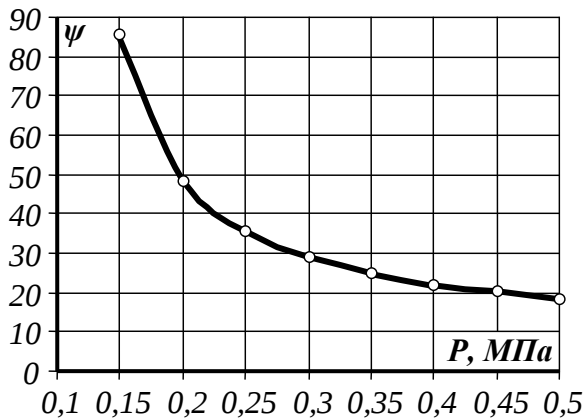


Рис. 8. Графік залежності коефіцієнта ефективності системи від величини стиснення вторинної пари.

конкурентному середовищах.

Виконана оцінка можливостей і термодинамічних показників трансформацій енергоматеріальних потоків, наведені результати розрахунків ефективності енергоощадних технологій. Ефективність регенерації вторинної пари визначається величинами тисків в її термодинамічній трансформації. На рис. 8 наведено графік залежності коефіцієнта ефективності системи від тиску вторинної пари. Коефіцієнт ефективності визначається залежністю:

$$\psi = \frac{r_{100}}{E_{\text{заг.}}}, \quad (13)$$

де r_{100} – теплота пароутворення вторинної пари при 100 °С; $E_{\text{заг.}}$ – енергетичні затрати на трансформацію вторинної пари.

Запропоновані схеми енергетичних контурів сусловарильних апаратів, систем заторно-варочного відділення та на ділянці обробки холодом шампанізованого вина (рис. 9).

Вторинне бродіння резервуарного шампанського в безперервному потоці проходить в послідовно з'єднаних бродильних акратофорах – у так званій бродильній батареї. В ній на протязі бродіння поступово знижується температура в кожному наступному акратофорі і доводиться до +10 °С в останньому. На рис. 9 зображено схему обробки шампанізованого вина холодом.

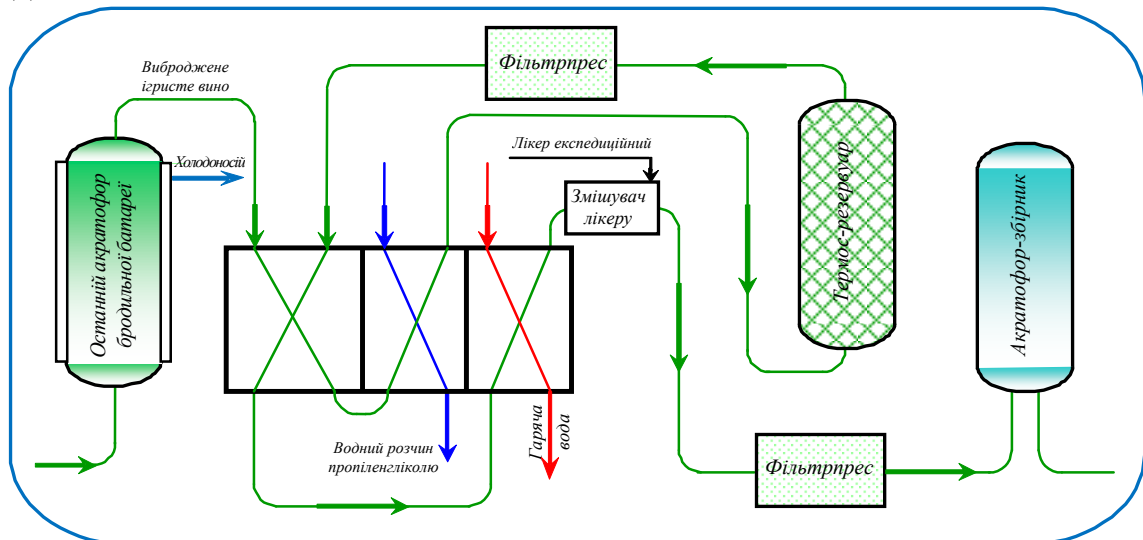


Рис. 9. Схема обробки шампанізованого вина.

До технологічної схеми входять останній акратофор бродильної батареї, рекуперативний теплообмінник, термос-резервуар з наповнювачем, фільтрпреси, змішувач лікеру та акратофор-збірник. Виброджене ігристе вино, що поступає із останнього акратофора бродильної батареї безперервної шампанізації системою трубопроводів, направляється до секції рекуперації рекуперативного теплообмінника, де воно охолоджується до температури -5°C , потім на витримку до термос-резервуару з наповнювачем, оснащеному термоізоляцією. У термос-резервуарі вино витримується на протязі 24 год. відповідно до технологічної інструкції. При правильно виконаній термоізоляції можливо забезпечити температурний режим витримки $-3\ldots-4^{\circ}\text{C}$. Далі ігристе вино через пластинчастий фільтрпрес потрапляє до секції рекуперації теплообмінника, де нагрівається до температури бродіння.

Ефективне функціонування схеми обробки холодом шампанізованого вина забезпечує вірний підбір технологічного обладнання, вибір технологічних параметрів та характеристик гідродинамічних параметрів потоку, оскільки необхідно забезпечити параметри, регламентовані технологією: це температура витримки вина на холоді від -3 до -4°C , час витримки – 24 години.

На рис. 10 наведено схему рекуперативного теплообмінника. Перша

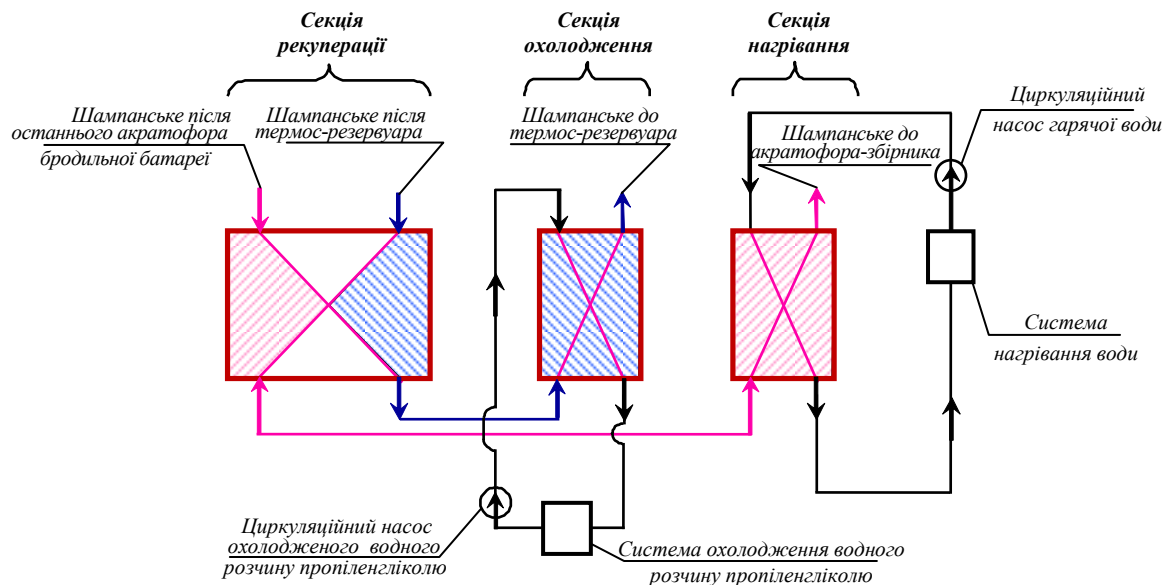


Рис. 10. Схема рекуперативного теплообмінника.

секція теплообмінного апарата – секція рекуперації теплоти. Тут використовується потенціал холодного шампанського, що поступає після «холодної фільтрації», для охолодження теплого шампанського, що по трубопроводах надходить із останнього акратофора бродильної батареї безперервної шампанізації. Друга секція теплообмінного апарату – секція охолодження. Охолодження вина здійснюється холодним потоком 35 %-ного водного розчину пропіленгліколю. Третя секція теплообмінного апарату – секція нагрівання. Тут нагрівання шампанського здійснюється гарячою водою, підтримання температури якої забезпечується в електронагрівачі.

ВИСНОВКИ

1. Виконано теоретичні узагальнення особливостей гідродинаміки і визначення гідродинамічних параметрів середовищ з самогенеруванням диспергованої газової фази. Присутність диспергованої газової фази у рідинній визначається співвідношеннями швидкості синтезу CO_2 в середовищі та гідродинамікою в проявах закону Архімеда. Ефективними щодо інтенсифікації масообмінних процесів є зміни тисків в газовій надрідинній фазі, оскільки останні визначають рівень потенціальної енергії диспергованої газової фази і середовища в цілому. Останній доповнюється кінетичною енергією циркуляційних контурів.

2. Визначено впливи геометричних параметрів технологічних апаратів на гідродинаміку середовищ, біохімічні процеси масообміну і можливості стабілізації термодинамічних параметрів систем. Вказані енергетичні трансформації відбуваються у повній відповідності до законів збереження. Показано, що енергетичний потенціал такої системи пов'язано з величиною газотримувальної здатності і тому з геометрією апаратів.

3. Розроблено математичну формалізацію перехідних процесів в умовах імпульсних енергетичних і фізичних впливів на газорідинні середовища. Зниження тиску в системі викликає різке зменшення розчинності газової фази і активне додаткове утворення диспергованої газової фази, збільшення газотримувальної здатності і кінетичної енергії циркуляційних контурів. Такий перехід продовжується до досягнення нового стану рівноваги у відповідності до закону Генрі.

Енергетичний імпульс такого переходу можливо оцінювати через зміни газотримувальної здатності.

Присутність диспергованої газової фази означає відповідний прояв закону Архімеда і рівність сил рушійних і сил опору в умовах усталених режимів, що відповідає третьому закону Ньютона. Гідростатичні тиски середовищ приводять до різних концентрацій розчиненого CO_2 , що створює відповідний градієнт і можливість використання цього потенціалу на користь масообміну і гомогенізації середовища. Запропоновано до використання математичні моделі перехідних процесів.

4. Узагальнено перспективи використання суміщених процесів бродіння і перегонки середовищ за використання вакуумних технологій з експериментальним підтвердженням таких можливостей.

5. Запропоновано до використання 5 патентів України на корисні моделі і 2 патенти України на винаходи, які стосуються створення замкнутих контурів енергозабезпечення на основі рекупераційних і регенераційних енергоматеріальних потоків. Здійснено впровадження системи стабілізації шампанізованих вин за заданими термодинамічними показниками.

6. Економічний ефект від впроваджень розробок і пропозицій щодо використання замкнутих енергетичних контурів склав 741.3 тис. грн.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія:

1. Гідроструминні та гідродинамічні системи керування: монографія / В.Р. Кулінченко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, В.В. Підгорний, О.В. Коваль – К.: Фенікс, 2013. – 353 с.

Особистий внесок здобувача: написала розділ 6 "Перспективні пристрої системи промислової гідравліки із застосуванням елементів струменевої техніки".

Статті:

2. Піддубний, В.А. Особливості взаємодій енергоматеріальних потоків і рекуперация теплової енергії / В.А. Піддубний, А.О. Чагайда, О.В. Коваль // Науковий журнал "Технологічні комплекси". – 2013. – № 1 (7). – С. 107–111.

Особистий внесок здобувача: виконала оцінку взаємодій енергетичних і матеріальних потоків у складі замкнутих контурів.

3. Коваль, О.В. Енергозбереження в технологіях виробництва шампанського / О.В. Коваль, В.Й. Лензіон, С.В. Лензіон, І.Ф. Максименко, О.П. Мацко // Виноград. – № 1–3, січень–березень. – 2013. – С. 47–51.

Особистий внесок здобувача: сформулювала теоретичні положення енергетичних контурів в системі стабілізації температурних режимів за обробки шампанського холодом.

4. Максименко, І.Ф. Особливості технологій створення вакуумних упаковок / І.Ф. Максименко, В.М. Криворотько, О.В. Коваль // Додаток до журналу "Упаковка" "Новітні технології пакування". – 2013. – С. 45–46.

Особистий внесок здобувача: визначила особливості термодинамічних перетворень в оброблюваних середовищах за рахунок вакуумування при створенні вакуумних упаковок.

5. Коваль, О.В. Особливості кінематики гравітаційних пристроїв у лініях пакування харчової продукції / О.В. Коваль, В.А. Піддубний // Додаток до журналу "Упаковка" "Новітні технології пакування". – 2014. – С. 47–49.

Особистий внесок здобувача: запропонувала математичну модель щодо оцінки коефіцієнтів корисної дії в системах транспортування нежорстких упаковок.

6. Koval, O. Hydrodynamics of anaerobic fermentation of gas-liquid circumstances / O. Koval, Shevchenko A., Piddubnyi V., Leus R. // Ukrainian Journals of Food Science. – Volume 2. – Issue 2. – Kyiv. – 2014. P. 326–332.

Особистий внесок здобувача: запропонувала математичну модель визначення енергетичних параметрів циркуляційних контурів.

7. Піддубний, В.А. Гідродинамічні характеристики газорідних середовищ / В.А. Піддубний, О.В. Коваль // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т. 21.

– № 3. – С. 141–148.

Особистий внесок здобувача: розробила математичну модель щодо взаємозв'язку між газоутримувальною здатністю і енергією циркуляційних контурів.

8. Коваль, О.В. Енергетичні імпульси в середовищах бродильних апаратів / О.В. Коваль, А.О. Чагайда // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т. 21 – № 4. – С. 137–143.

Особистий внесок здобувача: запропонувала створювати енергетичні імпульси в газонасичених середовищах за рахунок швидкоплинних змін по зниженню тисків над середовищами.

9. Коваль, О.. Визначення геометричних параметрів бродильних апаратів / О. Коваль, І. Максименко, Р. Леус // Харчова промисловість. – 2015. – № 17. – Київ. – НУХТ. – С. 79–84.

Особистий внесок здобувача: розробила методику оцінки співвідношень питомої площі поверхні до об'єму середовища в апараті.

Патенти:

10. Патент 80311 UA, МПК C12F 3/08 (2006.01) Бродильний апарат / Піддубний В.А., Коваль О.В., Максименко І.Ф.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201212920; заявл. 13.11.2012; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 10, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонувала оснастити бродильний апарат циркуляційним контуром для можливості збільшення газоутримувальної здатності.

11. Патент 80625 UA, МПК C12C 13/00 Циліндро-конічний танк для зброджування пива / Коваль, О.В., Піддубний В.А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201212924; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонувала встановити в бродильному апараті дворівневий барботажний газорозподільвач.

12. Патент 80627 UA, МПК C12F 3/08 (2006.01) Циліндро-конічний танк для зброджування пива / Коваль, О.В., Піддубний В.А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201212926; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонувала створити систему контролю температурних параметрів з повисотним їх розташуванням в бродильному апараті.

13. Патент 80628 UA, МПК C12F 3/08 (2006.01) Бродильний апарат / Коваль, О.В., Піддубний В.А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201212927; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонувала оснастити бродильний апарат ресивером для можливості інтенсифікації масообміну.

14. Патент 103441 UA, МПК C12F 3/08 (2006.01), C12C 7/22 (2006.01) Циліндро-конічний танк для зброджування пива / Коваль, О.В., Піддубний В.А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № а201212918; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонувала створити систему контролю температурних параметрів з повисотним їх розташуванням в бродильному апараті.

15. Патент 103442 UA, МПК C12F 3/08 (2006.01), C12C 7/22 (2006.01) Циліндро-конічний танк для зброджування пива / Коваль, О.В., Піддубний В.А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № а201212919; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонувала встановити в бродильному апараті дворівневий барботажний газорозподільвач.

16. Патент 84648 UA, МПК C12F 3/08 (2006.01) Спосіб зброджування цукровмісних середовищ / Піддубний В.А. Коваль О.В.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201305652; заявл. 30.04.2013; опубл. 25.10.2013, Бюл. № 20, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонувала здійснювати видалення дріжджової фракції з циркуляційного контуру середовища для можливості здійснення перегонки.

Тези конференцій:

17. Максименко, І.Ф. Особливості технологій створення вакуумних упаковок / І.Ф. Максименко, В.М. Криворотько, О.В. Коваль // IX науково-практична конференція молодих вчених "Новітні технології пакування", додаток до журналу "Упаковка", 12 квітня 2013 р. м. Київ. – С. 45–46.

Особистий внесок здобувача: визначила особливості термодинамічних перетворень в оброблюваних середовищах за рахунок вакуумування при створенні вакуумних упаковок.

18. Koval, O. Energy security processes sprouting malt / O. Koval, V. Poddubny // The second North and East European Congress on Food "NEEFood-2013", may 26–29, 2013, NUFT, Kyiv, Ukraine.

Особистий внесок здобувача: показала необхідність стабілізації термодинамічних параметрів пророщуваної зернової маси за рахунок використання прийомів підготовки повітря, що подається на аерацію.

19. Альохін, Д. Узагальнений підхід до масообміну в газорідних середовищах / Д. Альохін, О. Коваль, В. Піддубний // Збірник тез доповідей XVII наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, Т.І, 20–21 листопада, 2013 р., м. Тернопіль.

Особистий внесок здобувача: запропонувала визначати співвідношення термодинамічних параметрів і концентрації розчиненого кисню при реалізації аеробних процесів накопичення біомаси.

20. Альохін, Д.І. Інтенсифікація масообміну в газорідних середовищах / Д.І. Альохін, О.В. Коваль, І.М. Вінниченко, В.А. Піддубний // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій" 11–12 грудня 2013 р., м. Тернопіль.

Особистий внесок здобувача: показала можливість впливу на інтенсивність масообміну в газорідних середовищах за рахунок збільшення газоутримувальної здатності та змін тисків в газовій частині апаратів.

21. Коваль, О.В. Особливості кінематики гравітаційних пристроїв у лініях пакування харчової продукції / О.В. Коваль, В.А. Піддубний // X Науково-практична конференція молодих вчених "Новітні технології пакування", додаток до журналу "Упаковка" 10 квітня 2014, Київ. – С. 47–49.

Особистий внесок здобувача: запропонувала математичну модель щодо оцінки коефіцієнтів корисної дії в системах транспортування нежорстких упаковок.

22. Коваль, О.В. Геометрія технологічних апаратів і температурна стабілізація середовищ / О.В. Коваль, О.О. Бойко, С.А. Бут // III Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція "Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентноздатності" 9 вересня 2014 р., НУХТ, м. Київ, Україна. – С. 48–50.

Особистий внесок здобувача: розробила положення, що стосуються взаємозв'язків між геометричними параметрами бродильних апаратів, гідродинамікою середовища та масообміном між складовими газорідних систем в присутності мікроорганізмів.

23. Коваль, О.В. Енергозбереження в технологіях виробництва шампанського / О.В. Коваль, І.Ф. Максименко, М.І. Юхно, В.С. Костюк // III Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція "Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентноздатності" 9 вересня 2014 р., НУХТ, м. Київ, Україна. – С. 119–121.

Особистий внесок здобувача: сформулювала теоретичні положення енергетичних контурів в системі стабілізації температурних режимів за обробки шампанського холодом.

24. Коваль, О.В. Енергозбереження в процесах фасування газованих напоїв / О.В. Коваль, В.А. Піддубний // Міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій "Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчової промисловості", 13-17 жовтня 2014 р., Київ, НУХТ – С. 359.

Особистий внесок здобувача: запропонувала використати енергетичний потенціал шампанського за умови бродіння його в безперервному потоці.

25. Коваль, О.В. Особливості зброджування харчових середовищ при виробництві хліба / О.В. Коваль, В.А. Піддубний, О.Ю. Шевченко // XVIII наукова конференція ТНТУ ім. І.Пулюя, 29-30 жовтня 2014 р., м. Тернопіль. – С.

191.

Особистий внесок здобувача: запропонувала методику оцінки газоутримувальної здатності в тістових заготовках за умов змін тисків.

26. Коваль, О.В. Енерго- і масообмін в газорідних середовищах бродильних виробництв / О.В. Коваль, В.А. Піддубний, О.Ю. Шевченко // XVIII наукова конференція ТНТУ ім. І.Пулюя, 29-30 жовтня 2014 р., м. Тернопіль. – С. 192.

Особистий внесок здобувача: запропонувала послідовність енергетичних трансформацій в газорідних середовищах за умови швидкоплинних змін тисків.

27. Коваль, О.В. Оцінка енергетичних потенціалів зброджуваних середовищ при створенні накопичувальних пристроїв на основі розчинених газів / О.В. Коваль, В.А. Піддубний // 81 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 23–24 квітня 2015 р., Ч. 2, Київ, НУХТ, 2015 р. – С. 171–172.

Особистий внесок здобувача: запропонувала методику оцінки енергетичних потенціалів в газорідних середовищах накопичувальних пристроїв.

28. Коваль, О.В. Дослідження технологій різкої зміни тисків / О.В. Коваль, О.Ю.Шевченко, В.А.Піддубний // IX міжнародная конференция "Проблемы промышленной теплотехники", 20-23 октября 2015 г., НУПТ, Киев, Украина. – С. 164.

Особистий внесок здобувача: запропонувала методику визначення енергетичних імпульсів скидання тисків в газорідних середовищах.

АНОТАЦІЯ

Коваль Ольга Володимирівна. Удосконалення технологій і модернізація обладнання бродильних виробництв: - На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12. – Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв (технічні науки). Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки, Київ, 2016.

Дисертаційна робота присвячена огляду і аналізу особливостей бродильних технологій. Розглядаються технології виробництва виноматеріалів для шампанських та ігристих вин, особливості вторинного бродіння у виробництві шампанського, технології збродження середовищ в хлібопекарній галузі, збродження цукровмістких середовищ при виробництві етилового спирту.

Об'єднувальним елементом у назві "бродильні технології" є присутність трансформації цукромісткої сировини у водних розчинах під дією дріжджів-цукроміцетів. Важливою складовою в процесах трансформації сировинних потоків є взаємодія енергомасових систем.

Показано, що недоліком анаеробних технологій бродіння є реакція мікроорганізмів на величини осмотичних тисків середовищ. Останні на початку

бродиння визначаються концентраціями розчинених сухих речовин, падіння яких по мірі зброджування, осмотичні тиски зменшує, однак у зв'язку з синтезом етанолу і CO_2 має місце зростання цього показника. Присутність диспергованої газової фази у рідинній визначає можливість зміни тисків в газовій надрідинній фазі, що приводить до порушення умов термодинамічної рівноваги середовищ і до виникнення перехідних процесів масообміну між газовою і рідинною фазами та мікроорганізмами.

Визначено, що тиски в газовій фазі у надрідинному середовищі та в газовій диспергованій фазі визначають рівень потенціальної енергії середовищ. потенціал останньої доповнюється кінетичною енергією циркуляційних контурів газорідинної суміші.

Визначено, що законам збереження відповідають етапи трансформації потенціальної енергії стиснутої газової фази в кінетичну енергію циркуляційних контурів. Остання дає можливість здійснювати енергетичні імпульси перехідних процесів через величини газотримувальної здатності. Це приводить до можливості інтенсифікації процесів масообміну і технологічних процесів взагалі.

Реалізацію перехідних процесів на основі змін тисків в газорідинних середовищах можливо за рахунок послідовного зброджування і накопичення синтезованої газової фази, що має в собі ознаки енергоощадної технології.

Запропоновано математичну формалізацію взаємозв'язків між геометрією бродильних апаратів і перебігом процесів бродиння в них.

Ключові слова: мікроорганізми, бродиння, технологія, апарат, перехідні процеси, кінетична та потенціальна енергія, рекуперація, регенерація, енергоощадні технології.

АННОТАЦИЯ

Коваль Ольга Владимировна. Усовершенствование процессов и модернизация оборудования бродильных производств: - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12. – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств (технические науки). Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки, Киев, 2016.

Диссертационная работа посвящена обзору и анализу особенностей бродильных технологий. Рассматриваются технологии производства виноматериалов для шампанских и игристых вин, особенности вторичного брожения в производстве шампанского, технологии сбраживания сред в хлебопекарной отрасли, технологии сбраживания сахаросодержащих сред при производстве этилового спирта.

Объединяющим элементом в названии "бродильные технологии" является присутствие трансформации сахаросодержащего сырья в водных растворах под действием дрожжей-сахаромицетов. Важным составляющим в процессах трансформации сырьевых потоков является взаимодействие энергомассовых

систем.

Показано, что недостатком анаэробных технологий брожения есть реакция микроорганизмов на осмотическое давление среды. Последнее в начале брожения определяется концентрациями растворенных сухих веществ, падение которых по мере сбраживания осмотическое давление уменьшает, однако в связи с синтезом этанола и CO_2 имеет место рост этого показателя. Присутствие диспергированной газовой фазы в жидкостной определяет возможность изменения давлений в газовой наджидкостной фазе, приводит к нарушению условий термодинамического равновесия сред и к возникновению переходных процессов массообмена между газовой и жидкостной фазами и микроорганизмами.

Показано, что давления в газовой фазе и в диспергированной газовой фазе определяют уровень потенциальной энергии сред, который дополняется кинетической энергией циркуляционных контуров газожидкостной смеси.

Определено, что законам сохранения соответствуют этапы трансформации потенциальной энергии сжатой газовой фазы в кинетическую энергию циркуляционных контуров. Последняя дает возможность осуществлять энергетические импульсы переходных процессов через величины газодерживающей способности. Это приводит к возможности интенсификации процессов массообмена и технологических процессов вообще.

Реализацию переходных процессов на основе изменений давлений в газожидкостных средах возможно осуществлять за счет последовательного сбраживания и накопления синтезированной газовой фазы, что имеет в себе признаки энергосберегающей технологии.

Разработана математическая формализация переходных процессов в условиях импульсных энергетических и физических воздействий на газожидкостные среды. Снижение давления в системе вызывает резкое уменьшение растворимости газовой фазы и активное дополнительное образование диспергированной газовой фазы, увеличение газодерживающей способности и кинетической энергии циркуляционных контуров. Такой переход продолжается до достижения нового состояния равновесия в соответствии с законом Генри.

Энергетический импульс такого перехода может оценивать через изменения газодерживающей способности.

Присутствие диспергированной газовой фазы означает соответствующий проявление закона Архимеда и равенство сил движущих и сил сопротивления в условиях устоявшихся режимов, что соответствует третьему закону Ньютона. Гидростатические давления сред приводят к различным концентрациям растворенного CO_2 , создает соответствующий градиент и возможность использования этого потенциала в пользу массообмена и гомогенизации среды.

Ключевые слова: микроорганизмы, брожение, технология, аппарат, переходные процессы, кинетическая и потенциальная энергия, рекуперация, регенерация, энергосберегающие технологии.

ANNOTATION

Koval Olga Volodymyrivna. Improvement of processes and modernization of equipment fermentation: - This low of manuscript.

Thesis to pursue a degree of Candidate of Engineering Sciences in speciality 05.18.12. – Processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical productions (technical science). National University of Food Technologies, Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to the review and analysis of the features of fermentation technology. Discusses wine production technology for sparkling wines, especially the secondary fermentation in the production of champagne, fermentation technology environments in the baking industry, fermentation of sugar-containing media technology in the production of ethyl alcohol.

The unifying element in the name of "fermentation technology" is the presence of sugar transformation of raw materials in aqueous solutions under the action of the yeast *Saccharomyces*. An important component in the process of transformation of the feed streams is energy and mass systems.

It is shown that a lack of anaerobic fermentation technology is the reaction of microorganisms on the osmotic pressure of the medium. The latter is defined in the beginning of the fermentation the concentration of dissolved solids, which fall as digestion reduces the osmotic pressure, but in connection with the synthesis of ethanol and CO_2 has been an increase in this index. The presence of the dispersed gas phase in the liquid determines the possibility of changing the pressure in the gas phase headspace leads to disruption of the thermodynamic equilibrium conditions and environments rise to transients mass transfer between the gas and liquid phases, and microorganisms.

It is shown that the pressure in the gas phase and the dispersed gas phase determine the level of potential energy media complemented kinetic energy circulation circuits liquid mixture.

Determined that the conservation laws correspond to the stages of transformation of the potential energy of the compressed gas phase in the kinetic energy of the circulation circuits. Last enables to carry out energy pulses through transient magnitude gas-retaining ability. This leads to the possibility of process intensification and mass exchange processes in general.

Implementation of transients on the basis of change of pressure in the gas-liquid media may be funded through sequential digestion and accumulation of synthetic gas phase, which has in itself the signs of energy-saving technology.

A mathematical formalization of the relationships between the geometry of fermenters and during the process of fermentation in them.

Keywords: microorganisms, fermentation technology, the machine, the transients, the kinetic and potential energy, recovery, regeneration, energy-saving technologies.