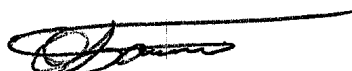


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

БОЙКО ОЛЕКСІЙ ОЛЕГОВИЧ



УДК 663.4:663.5

СТВОРЕННЯ ЗАМКНУТИХ КОНТУРІВ ВТОРИННИХ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

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

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ПІДДУБНИЙ Володимир Антонович,
Національний університет харчових технологій,
МОН України, професор кафедри технічної
механіки та пакувальної техніки,

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
СТАДНИК Ігор Ярославович,
Тернопільський національний технічний
університет ім. Івана Пулюя, МОН України
професор кафедри обладнання харчових технологій

кандидат технічних наук, доцент
ВАСИЛІВ Володимир Павлович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України, МОН України
доцент кафедри процесів і обладнання переробки
продукції АПК.

Захист відбудеться « 11 » червня 2015 р. о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

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

Автореферат розісланий « » 2015 р.

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



Л. О. Кривопляс-Володіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з складних проблем розвитку економіки України є забезпечення потреб в паливно-енергетичних ресурсах та зниження енергоспоживання на одиницю виробленої продукції. Більше 20 років в Україні формуються програми використання нетрадиційних енергетичних ресурсів, до яких відносять сонячну і вітроенергетику, органічні залишки переробки сільськогосподарських культур, пошук сланцевого газу. Енергозберігаючий напрямок розвитку харчових технологій передбачає зниження витрат енергетичних ресурсів електроенергії на всіх стадіях їх споживання, що забезпечує вдосконалення структури енергобалансу.

В загальному формулюванні такий висновок не потребує доказів, проте незавершеною стороною питання є конкретна реалізація. Саме це спонукало автора обрати напрямок, який стосується використання замкнутих контурів вторинних енергетичних ресурсів, в основу чого покладається штучне створення незрівноважених термодинамічних станів енергоносіїв з отриманням відповідних рушійних факторів. Світовий досвід свідчить, що економія 1 т умовного палива вимагає вдвічі менших витрат, ніж приріст видобування, еквівалентний цій кількості.

Науково-теоретична та практична значимість обраного напрямку засвідчує актуальність дисертаційної роботи та визначає її основні завдання, предмет і об'єкт дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з пріоритетним напрямком наукових робіт НУХТ на 2006-2010 роки «Розроблення наукових основ тепломасообмінних та інших процесів харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв з метою створення нових високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації та автоматизації переробних галузей АПК» (схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 7 від 25.03.2006 р.), планом науково-дослідної роботи кафедри технічної механіки та пакувальної техніки НУХТ за напрямом «Інтенсифікація технологічних процесів в харчовій і мікробіологічній промисловості», а також держбюджетними тематиками проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ «Розроблення новітніх способів інтенсифікації масообмінних процесів харчових технологій» (замовник – Міністерство освіти і науки України, державний реєстраційний номер 0107U010362) та «Розроблення наукового підґрунтя контурів замкненого енергокористування в харчовій промисловості» (замовник – міністерство освіти і науки України, державний реєстраційний номер 0109U008362).

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є розроблення і обґрунтування теоретико-методичних положень та прикладних рекомендацій для розвитку енерго- та ресурсозбереження в харчових технологіях.

Об'єктом дослідження є процеси ресурсозбереження на підприємствах харчової промисловості як складові підвищення їх ефективності.

Предметом дослідження є термодинамічні параметри матеріальних і енергетичних потоків при використанні вторинних ресурсів.

Методи досліджень. Теоретичним підґрунтям дисертаційної роботи визначені фундаментальні та прикладні положення курсів процесів та апаратів, теорії тепло- і масообміну, фізики, гідродинаміки газорідних середовищ, інноваційні теорії взаємодій матеріальних і енергетичних потоків. Використано загальнонаукові і спеціа-

льні методи досліджень взаємопов'язаних процесів, що сприяло розв'язанню поставлених проблемних завдань.

Основні результати експериментальних досліджень отримані з використанням методів фізичного моделювання на відповідних експериментальних установках з використанням загальних положень методів планування експериментів.

Відповідно до зазначеної мети в роботі сформульовані науково-практичні завдання:

✓ **розробити** методику оцінки рівня енергозбереження на підприємствах бродильної промисловості;

✓ **удосконалити**:

- прийоми і технології рекупераційного і регенераційного повернення теплових потенціалів матеріальних потоків на основі створення замкнутих енергетичних контурів при виробництві етилового спирту та пива;

- систему оцінки енергетичних потенціалів бродильних виробництв з сукупністю етапів біохімічного навантаження, завданням якого є трансформація матеріальних потоків з максимально можливим рівнем оцукрювання;

- фізичну базу процесів теплової обробки заторів у варильних відділеннях пивзаводів та теплотехнічного забезпечення сушіння пивної дробини;

- схеми споживання теплової енергії у процесі розварювання та оцукрювання замісів при виробництві етилового спирту;

- уявлення щодо впливів осмотичних тисків середовищ на динаміку біохімічних перетворень і особливості міжфазного енерго- та масообміну при збродженні вуглеводнів;

- оцінку ефективності аераційних систем і апаратів для замочування зерна та систем для пророщування зернових масивів;

- теорію фізичного підґрунтя нерівномірності температурних зон в масивах пророщеного зерна з розробкою відповідних енергетичних балансів;

- розрахункові моделі для визначення інтенсивності вилучення етилового спирту з газами бродіння у випадку адіабатного охолодження суслу, що зброджується та при продуванні диспергованої газової фази.

Наукова новизна одержаних результатів: полягає в системному обґрунтуванні теоретичних і прикладних засад розвитку енерго- і ресурсозбереження підприємств харчової промисловості, зокрема:

- **розроблено** методику оцінки рівня енергозбереження на підприємствах бродильної промисловості; теоретичні моделі інтенсивного масообміну в газорідних системах;

- **удосконалено**:

➤ теорію і методику рекупераційного і регенераційного повернення теплових потенціалів матеріальних потоків на основі створення замкнутих енергетичних контурів;

➤ методику оцінки ефективності аераційних систем і апаратів для замочування зерна та систем для пророщування зернових масивів;

➤ теорію фізичного підґрунтя нерівномірності температурних зон в масивах зерна, яке пророщується, з розробкою відповідних енергетичних балансів;

➤ теорію фізичної бази процесів теплової обробки заторів у варильних відді-

леннях пивзаводів та теплотехнічного забезпечення сушіння пивної дробини;

- схеми споживання теплової енергії в процесі розварювання та оцукрювання замісів при виробництві етилового спирту;
- оцінку впливів осмотичних тисків зброджуваних середовищ на динаміку біохімічних перетворень і особливості міжфазного енерго- та масообміну;

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх використання для підвищення ефективності споживання енергетичних, у тому числі і вторинних ресурсів, виявленні резервів економії енергоресурсів, планування, організації та стимулювання енергозбереження на підприємствах харчової промисловості.

Запропоновано:

- в системах аерації зернових масивів використовувати повітроводи стабілізованих тисків для рівномірного розподілу повітряних потоків в об'ємі зернових масивів;
- для обмеження висотної нерівномірності температур збільшувати рециркуляційні потоки зі стабілізованими термодинамічними параметрами;
- конструкцію пристрою для рекуперативного повернення теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками, яка дозволяє економити біля 18 % теплової енергії при пророщуванні солоду (патент України на корисну модель № 77813);
- схема здійснення сушіння пивної дробини у фільтраційному апараті по завершенню процесу фільтрування (патент України на корисну модель № 61422);
- інноваційні технологічні схеми оцукрювання замісу (патенти України на винаходи № 103969 та № 104081);
- схеми бродильного апарату з вакуумною стабілізацією концентрації спирту та бродильного апарату з можливістю вилучення етилу потоком вуглекислого газу (патент України на винахід № 104401).

Особистий внесок здобувача полягає у розробці плану проведення досліджень, їх виконанні, обробці та аналізі отриманих експериментальних даних.

Здобувач також створив спеціальні установки для проведення експериментальних досліджень режимів адіабатного кипіння розчинів етилового спирту та розробив методики аналізу отриманих результатів.

Розробку та модернізацію апаратурного забезпечення відповідних ділянок виробництв проведено спільно з науковим керівником д.т.н., проф. Піддубним В.А.

Впровадження результатів. Результати дисертаційної роботи впроваджено на Косарському спиртовому заводі. Економічний ефект від впровадження склав 150 тисяч гривень.

Апробація результатів досліджень. Матеріали дисертаційної роботи обговорювались і доповідались на: 80-ій науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, НУХТ, м. Київ, 10-11 квітня 2014 р.; VIII Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Техніка і технологія харчових виробництв» МДУХТ, м. Могильов, Білорусь, 26-27 квітня 2012 р.; II та III Міжнародних спеціалізованих науково-практичних конференціях «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності», м. Київ, 11 вересня 2013 та 09 вересня 2014 рр.; X Науково-практичній конференції молодих

вчених "Новітні технології пакування", Київ, 10 квітня 2014.; IV Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 11 вересня 2014 р.; Міжнародній науковій конференції, присвяченій 130-річчю Національного університету харчових технологій «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості», НУХТ, м. Київ, 13-17 жовтня 2014 р.; Міжнародній конференції по нових дослідженнях в харчуванні та туризмі «BOIATLAS 2012» ТУБ, м. Брашов, Румунія, 24-26 травня 2012 р.; Міжнародній науковій конференції «40 років кафедри «Машини і апарати харчової промисловості» УХТ м. Пловдив, Болгарія, 9-11 травня 2013 р. та на Міжнародній науковій конференції «Development of the Science, Technologies and Techniques for the Manufacture, Packaging, Storage and Distribution» УХТ м. Пловдив, Болгарія, 9-11 травня 2013 р.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових праць, з них 6 статей у фахових виданнях України, 3 статті у закордонних виданнях, 7 тез доповідей на науково-технічних конференціях; одержано 3 патенти України на винаходи та 6 патентів України на корисні моделі.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та 4 додатків. Основний зміст дисертації викладено на 148 сторінках машинописного тексту. Робота містить 20 рисунків і 4 таблиці.

Список використаних літературних джерел містить 169 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі висвітлено стан проблеми, обґрунтовано доцільність і актуальність дослідження, визначено мету та завдання роботи; сформульовано об'єкт, предмет та методи досліджень; зазначена наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, що виносяться на захист; вказано особистий внесок здобувача; подано перелік наукових конференцій, де доповідалися та обговорювалися результати роботи.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану спиртової та пивоварної галузей промисловості, на базі якого визначено доцільність створення локальних замкнутих систем енергозабезпечення на основі вторинних енергетичних ресурсів у формі енергетичних і матеріальних потоків.

На основі виконаного аналізу літературних джерел сформульовано мету та задачі подальших досліджень.

Для оцінки технологій та їх апаратного виконання з погляду використання енергії хімічних зв'язків сировинних першоджерел та ступеню рекуперації енергетичного потенціалу зовнішніх енергоджерел пропонується використовувати рівняння (1) та (2)

$$\eta_{\text{хім.зв}} = E_{\text{прод}} / E_{\text{сир}} ; \quad (1)$$

$$\eta_{\text{хім.зв+зовн}} = \frac{E_{\text{прод}}}{E_{\text{сир}} + E_{\text{зовн}}} , \quad (2)$$

де $E_{\text{прод}}$, $E_{\text{сир}}$ – відповідно енергетичний потенціал вихідного потоку кінцевого продукту та вхідного потоку технологічних першоджерел (сировини); $E_{\text{зовн}}$ – питомі

енергетичні витрати на здійснення заданих технологічних перетворень.

У другому розділі дисертаційної роботи наведено інформацію щодо експериментальних установок, описано методи проведення досліджень та обробки експериментальних даних.

В основу проведених теоретичних досліджень покладено принципи фізичного та математичного моделювання.

У третьому розділі проаналізовано виробництво етилового спирту з метою пошуку можливостей для створення локальних замкнених систем використання вторинних енергетичних ресурсів. Для цього проаналізовано кожен етап апаратного виконання процесу виробництва з метою створення таких систем та контурів.

Для досягнення поставленої мети на кожному етапі технологічного процесу виробництва визначено енергетичний потенціал сировини, витрати первинних енергоносіїв для реалізації її перетворень та величину вторинних енергетичних потоків, які створюються.

Споживанням теплової енергії характеризуються етапи розварювання свіжо-приготованого замісу та ректифікації спирту. Виділення теплоти в технологічному циклі відбувається на етапі розварювання та оцукрювання замісу, зброджування цукрів та на етапі ректифікації.

Проведений аналіз енергетичних потоків вказує на можливість створення локального замкнутого контуру енергокористування на етапі розварювання та оцукрювання спиртового замісу, який можливо проводити за одно- та двостадійною схемою.

Аналіз переваг та недоліків кожної з них вказує на економічну доцільність двостадійного розварювання, хоча і воно має суттєві недоліки з погляду втрат енергетичного потенціалу.

Так тепловий потенціал розвареного суслу при охолодженні перед оцукрюванням видаляється у навколишнє середовище, а для створення розрідження у вакуумоцукрювачі використовується барометричний конденсатор. Для створення розрідження нами пропонується замість барометричного конденсатора використовувати термокомпресор ежекційного типу (патент на винахід України № 104081) (рис. 1). Це дозволить зменшити споживання первинної пари та знизити споживання холодної води.

Одночасно можливим є створення локальної замкнутої системи енергокористування і при одностадійному розварюванні цукрового замісу (патент на винахід України № 103969) (рис. 2). Пропонується замість нагрівання нерозвареного замісу первинним паром використовувати енергетичний потенціал оцукреного замісу, а первинний пар використовувати тільки для його догрівання.

Наступним етапом технологічного процесу, на якому споживається значна кількість зовнішніх енергетичних ресурсів, є етап ректифікації, де вони витрачаються на випаровування етилового спирту з водно-спиртової суміші.

Зниження споживання енергетичних ресурсів можливе за рахунок підвищення концентрації спирту в збродженому суслі. Але фактором, який обмежує економію енергетичних ресурсів, є осмотичний тиск середовища.

Спроби виведення рас дріжджів цукроміцетів, які могли б зброджувати вуглеводні при збільшених значеннях осмотичного тиску, залишаються безрезультатними. Тому перспективним, на наш погляд, є варіант об'єднання процесів зброджуван-

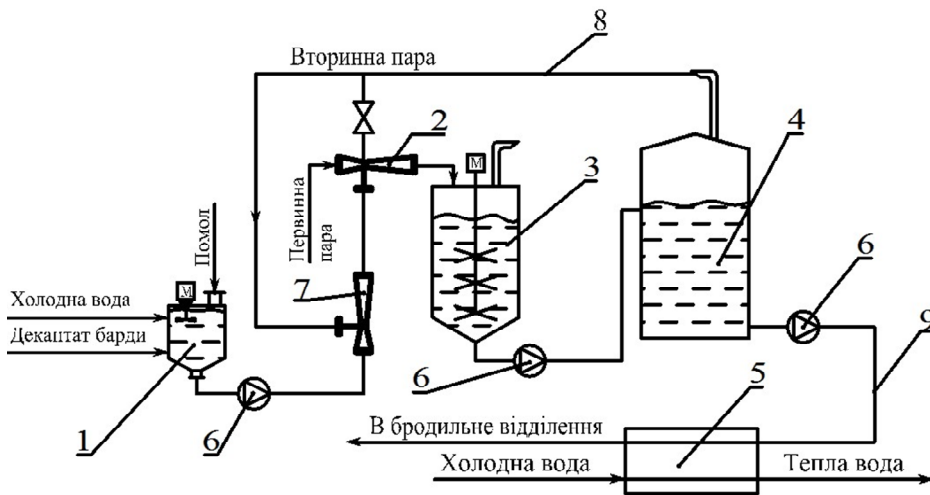


Рис. 1. Схема матеріальних потоків при оцукрюванні замісу за двостадійною схемою з рекуперацією теплової енергії: 1 – ємкість для приготування замісу; 2 – гостропарова контактна головка; 3 – апарат термоферментативної обробки замісу; 4 – вакуум-оцукрювач; 5 – теплообмінник охолодження оцукреного замісу; 6 – насоси; 7 – термокомпресор вторинної пари; 8 – трубопровід вторинної пари; 9 – трубопровід.

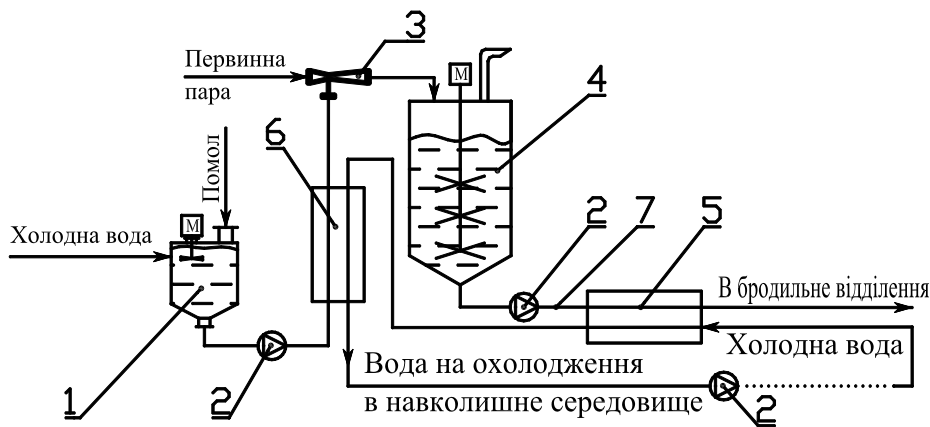


Рис. 2. Схема матеріальних потоків при оцукрюванні замісу за одностадійною схемою: 1 – ємкість для приготування замісу; 2 – насоси; 3 – гостропарова контактна головка; 4 – апарат для термоферментативної обробки замісу; 5 – теплообмінник охолодження оцукреного замісу; 6 – теплообмінник-рекуператор; 7 – трубопровід.

Водночас, варто зауважити, що створення бродильних апаратів, в яких можливе створення умов для вакуумного видалення етилового спирту, має певні складові:

- ✓ створення розрідження повинно відбуватися не в об'ємі самого

ня вуглеводнів та вилучення отриманого спирту за умови, коли синтез спирту не припиняється.

Обмежувачами факторами при цьому є концентрація етилового спирту в середовищі та температура самого середовища.

На основі цього було розглянуто наступні напрямки досліджень: 1) утворення умов для вилучення етилового спирту в бродильному апараті за рахунок адіабатного кипіння; 2) можливість видалення парів етилового спирту потоком вуглекислого газу.

Для забезпечення умов для видалення етилового спирту за рахунок адіабатного кипіння потрібно створити розрідження в об'ємі бродильного апарату на рівні 0,05...0,10 атм за

апарату, а в окремій камері;

- ✓ для забезпечення ізобаричних умов бродильного середовища його висота повинна бути суттєво обмежена;
- ✓ камера для вакуумної перегонки повинна мати примусову подачу потоку зброджуваного середовища;
- ✓ для підтримання теплового балансу вакуумну камеру доцільно розташовувати всередині апарату, рівно як і конденсатор;
- ✓ тепла енергія конденсації водно-парової суміші повинна повертатися в систему за рахунок рекуперації.

Для оцінки інтенсивності випаровування етилового спирту та води в дисперговану газову фазу створено аналітичну модель, яка дозволяє визначати площу поверхні та об'єм диспергової газової фази, що знаходиться в бродильному апараті, швидкість її спливання, загальний тепловий та матеріальний потік від рідкої фази до газової, масу випареної при адіабатному кипінні води і масу етилового спирту, який випаровується і виноситься потоком диспергової газової фази:

- загальний об'єм диспергової газової фази в об'ємі суслу:

$$V_{\text{озф}} = K_V N V_0 = \frac{4}{3} \pi K_V N R_{\text{cep}}^3; \quad (3)$$

$$V_{\text{озф}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{0,45 \pi b K_D R_{\text{cep}}^3}{\left(\frac{2\sigma_{p-z}}{k\Delta C}\right)^4} \sqrt{\frac{8\pi\sigma_{p-z}}{kT}} = \frac{3(8\pi^3)^{1/2} b K_D R_{\text{cep}}^3 k^{1/2} \Delta C^4}{80\sigma_{p-z}^{7/2} T^{1/2}}; \quad (4)$$

- загальна площа поверхні диспергової газової фази в об'ємі суслу:

$$S_{\text{озф}} = K_S S_0 N = 4\pi K_S R_{\text{cep}}^2 N; \quad (5)$$

$$S_{\text{озф}} = 0,45 \cdot 4\pi R_{\text{cep}}^2 \frac{b K_D}{R_{\text{min}}^4} \left(\frac{8\pi\sigma_{p-z}}{kT}\right)^{1/2} = \frac{9(8\pi^3)^{1/2} b K_D R_{\text{cep}}^2 k^{1/2} \Delta C^4}{20\sigma_{p-z}^{7/2} T^{1/2}}; \quad (6)$$

- швидкість спливання газової фази:

$$v_{\infty} = \frac{1}{18} \frac{D_n^2 g(\rho_p - \rho_z)}{\mu_p} = \frac{1}{18} \frac{\left(0,018\theta \left(\frac{\sigma_{p-z}}{\rho_p - \rho_z}\right)^{1/2}\right)^2 g(\rho_p - \rho_z)}{\mu_f}; \quad (7)$$

$$v_{\infty} = 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{\theta^2 \sigma_{p-z} g}{\mu_f}; \quad (8)$$

- маси випарених при адіабатному кипінні води та етилового спирту:

$$r \rho_{\text{газ}} N_{\text{газ}} \frac{dR}{d\tau} = r_{H_2O} m_{H_2O}^{\text{вип}} + r_{C_2H_5OH} m_{C_2H_5OH}^{\text{вип}}; \quad (9)$$

- маса випареного етилового спирту та води в об'ємі диспергової газової фази при дифузії:

$$m_{нар} = \frac{\partial K_{вип}^1}{\partial \tau} S_{огф}; \quad (10)$$

$$m_{нар} = \frac{\partial \left(\frac{p_{розч}^0 (p_{парц}^{нас} - p_{парц}^{ном}) M_{вип}}{p_{вип}^0 \sqrt{2\pi R T M_{розч}}} \right)}{\partial \tau} S_{огф}. \quad (11)$$

Для експериментальної перевірки висновків, зроблених в роботі, були використані дві експериментальні установки.

Перша установка призначена для визначення інтенсивності видалення парів етилового спирту за умови адіабатного кипіння водно-спиртової суміші, а друга – інтенсивності вилучення етилового спирту з водно-спиртової суміші потоком вуглекислого газу.

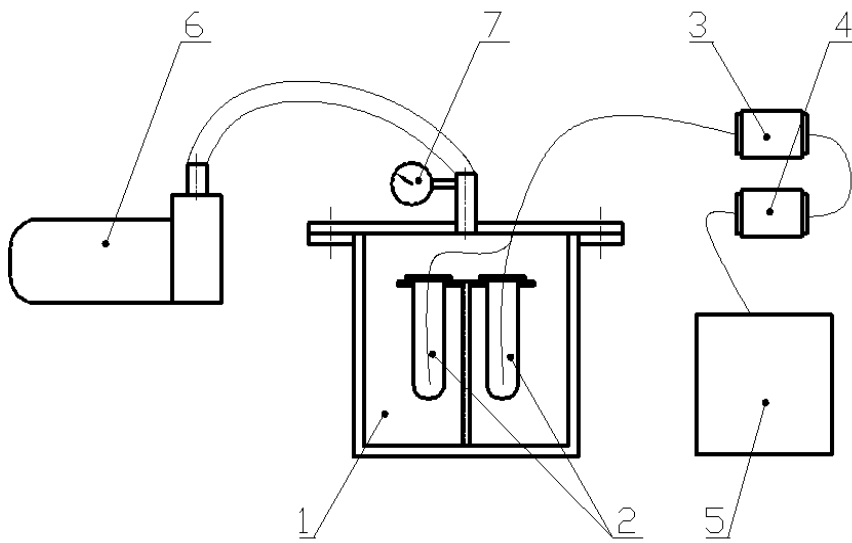


Рис. 3. Дослідна установка для визначення інтенсивності адіабатного охолодження суцла:

- 1 – вакуумна камера; 2 – ємкість з розчином; що досліджується;
- 3 – блок оцифровки сигналу термопар;
- 4 – блок перетворення оцифрованого сигналу;
- 5 – комп'ютер;
- 6 – роторний вакуумний насос;
- 7 – вакуумметр.

за показами манометра 7.

Зміна температури розчину визначається за допомогою термопар, дані з яких через аналогово-цифровий перетворювач передаються на комп'ютер і зберігаються для подальшої обробки.

При проведенні дослідів використовувалися як модельні середовища: дистильована вода та розчини спирту і цукру. Концентрації спирту і цукру виступали в ролі факторів впливу. Третім фактором була початкова температура середовища. Граничні значення факторів варіювання наведені у табл. 1.

Експеримент проводився як повнофакторний, тому в кожній серії здійснювалося 8 дослідів з обраними інтервалами варіювання факторами. В табл. 2 наведено результати експериментів.

**Параметри варіювання при адіабатному охолодженні
водно-спиртово-цукрових розчинів**

№ п/п	Температура розчину початкова T, °C	Концентрація спирту, C _{СП} , % об.	Концентрація цукру, C _{ЦУК} , % об.
1	30	2	4
2	40	12	7

Результати адіабатного охолодження водно-спиртово-цукрових розчинів

№ п/п	Температура розчину початкова T, °C	Концентрація спирту C _{СП} , % об.	Концентрація цукру C _{ЦУК} , % об.	Кількість спирту, який випарувався, % об.	Час адіабатного кипіння, с	Температура розчину кінцева, °C
1	40	2	4	1,2	3	31
2	30	12	4	2,1	3	28
3	30	2	7	0,9	2	29
4	40	2	7	1,4	2	30
5	40	12	7	11,5	5	28

Функції відгуку представлені трьома параметрами: об'ємна кількість випареного спирту, час перебігу адіабатного кипіння і кінцева температура розчину, які представлені в параметричному вигляді та у натуральних змінних.

Об'ємна концентрація випареного спирту

$$Y_1 = 3,85 + 2,3 X_1 + 2,775 X_2 + 0,2 X_3 + 2,075 X_1 X_2 + 0,1 X_1 X_3 + 0,125 X_2 X_3 + 0,075 X_1 X_2 X_3. \quad (12)$$

Рівняння регресії в натуральних змінних

$$Y_1 = 39,8 - 1,17 T - 20,5 C_{СП} + 0,4 C_{ЦУК} + 0,72 T C_{СП} - 0,0067 T C_{ЦУК} - 0,533 C_{СП} C_{ЦУК} + 0,02 T C_{СП} C_{ЦУК}. \quad (13)$$

Час адіабатного кипіння

$$Y_2 = 3,125 + 0,625 X_1 + 0,875 X_2 - 0,125 X_3 + 0,375 X_1 X_2 - 0,125 X_1 X_3 + 0,125 X_2 X_3 + 0,125 X_1 X_2 X_3. \quad (14)$$

Рівняння регресії для часу адіабатного кипіння в натуральних змінних

$$Y_2 = 4,3 + 0,24 T + 0,2 C_{СП} + 1,2 C_{ЦУК} - 0,003 T C_{СП} - 0,04 T C_{ЦУК} - 0,1 C_{СП} C_{ЦУК} + 0,0033 T C_{СП} C_{ЦУК}. \quad (15)$$

Кінцева температура розчину

$$Y_3 = 28,875 + 0,375 X_1 - 0,875 X_2 - 0,125 X_3 - 0,375 X_1 X_2 - 0,125 X_1 X_3 + 0,125 X_2 X_3 + 0,125 X_1 X_2 X_3. \quad (16)$$

Рівняння регресії для кінцевої температури розчину в натуральних змінних

$$Y_3 = 17,2 + 0,4 T + 0,9 C_{СП} + 1,2 C_{ЦУК} - 0,033 T C_{СП} - 0,04 T C_{ЦУК} - 0,1 C_{СП} C_{ЦУК} + 0,0033 T C_{СП} C_{ЦУК}. \quad (17)$$



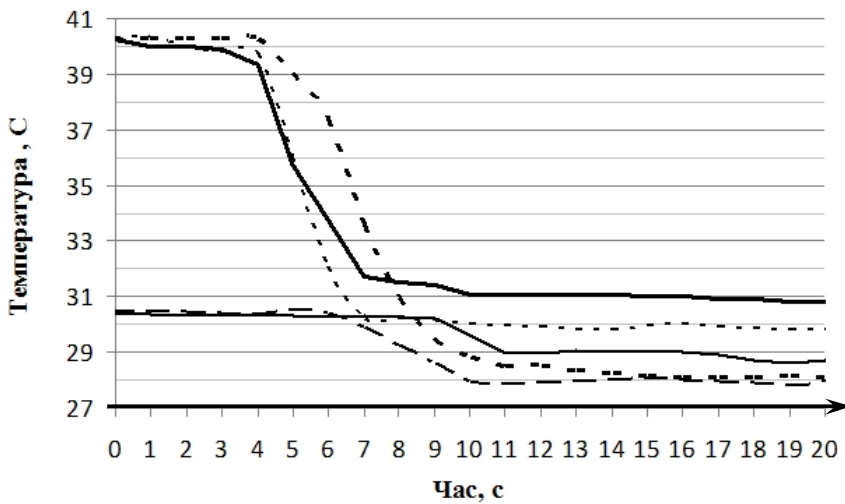


Рис. 4. Термохронограма процесу адиабатного охолодження:

— Дослід № 2, - - - Дослід № 3, — Дослід № 5,
 - - - Дослід № 6, - - - Дослід № 8.

4 °C/c, що відповідає потужності тепловідведення 12,6...16,8 кВт/кг. При цьому важливо, що вся енергія вказаного імпульсу спрямована на виконання заданого технологічного процесу генерування парової фази.

За результатами досліджень приходимо до висновку про можливість швидкісної перегонки за умови перебування середовища у вакуумній камері в межах від 2 до 12 % об'ємних за умов, наближених до промислових.

Можливості видалення парів етилового спирту потоком диспергованої газової фази досліджувалась за допомогою експериментальної установки, яка наведена на рис. 6.

Вона працює наступним чином. На початку дослідів у мірну ємкість 1 наливається певний об'єм водно-спиртового розчину та вмикається подача вуглекислого газу, інтенсивність якого регулюється дроселем 3 та виставляється з умови забезпечення очікуваного ступеня набухання розчину. Через певний проміжок часу подача CO₂ зупиняється та вимірюється залишкова об'ємна концентрація етилового спирту в розчині.

В якості факторів впливу було вибрано температуру розчину, час продування CO₂ та ступінь набухання розчину (табл. 3). В якості функції відгуку вибрано кінцеву концентрацію етилового спирту та похідну від неї зміну концентрації етилового спирту в розчині. Взаємозв'язок між термодинамічними параметрами представлений у якості функції відгуку у параметричних (18) та натуральних змінних (19):

$$Y_1 = 2,458 + 0,258 X_1 + 0,666 X_2 + 0,978 X_3 + 0,066 X_1 X_2 - 0,022 X_1 X_3 + 0,066 X_2 X_3 - 0,134 X_1 X_2 X_3; \quad (18)$$

$$Y_1 = 1 - 0,07T - 0,0936t - 0,072\psi + 0,0668Tt + 0,0076T\psi + 0,01872t\psi - 0,00054Tt\psi, \quad (19)$$

де T – температура розчину, °C; ψ – ступінь набухання розчину, %; t – час подачі вуглекислого газу, хв.

Взаємозв'язок між термодинамічними параметрами добре відслідковується на термохронограмі, зображеній на рис. 4. З графіку можна зробити висновок про важливість сполучення максимальних температур, концентрації спирту та початкової температури суцла.

Інтенсивність генерування парової фази відображається швидкістю охолодження середовища, графік якої представлено на рис. 5. З графіку видно, що екстремуми зміни температури досягають 3...

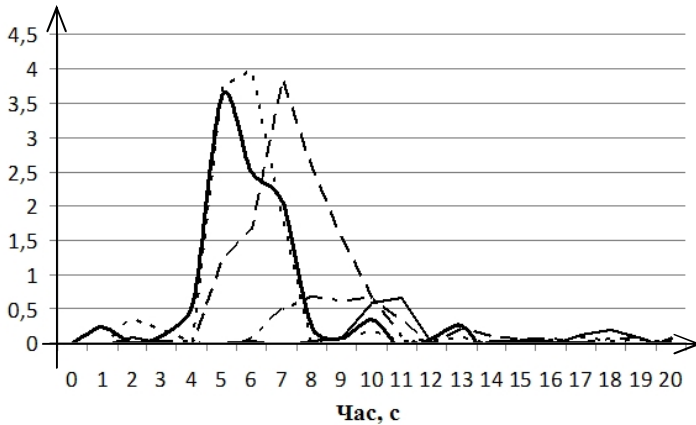


Рис. 5. Графік швидкості охолодження рідинного середовища при адіабатному охолодженні:

— Дослід № 2, - - - Дослід № 6,
 - - - Дослід № 3, - - - Дослід № 8.
 — Дослід № 5,

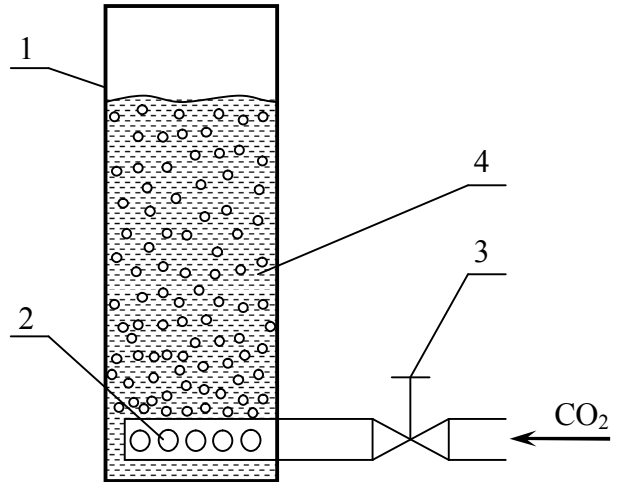


Рис. 6. Дослідна установка для визначення інтенсивності екстрагування водно-спиртової суміші потоком вуглекислого газу:

1 – мірна ємкість; 2 – барботер;
 3 – дросель; 4 – водно-спиртова суміш

Таблиця 3

Динаміка видалення етилового спирту з водно-спиртової суміші потоком CO₂

№ п/п	Температура розчину, °С	Час подачі CO ₂ , хв.	Ступінь набування, %	Концентрація спирту, приведена до 20 °С	
				початкова	зміна
1	20	10	5	6,1	0,1
2	20	20	5	6,1	0,2
3	20	10	15	6,1	0,3
4	20	20	15	6,1	0,5
5	40	10	5	6,1	0,12
6	40	20	5	6,1	0,32
7	40	10	15	6,1	0,376
8	40	20	15	6,1	0,542

Результати експериментальних досліджень вказують на можливість видалення етилового спирту з розчину потоком диспергованого вуглекислого газу. Тому можна рекомендувати модернізацію конструкції бродильного апарату для вилучення парів етилового спирту потоком диспергованого CO₂, захищену патентом України на винахід № 104401 та представлену на рис. 7.

Зміна структури енергетичного балансу апаратурного виконання виробництва етилового спирту з урахуванням запропонованих локальних замкнених систем дозволяє знизити споживання енергетичних та матеріальних ресурсів. Так на виробництво 100 кг етилового спирту споживання зовнішніх первинних енергетичних ресурсів можна знизити з 1060 МДж до 900 МДж. Це дозволить підвищити ефектив-

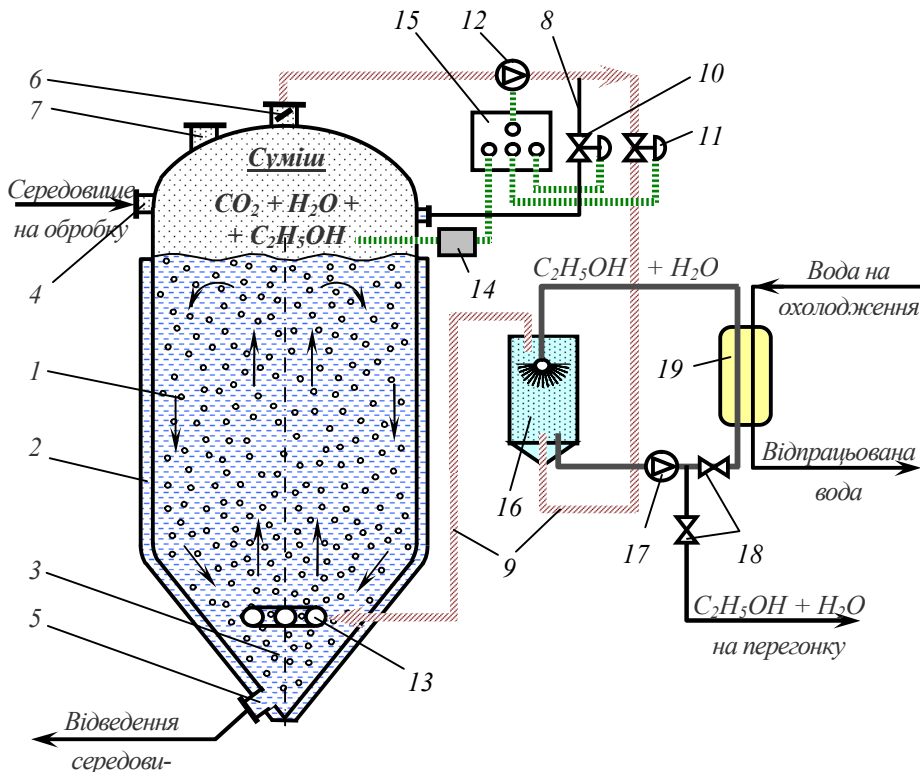


Рис. 7. Бродильний апарат 1 – циліндричний корпус; 2 – сорочка охолодження; 3 – конічне днище; 4 – патрубок підведення середовища; 5 – патрубок відведення середовища; 6 – запобіжний клапан; 7 – клапан санітарної обробки; 8 – циркуляційний контур по парогазовій фазі; 9 – циркуляційний контур по парогазовій та парогазорідинній фазах; 10, 11 – засувки; 12 – компресор; 13 – барботер газової фази; 14 – датчик рівня піни; 15 – контролер; 16 – скруббер-конденсатор; 17 – насос; 18 – запірна арматура; 19 – теплообмінник.

сушіння солоду та варки/охолодження сусла характеризуються значним виділенням теплоти, що вказує на можливість організації рекуперації теплової енергії та її повторного використання.

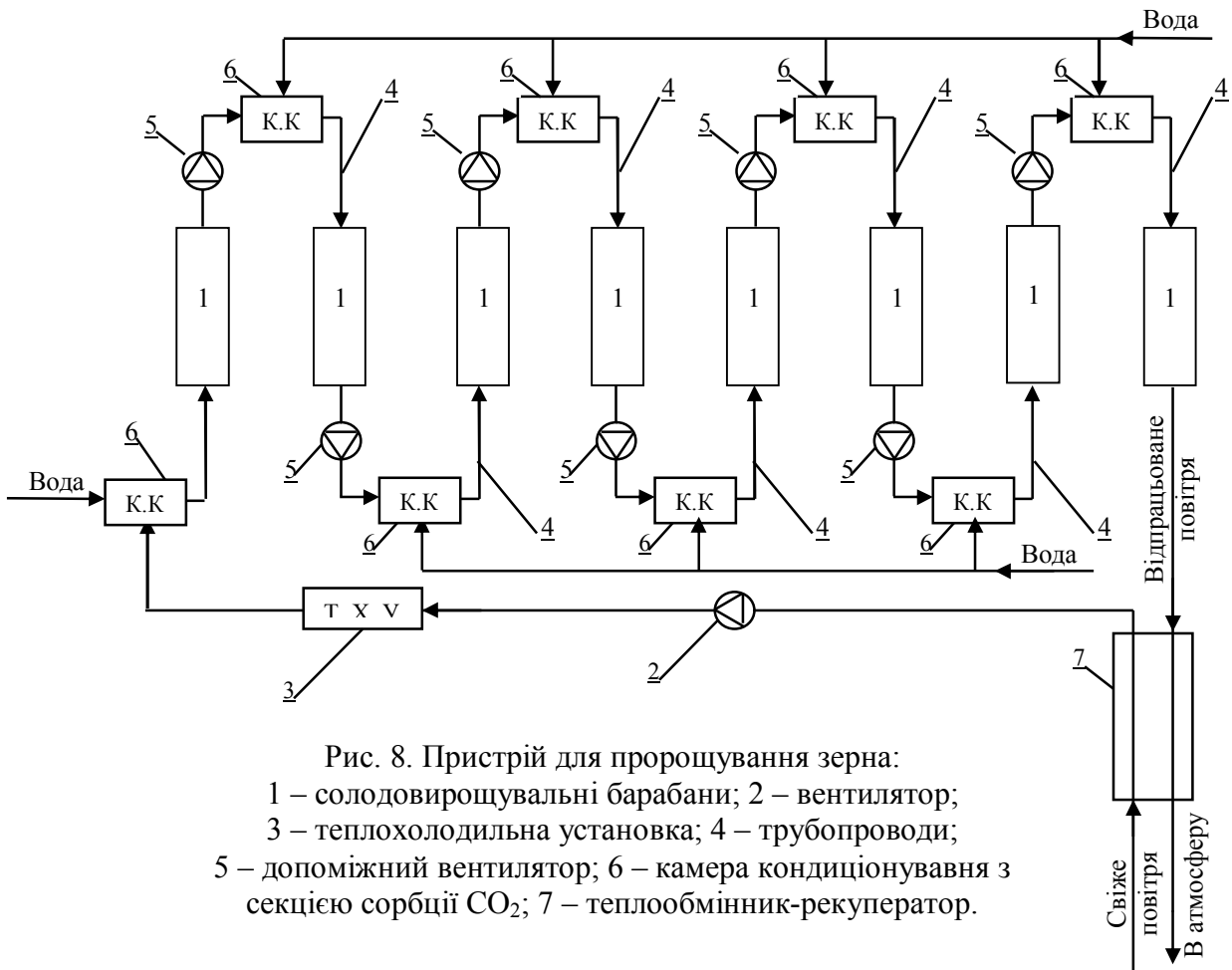
Доцільною пропозицією є система пророщування зерна з секцією сорбції CO_2 та теплообмінником-рекуператором, представлена на рис. 8 та захищена патентом України на корисну модель № 77813.

Свіже повітря після спеціальної підготовки подається в солодопророщувальний барабан. Звідти відпрацьоване повітря подається вентилятором послідовно в камеру кондиціонування та наступний барабан.

Конструкція камери кондиціонування наступна. У верхню частину камери 6 подається вода для зволоження повітря. Сама камера є ємкістю, яка розділена на дві частини. В одну з частин камери можлива подача свіжого повітря, а в іншу – рекупераційного. Частина вуглекислого газу поглинається водою та видаляється з нижньої частини ємкості.

ність використання енергії хімічних зв'язків технологічних першоджерел (рівняння 2) з 46 до 48 %.

У четвертому розділі дисертаційної роботи проаналізовано виробництво пива на етапі пророщування та сушіння солоду, приготування, фільтрування, варіння пивного сусла та його зброджування з метою створення замкнутих систем енергокористування. Варто відмітити, що етапи пророщування і сушіння зерна супроводжуються найбільшими втратами енергії хімічних зв'язків сировини та зовнішніх енергетичних ресурсів. Також значним споживанням теплової енергії супроводжується етап варки пивного сусла. Водночас етапи



При приготуванні пива рекуперативне повернення теплового потенціалу матеріального потоку ускладнюється періодичністю більшості технологічних операцій та їх різною тривалістю і несинхронністю. Так затирання сусла проходить 3...3,5 год., фільтрування – 1...1,5, варка – 1,5...2,5 год., а бродіння – 8...16 діб. Тому рекуперація теплового потенціалу матеріального потоку можлива за умови використання проміжного теплоносія та його акумулювання або використання стиснутої вторинної пари. Останнє оптимальне на етапі варки пивного сусла.

На етапі фільтрування та охолодження охмеленого сусла нами пропонується апаратне рішення, яке дозволить використовувати енергетичний потенціал сусла після варки на сушіння пивної дробини, і на яке отримано патент України на корисну модель № 61422 (рис. 9). Принцип роботи схеми наступний. Відфільтроване сусло подається в теплообмінник, де віддає свій тепловий потенціал проміжному теплоносію, який акумулюється в ємкості 3. Після закінчення фільтрування сусла пивна дробина залишається в фільтрувальному чані, де потім висушується. Нагрівання сушильного агента пропонується здійснювати в теплообміннику за рахунок теплового потенціалу проміжного теплоносія, з попередньою його термокомпресією.

Проведений енергетичний аналіз даного конструкторського рішення вказує на достатність теплового потенціалу проміжного теплоносія для висушування пивної дробини до вологості 10...14 %. Це підвищує привабливість сушки дробини з можливістю продажу її у якості висококалорійного корму тваринницьким комплексам.

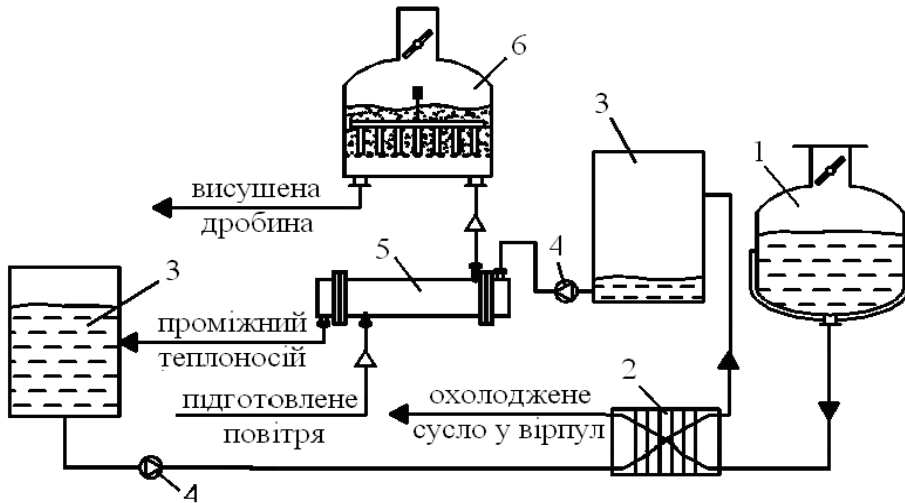


Рис. 9. Схема теплотехнічного забезпечення сушіння дробини: 1 – сушловарильний апарат; 2 – пластинчастий теплообмінний апарат; 3 – збірники проміжного теплоносія; 4 – насоси; 5 – калорифер; 6 – фільтраційний апарат.

Для оцінки втрат етилового спирту з газами бродіння на етапі зброджування і доброджування пивного суслу та факторів, які на це впливають, пропонується використовувати рівняння (20) та (21):

$$m_{\text{пар}} = \frac{\partial K_{\text{вин}}^1}{\partial \tau} S_{\text{пук}}^{\text{заг}} \quad (20)$$

$$m_{\text{пар}} = \frac{\partial \left(\frac{p_{\text{розч}}^0 (p_{\text{парц}}^{\text{нас}} - p_{\text{парц}}^{\text{ном}}) M_{\text{вин}}}{p_{\text{вин}}^0 \sqrt{2\pi R T M_{\text{розч}}}} \right)}{\partial \tau} S_{\text{пук}}^{\text{заг}} \quad (21)$$

З цих співвідношень можна зробити висновок про доцільність збільшення середнього розміру одиночного елементу диспергованої газової фази, що дозволить зменшити питому площу зовнішньої поверхні на одиницю об'єму диспергованої газової фази. Цього можна досягти збільшивши коефіцієнт поверхневого натягу на межі "рідина – газова фаза" за рахунок збільшення густини пивного суслу, що у свою чергу вказує на доцільність приготування більш міцних сортів пива.

Запропоновані схеми локальних замкнутих систем енергокористування дозволяють знизити споживання енергії. Наприклад, споживання зовнішніх енергоресурсів можна знизити з 1330 МДж до 900 МДж на виробництво 1740 гл пива, яке містить 100 кг етилового спирту. Це дозволить підвищити ефективність використання енергії хімічних зв'язків сировини (рівняння 2) з 51 до 58 %.

ВИСНОВКИ

Виконаний огляд та аналіз літературних джерел, вивчення досвіду промислового виробництва, аналітичні та експериментальні дослідження енерго- та масообміну в процесах спиртового бродіння дозволяють зробити наступні висновки.

1. Досягнута оцінка загального стану і недоліків у виробництві етилового спирту та пива в промислових умовах з вибором шляхів їх подолання на основі сучасних теоретичних можливостей аналізу і синтезу складових апаратурного забезпечення даних виробництв.

2. Виконано аналіз енергетичних потоків при виробництві етилового спирту та в пивоварінні, на основі якого запропоновано апаратурні схеми організації окре-

мих ділянок виробництва з метою зменшення споживання первинних енергетичних ресурсів.

3. Проведено аналіз тепло- та масообмінних процесів, що протікають при пророщуванні зерна та сушінні солоду. На основі даного аналізу запропоновано шляхи зменшення споживання первинних енергетичних ресурсів та свіжого повітря з навколишнього середовища.

4. Визначено витрати теплової енергії при сушінні солоду з використання систем, що забезпечують рекуперацію теплової енергії використаного сушильного агенту.

Так використання пристрою для рекуперативного повернення теплової енергії в системах теплообміну між двома газовими потоками дозволить економити біля 18 % теплової енергії.

5. Для варильного відділення пивзаводів акцентовано увагу на підвищенні рівня екстракції цільових речовин розвареного замісу при здійсненні фізичного впливу на тверду фазу у вакуумній камері. Запропоновано схему для проведення такої обробки.

6. Проведено аналіз енергетичних та масових потоків при фільтруванні заторів та сушінні дробини. На основі проведеного аналізу запропоновано схему сушіння дробини у фільтраційному апараті за рахунок теплової енергії пивного сусла.

7. Запропоновано технології споживання енергетичних ресурсів при виробництві етилового спирту і конструктивні рішення апаратурного забезпечення для використання теплової енергії.

8. Розроблено рекомендації щодо руху матеріальних потоків відділення розварювання та оцукрювання крохмалю рослинної сировини з метою зниження енергетичної «вартості» виробництва етилового спирту. За умови використання теплового насосу та при проведенні розварювання та оцукрювання зернового замісу в одну стадію можна зекономити 15 % первинної теплової енергії при проведенні оцукрювання замісу в АТФО та 15 % при оцукрюванні замісу вже в бродильному відділенні. При проведенні розварювання та оцукрювання зернового замісу у дві стадії з використанням теплового насосу та створенням вакууму в оцукрювачі можна зменшити споживання теплової енергії на 17,5 %.

9. Виконано аналіз особливостей тепло- та масообміну між дріжджовими клітинами та живильним середовищем при спиртовому бродінні. Досліджено зміну осмотичних тисків в середовищі в результаті життєдіяльності дріжджових клітин. На базі аналізу факторів, які стримують швидкість спиртового бродіння, запропоновано шляхи збільшення ефективності процесу бродіння.

10. Проведено експериментальну перевірку теоретичних досліджень щодо можливості фазового переходу «рідина – газ» при адіабатному кипінні водно-спиртової суміші. Отримані результати дозволили зробити висновок про прямопропорційну залежність кількості випареного спирту від початкової концентрації етилового спирту в розчині, початкової температури розчину та вмісту сухих речовин. В результаті графічного диференціювання отриманих залежностей визначено, що екстремуми швидкості зміни температури досягають 3...4 °C/с, що еквівалентно тепловідведенню 12,6...16,8 кВт/кг в розрахунку на 1 кг середовища. При цьому важливо, що зазначений енергетичний потенціал витрачається виключно на генерування па-

рової фази.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті:

1. Миколів І.М. Енергетичні трансформації матеріальних потоків у виробництві солодів / І. М. Миколів, А. І. Соколенко, В. А. Піддубний, В.В. Малиновський, О. А. Білик, О. О. Бойко // *Хранение и переработка зерна*. – 2009. – № 12 (126). – С. 45–47.

Особистий внесок здобувача: запропонував визначення параметрів енергетичних трансформацій матеріальних потоків.

2. Бевз В.В. Особливості технологічних процесів виробництва пива та етилового спирту / В.В. Бевз, О.О. Бойко // *Харчова промисловість*. – 2011. – № 10-11. – С. 226–229.

Особистий внесок здобувача: провів аналіз особливостей енергозабезпечення технологічних процесів при виробництві пива.

3. Соколенко А. І. Технологічні особливості пророщування зерна та кондиціонування аераційного повітря / А. І. Соколенко, І. Ф. Максименко, О.А. Білик // *Хранение и переработка зерна*. – 2011. – № 9 (147). – С. 59–61.

Особистий внесок здобувача: провів аналіз особливостей перебігу процесу пророщування зерна.

4. Sokolenko, A. Adiabatic cooling of solutions of food products: experimental research / A. Sokolenko, O. Boyko // *Journal of EcoAgriTourism. Bulletin of Agricolology, Agri-food, Bioengineering and Agritourism*. – Vol. 8 (2012), Nr. 2 (25), – P. 106–109.

Особистий внесок здобувача: виконав експерименти, опрацював результати дослідів, підготував матеріали до друку.

5. Чагайда А.О. Особливості кондиціонування повітря для пророщування солоду в зимовий час / А.О. Чагайда, О.О. Бойко // *Хранение и переработка зерна*. – 2012. – № 8 (158). – С. 69–71.

Особистий внесок здобувача: виконав аналіз особливостей аерації масивів пророщуваного солоду з оцінкою енергетичного балансу.

6. Maksimenko, I. Particularity of phase transitions in the vacuum technology / I. Maksimenko, O. Boiko // *JOURNAL OF FOOD AND PACKAGING SCIENCE TECHNIQUE AND TECHNOLOGIES*. – 2013, – Year II, – VOLUME 2, – P. 172–175.

Особистий внесок здобувача: підготував лабораторну базу, розробив методики досліджень і виконав експерименти.

7. Piddubnyi V. Adiabatic dynamina of cooling mashing through creation of vacuum in the fermentation apparatus / V. Piddubnyi, A. Chagayda, O. Boiko // *JOURNAL OF FOOD AND PACKAGING SCIENCE TECHNIQUE AND TECHNOLOGIES*. – 2014, – Year III, – VOLUME IV, – P. 10–14.

Особистий внесок здобувача: підготував лабораторну базу, розробив методики досліджень і провів експерименти.

8. Чагайда, А.О. Інтенсифікація зброджування цукровмістних середовищ / А.О. Чагайда, В.А. Піддубний, І.Ф. Максименко, О.О. Бойко // *Наукові праці НУХТ*. – 2013. – № 51. – С. 77–83.

Особистий внесок здобувача: запропонував моделі інтенсифікації.

9. Мироненко С.М. Особливості процесів пророщування ячменю / С.М. Мироненко, С.А.Бут, О.О Бойко // Харчова промисловість. – 2014. – № 15. – С. 110–115.

Особистий внесок здобувача: провів аналіз особливостей пророщування ячменю, виконав розрахунки.

Патенти:

10. Патент України на винахід № 103969 МПК С12Р 7/06, С12G 3/00 (2006.01) Система оцукрення замісу за одностадійною схемою / Чагайда А.О., Соколенко А.І., Бойко О.О.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № а201210541; заявл. 06.09.2012; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував устаткувати систему теплообмінником-рекуператором.

11. Патент України на винахід № 104081 МПК С12Р 7/06, С12G 3/00 (2006.01) Система низькотемпературного розварювання та оцукрювання замісу/ Чагайда А.О., Соколенко А.І., Бойко О.О., заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № а201210540; заявл. 06.09.2012; опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував доповнити систему термокомпресором вторинної пари, підготував матеріали до друку.

12. Патент України на винахід № 104401 МПК С12F 3/08, С12М 1/00 (2006.01) Бродильний апарат / Криворотько В.М., Соколенко А.І., Максименко І.Ф., Бойко О.О., заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № а201305632; заявл. 30.04.2013; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 2, 2014 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував циркуляційний контур устаткувати контуром по парогазовій та парогазорідинній фазах.

13. Патент України на корисну модель № 56284 МПК С12С 1/033 (2006.01) Пристрій для пророщування зерна / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Бойко О.О., Бут С.А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201007194; заявл. 10.06.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1, 2011 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував структуру системи аерації, підготував матеріали до друку.

14. Патент України на корисну модель № 61422 МПК С12С 13/00 (2006.01) Система підготовки пивного суслу і сушіння дробини / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., Максименко І.Ф., Шевченко А.О., Бойко О.О.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201013171; заявл. 05.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14, 2011 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував до використання тепловий потенціал, підготував матеріали до друку.

15. Патент України на корисну модель № 77813 МПК С12С 1/033 (2006.01) Пристрій для пророщування солоду / Чагайда А.О., Соколенко А.І., Бойко О.О., заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201210543; заявл. 06.09.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: розробив систему рекуперації теплової енергії.

16. Патент України на корисну модель № 77815 МПК С12G 3/00 (2006.01) Система низькотемпературного розварювання та оцукрювання замісу / Чагайда

да А.О., Соколенко А.І., Бойко О.О., заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201210545; заявл. 06.09.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував систему повернення вторинних енергетичних ресурсів.

17. Патент України на корисну модель № 80239 МПК С12G 3/00 (2006.01) Система оцукрення замісу за одностадійною схемою / Чагайда А.О., Соколенко А.І., Бойко О.О.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201210542; заявл. 06.09.2012; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 10, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував загальну компоновку системи.

18. Патент України на корисну модель № 84644 МПК С12F 3/08 (2006.1) Бродильний апарат / Криворотько В.М., Соколенко А.І., Максименко І.Ф., Бойко О.О., заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u201305647; заявл. 30.04.2013; опубл. 22.10.2013, Бюл. № 20, 2013 р.

Особистий внесок здобувача: запропонував циркуляційний контур устаткувати контуром по парогазовій та парогазорідинній фазах.

Тези конференцій:

19. Бойко А.О. Уменьшение энергопотребления на этапе разваривания и осахаривания зернового сырья / А.О. Бойко // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VIII Международной научной конференции студентов и аспирантов 26 – 27 апреля 2012 г. / МДУХТ, г. Могилев, Беларусь. – 2012. – Часть 2. – С. 72.

Особистий внесок здобувача: розробив матеріали одноосібно.

20. Бойко О.О. Зниження енергоспоживання при зброджуванні рослинної сировини в етиловий спирт / О.О. Бойко, А. О. Чагайда, І. А. Гонга // Матеріали II Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності» 11 вересня 2013 р. / К.: НУХТ. – 2013. – С. 26–28.

Особистий внесок здобувача: провів аналітичний огляд літературних джерел, розробив методику виконання досліджень і здійснив обробку експериментальних даних.

21. Бойко О.О. Використання вторинних енергетичних ресурсів в харчових технологіях / О.О. Бойко, С.А. Бут, В.А. Піддубний // IV міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Збірник праць. – Секція 3. – К.: НУБі-ПУ. – 2014. – С. 52–53.

Особистий внесок здобувача: розробив структуру лабораторної установки і виконав обробку результатів експериментальних досліджень; підготував матеріали до друку.

22. Бойко О.О. Динаміка та особливості виділення парогазової фази за вакуумного пакування / О.О. Бойко, А.І. Соколенко, С.А. Бут // Матеріали доповідей X Науково-практичної конференції молодих вчених "Новітні технології пакування", додаток до журналу "Упаковка". – Київ, 2014, – С. 36–39.

Особистий внесок здобувача: виконав експерименти, опрацював результати дослідів.

23. Бойко О.О. Динаміка масообміну в процесах бродіння при зниженому тиску / О.О. Бойко, В.А. Піддубний // 80 міжнародна наукова конференція молодих учених, спірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». Частина 2. 10–11 квітня 2014 р. – К.: НУХТ – 2014 р. – С. 170–172.

Особистий внесок здобувача: провів аналітичний огляд літературних джерел, підготував матеріали до друку.

24. Бойко О.О. Моделювання тепломасоперенесення під час сушіння зерна / О.О. Бойко, І.Ф. Максименко // Міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості» 13-17 жовтня 2014 р. – К.: НУХТ. – 2014 р. – С. 355.

Особистий внесок здобувача: розробив методику досліджень і виконав експериментальну частину.

25. Бойко О.О. Геометрія технологічних апаратів і температурна стабілізація середовищ / О.О. Бойко, О.В. Коваль, С.А.Бут // Матеріали III Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності» 9 вересня 2014 р. – К.: НУХТ. – 2014р. – С. 48–50.

Особистий внесок здобувача: провів аналітичний огляд літературних джерел, виконав теоретичне моделювання.

АНОТАЦІЯ

Бойко Олексій Олегович. Створення замкнених контурів вторинних енергетичних ресурсів у харчових технологіях: – 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 України, Київ, 2015.

Дисертаційна робота присвячена пошуку шляхів зменшення енерго- та ресурсоемкості при виробництві етилового спирту та пива за рахунок зменшення споживання теплової енергії та підвищення виходу готової продукції з одиниці сировини.

В роботі доведено доцільність використання адіабатного охолодження та утвореної при цьому вторинної пари для зменшення енергоспоживання пивоварень та спиртової галузі. Досліджено можливості проведення зброджування рослинної сировини з одночасним вилученням етилового спирту.

Продемонстровано можливість використання технології обробки зернової сировини зниженим тиском з метою збільшення екстрактивності зернового помелу при виробництві пива.

Експериментально підтверджено можливість видалення етилового спирту за рахунок адіабатного кипіння при температурах, які не деактивують дріжджові клітини.

Ключові слова: енергоспоживання, адіабатне кипіння, рекуперація теплової енергії, пиво, етиловий спирт, пророщування солоду, варка, розварювання, оцукрювання, спиртове бродіння.

ANNOTATION

Boiko Oleksii Olegovich. Creation of closed contours secondary energy resources in food technology: - This low of manuscript.

Dissertation for the 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 Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2015.

The dissertation is dedicated to finding ways to reduce energy and resource capacity in the production of ethanol and beer by reducing the consumption of thermal energy, and increase the yield of finished product per unit of raw material.

It is proved the feasibility of using adiabatic cooling and formed with secondary steam to reduce energy consumption breweries and alcohol industry. Researched possibilities of fermentation of plant material with simultaneous removal of ethanol.

The possibility of using technology processing grain si-Rovinj reduced pressure to increase the extract of corn flour in the production of beer.

Confirmed experimentally possible to remove the ethanol by adiabatic boiling at temperatures that don't deactivate yeast cells.

Keys word: energy, adiabatic boiling, heat recovery, beer, alcohol, malt germination, convert the starch in the malt into sugars, fermentation.

АННОТАЦИЯ

Бойко Алексей Олегович. Создание замкнутых контуров вторичных энергетических ресурсов в пищевых технологиях: – 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 Министерство образования и науки Украины, Киев, 2015.

Диссертационная работа посвящена поиску путей уменьшения энерго- и ресурсоемкости при производстве этилового спирта и пива за счет уменьшения потребления тепловой энергии и повышения уровня рекуперации вторичных энергетических потоков.

В работе доказана целесообразность использования адиабатного охлаждения и образованного при этом вторичного пара для уменьшения энергопотребления в пивоваренной и спиртовой промышленности.

Проведена комплексная оценка аппаратурного исполнения производства этилового спирта и пивоварения. Для этого на каждом этапе технологического процесса определен энергетический потенциал технологических первоисточников, которые подаются, потребность в первичных энергетических ресурсах для осуществления заданных трансформаций материального потока и количество вторичных энергетических ресурсов которые при этом выделяется.

Продемонстрирована возможность уменьшения энергопотребления при одно- и двухстадийном разваривании и осахаривании спиртового замеса за счет повторного использования энергетического потенциала осахаренного замеса.

Исследованы возможности проведения сбраживания растительного сырья з

одновременным извлечением этилового спирта. Предложены защищенные патентами конструкции бродильного аппарата, которые позволяют извлекать этиловый спирт без инактивации дрожжей сахаромикетов и приостановки процесса спиртового брожения. Извлечение спирта происходит за счет адиабатного кипения суслу, которое сбрасывается, или продувания диспергированной газовой фазы.

Представлены уравнения, которые описывают зависимость интенсивности извлечения этилового спирта из материального потока при адиабатном кипении и при продувании диспергированной газовой фазы (углекислый газ) от физико-химических параметров материального потока.

Проведены экспериментальные исследования, которые позволили проверить результаты теоретического моделирования. В первой серии опытов была доказана возможность извлечения этилового спирта из смеси воды, спирта и сахара за счет адиабатного кипения. При этом пиковые значения скорости охлаждения смеси достигали 3-4 °С, что характеризует данный процесс как высокоинтенсивный. В следующей серии экспериментов была экспериментально подтверждена возможность извлечения этилового спирта за счет продувания диспергированного углекислого газа.

Проанализировано распределение воздушных потоков при продувании через солод в процессе проращивания. Как результат анализа предложенного устройство распределения воздушных потоков переменного сечения, который позволяет стабилизировать давление воздуха на выходе с него по всей длине.

Предложена система проращивания солода, защищенная патентом Украины, с теплообменником–рекуператором и камерой кондиционирования воздуха. Наличие камеры кондиционирования, которая разделена на две части и в каждую из которых возможна независимая подача распыленной охлаждающей воды, позволяет повысить количество рекуперационной части воздуха, что подается на аэрацию.

Рассмотрены разные варианты рекуперации теплового потенциала сушильного агента при сушке солода в многоярусных сушилках. Проведена оценка их эффективности с энергетической точки зрения.

Представлено схему энергетического обеспечения процесса сушения пивной дробины, которая защищена патентом на изобретение, за счет энергетического потенциала, что выделяется при охлаждении сваренного охмеленного пивного суслу. Проведенный анализ энергетических параметров данного процесса показал теоретическую состоятельность данного предложения.

Продемонстрирована возможность использования технологий обработки измельченного зернового сырья сниженным давлением с целью увеличения экстрактивности зернового помола при производстве пива.

Представлены зависимости, которые позволяют оценить потерю этилового спирта с газами брожения при сбрасывании и добрасывании пива в зависимости от физико-химических параметров пивного суслу.

Ключевые слова: энергопотребление, адиабатное кипение, диспергированная газовая фаза, рекуперация тепловой энергии, пиво, этиловый спирт, проращивание солода, варка, разваривание, осахаривание, спиртовое брожение.

Підп. до друку 24.04.2015. Наклад 135 пр. Зам. №
НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.
