

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ЛЕНЗІОН СЕРГІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ**

УДК 663.283

**РОЗВИТОК МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ І ОБЛАДНАННЯ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ  
У ВИРОБНИЦТВІ ШАМПАНСЬКИХ ВИН**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Київ - 2011**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
**Соколенко Анатолій Іванович**, Національний університет харчових технологій, завідувач кафедри технічної механіки і пакувальної техніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,  
**Макаров Олександр Семенович**, Національний інститут винограду і вина „Магарач”, завідувач лабораторії ігристих вин

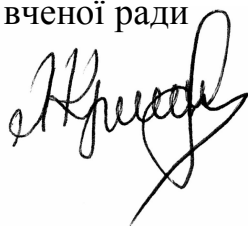
доктор технічних наук, професор,  
**Хоменко Микола Дмитрович**, Національний університет харчових технологій, професор кафедри цукру і цукристих речовин інституту післядипломної освіти

Захист відбудеться „\_\_\_” травня 2011 року о \_\_\_ 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 „\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2011 року.

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



Л. О. Кривопляс-Володіна

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Розроблення нової високоефективної апаратури для підвищення виходу виноградного суслу у виноробстві, інтенсивного змішування рідинних потоків, гомогенізації зброджуваних середовищ, обмеження матеріальних втрат та підвищення якісних показників продукції визначають важливі складові актуальних напрямків удосконалення виробничої і технологічної бази виноробства і інших галузей промисловості. Математичне моделювання у формі супроводження вказаних розробок створює потенціал для подальшого розвитку методів аналізу і синтезу на рівні узагальнення з одночасним розв'язанням конкретних прикладних задач. Наявність математичного опису аналізу і синтезу систем є підґрунтям для виконання більш високого рівня задач їх оптимізаційного синтезу.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася відповідно пріоритетному напрямку 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 25.03.2006р.), плану науково-дослідної роботи кафедри технічної механіки та пакувальної техніки НУХТ за напрямом „Інтенсифікація технологічних процесів в харчовій і мікробіологічній промисловості”, а також держбюджетній тематиці проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ „Розроблення новітніх способів інтенсифікації масообмінних процесів харчових технологій” (Міністерство освіти і науки України, державний реєстраційний номер 0107U010362).

Автор особисто приймав участь у проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, розробленні методик досліджень, обробці, аналізі й узагальненні отриманих результатів.

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи є розроблення математичних моделей і створення нової високоефективної масообмінної апаратури для виноробної галузі АПК України та пропозицій щодо обмеження питомих матеріальних та енергетичних витрат.

На основі проведеного огляду та аналізу особливостей технологічних процесів сформульовано наступні задачі досліджень:

- поглибити теоретичну базу у визначенні гідродинамічних параметрів динамічних газорідинних середовищ;
- розробити теорію створення пристроїв ефективного змішування потоків в системах асамблювання, купажування виноматеріалів та підготовки тиражних сумішей;
- поглибити теорію співвідношень параметрів вторинного бродіння виноматеріалів у зв'язку з геометрією бродильних апаратів;
- розробити методику визначення енергетичних потенціалів газонасичених середовищ вторинного бродіння і пропозиції по їх використанню;
- виконати дослідження впливів режимів регідратації сухих дріжджів на динаміку їх накопичення і бродіння;

– розробити програму перспективних досліджень у напрямку удосконалення процесів і технології виробництва шампанських вин.

*Об'єктом досліджень* є гідродинамічні та масообмінні процеси, які стосуються змішування потоків та технологій бродіння.

*Предметом дослідження* є режими, характеристики та обладнання змішувачів потоків та режими гідродинаміки в акратофорах для зброджування тиражних сумішей.

*Методи досліджень.* Використано методи математичного моделювання гідродинамічних та технологічних процесів харчових виробництв і математико-статистичного аналізу результатів експериментів; використано чисельні методи розрахунку напружено-деформованого стану пружно-пластичних тіл та чисельні методи розрахунку гідродинамічних параметрів рідинних 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 апаратного оформлення технологій виноробства отримано наступне:

– встановлено, що раціональним шляхом в одержанні диспергованої газової фази в рідинній є збільшення кінетичної енергії вхідного газового потоку в зоні барботажу;

– розроблено теоретичну базу аналізу і синтезу змішувача рідинних потоків в системах асамблювання і купажування виноматеріалів та підготовки тиражних сумішей;

– розроблено алгоритм аналізу гідродинаміки середовищ в пристроях для їх змішування на основі змінної геометрії поперечних перерізів потоків;

– встановлено співвідношення параметрів вторинного бродіння з геометрією акратофорів;

– досягнута оцінка енергетичних потенціалів розчиненого діоксиду вуглецю в зброджуваних середовищах;

– на основі експериментальних досліджень визначено впливи режимних факторів на регідrataцію дріжджових культур з оцінкою рівнів летальних ефектів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблені математичні моделі увійшли до відповідних розділів дисципліни „Фізико-хімічні методи обробки сировини і продуктів харчування”.

Визначено геометрію і здійснено виготовлення змішувача потоків в системі приготування тиражних сумішей для „Київського заводу шампанських вин „Столичний”.

Розроблено пропозиції по використанню змішувача потоків в системах передпресової підготовки ягідно-сокових сумішей. Розроблено пропозиції по використанню енергетичних потенціалів газонасичених середовищ, запропоновано конструкції апаратів з інтенсифікацією масообмінних процесів за рахунок енергетичних потенціалів циркуляційних контурів, пристрою безперервної винокам'яної стабілізації високоякісних вин, системи фільтрування шампанського і живлення фасувального автомата.

**Особистий внесок здобувача.** Автор розробив програму і методику досліджень, розробив комплексний підхід чисельного моделювання задачі гомогенізації рідинних середовищ при транспортуванні останніх у потоці, в рамках зазначеного підходу запропонував форму пуансона для деформування елемента масообмінної ділянки змішувача потоків.

Автор був основним виконавцем під час проведення і математичного опрацювання результатів експериментів, розроблення і патентування двох масообмінних апаратів, двох бродильних апаратів, пристрою для безперервної винокам'яної стабілізації високоякісних вин та системи фільтрування шампанського і живлення фасувального автомата.

Аналіз та узагальнення результатів досліджень виконано спільно з науковим керівником д.т.н., проф. Соколенком А.І.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідались і обговорювались на 8-й міжнародній конференції по інженерній оцінці цілісності конструкцій (ESIA8), Манчестер, Великобританія, 24 - 25 жовтня 2006р., 7-му міжнародному симпозиуму Хорватського металургійного товариства, Сібернік, Хорватія, 18 - 22 липня 2006р., Міжнародній науково-практичній конференції „Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодні та перспективи”, Київ, НУХТ, 27-28 вересня 2010р., 77-й науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті”, Київ, НУХТ, 11-12 квітня 2011р. та семінарах кафедри технічної механіки та пакувальної техніки.

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 7 наукових статей, з яких 6 – у фахових наукових виданнях, 6 тез доповідей конференцій, отримано 5 патентів на корисну модель і 1 деклараційний патент.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Основний зміст дисертаційної роботи виконано на 139 сторінках. Робота містить 39 рисунків і 17 таблиць. До роботи додається 3 додатки на 14 сторінках. Список використаних джерел містить 139 найменувань.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі висвітлено стан проблеми, обґрунтовано доцільність і актуальність дослідження, встановлено зв'язок із науковими програмами, визначено мету роботи та завдання; визначено об'єкт, предмет та методи досліджень; сформульовано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, що виносяться на захист; визначено особистий внесок здобувача; подано перелік наукових конференцій, де були оприлюднені результати наукових досліджень.

У першому розділі подано огляд літературних джерел, у яких розглянуто сучасні досягнення стосовно гомогенізації і стабілізації середовищ, особливості процесів бродіння у виноробній галузі, закономірностей вторинного бродіння у виробництві шампанських вин з врахуванням впливів осмотичних тисків на дріжджові культури та динаміку зміни тисків.

Проведено огляд технологій освітлення виноматеріалів, методів термоди-

намічної обробки виноматеріалів для видалення осаджуванням надлишків розчинених у них бітартрату калію і вино-кислого кальцію.

Розглянуто проблеми процесного забезпечення виноробства та перспективи їх вирішення. Сформульовано висновки щодо необхідності подальшого удосконалення системи для змішування потоків і гомогенізації середовищ, фізичної обробки вхідного потоку винограду для підвищення виходу сусла, систем освітлення сусла і вина, апаратурного оформлення процесів бродіння, регідратації дріжджів тощо.

У другому розділі обґрунтовано вибір методик проведення теоретичних і експериментальних досліджень, в основу яких покладено закони нерозривності потоку, рівняння Бернуллі і Нав'є-Стокса, закони Генрі, Архімеда, термодинамічної рівноваги, газові закони, закономірності масообміну.

У розділі 3 для досліджень гомогенізації рідинних середовищ при транспортуванні останніх у потоці розроблено комплексний підхід (алгоритм) чисельного моделювання даної задачі. Цей підхід стосується послідовності розрахунків, який дозволяє замінити процес експериментального пошуку параметрів елемента змішувача з досягненням максимального ефекту перемішування. Розроблений підхід складався з:

а) моделювання деформування заготовки-труби пуансоном спеціальної форми за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ) з урахуванням фактичних фізичних властивостей матеріалу труби та з отриманням у результаті моделювання форми поверхні, що окреслює потік рідини;

б) моделювання потоку рідини методами обчислювальної гідродинаміки (ОГД) з отриманням гідродинамічних параметрів потоку, які є факторами, що визначають ступінь перемішування та гомогенізації;

в) аналізу отриманих гідродинамічних характеристик, з необхідним корегуванням параметрів елемента змішувача.

Перший етап стосувався вирішення задачі синтезу форми змішувача потоків і здійснювався на основі методу скінченних елементів.

У зв'язку з цим оцінено перспективи використання концепції МСЕ, послідовність дій при побудові дискретної моделі безперервної величини, наведено алгоритм скінченно-елементного уявлення тіла в рамках МСЕ, розглянуто матричне представлення фізичних величин в рамках теорії пружності та пластичності та розроблено методику чисельного розрахунку деформування елемента труби з використанням контактного алгоритму на основі методу множників Лагранжа.

Другим етапом розв'язання задачі активізації масообмінних процесів в потокових системах був розрахунок гідродинамічних параметрів потоку рідини, який здійснювався на основі ОГД, з використанням методу скінченних об'ємів, який використовується у ОГД для заміни визначальних диференціальних рівнянь на дискретизовані алгебраїчні форми.

Для отримання результату при чисельному моделюванні ламінарного потоку методами ОГД використано розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса, а для отримання результату за турбулентного режиму потоку застосовано RANS-модель, яка базується на усереднених за Рейнольдсом рівняннях Нав'є-Стокса.

Проведено огляд моделей турбулентності різноманітної складності, які дозволяють оцінити (змоделювати) величину турбулентних (Рейнольдсових) напружень, що використовуються у RANS-моделі за різних умов.

Методика досліджень розділу 4 стосується динаміки вторинного бродіння тиражних сумішей і має своїм підґрунтям закономірності теорії масообміну і термодинаміки. Розроблено алгоритм визначення і використання енергетичного потенціалу, створено розчинним діоксидом вуглецю у зброджуваних середовищах на користь їх гомогенізації та процесів регідратації сухих дріжджів. Розглянуто причини виникнення неоднорідності середовищ за умов вторинного зброджування виноматеріалів у акратофорах, які відображуються у нерівності питомих мас середовища і мікроорганізмів, у зв'язку з чим програмується розшарування останньої по висоті. Наслідком цих явищ є сповільнення швидкості зброджування.

З врахуванням повисотних значень сталої насичення діоксидом вуглецю  $c_n$  описано можливість визначення часу досягнення початку десорбції  $\text{CO}_2$  з рідинної фази.

Очевидно, що в загальній оцінці процесів слід говорити про їх двостадійність. Першою стадією є безпосередній синтез  $\text{CO}_2$  дріжджовими клітинами і перехід молекул діоксиду вуглецю через клітинні оболонки в рідинну фазу. Однак у зв'язку з розмірами клітин поверхня їх контактування з середовищем переважає поверхню міжфазної поверхні, як мінімум, на 3 порядки. У зв'язку з цим початок десорбції газової фази на різних рівнях висоти буде залежати від величини гідростатичних тисків. На основі наведених міркувань сформульовано висновок про існування градієнта плинних концентрацій діоксиду вуглецю, на основі якого можливо здійснити вертикальне перемішування середовищ.

Важливою складовою вторинного бродіння виноматеріалів є його мікробіологічне забезпечення. В дослідженнях використовувались осмофільні дріжджові культури з визначенням результатів режимів регідратації сухих дріжджів для приведення останніх до життєдіяльного стану. До числа факторів впливу віднесено концентрацію мікроорганізмів у середовищі, його температуру, концентрацію цукру і живильних речовин і витрати повітря на аерацію. Функцією відгуку системи визначено співвідношення живих і мертвих клітин по завершенню процесів регідратації.

У **третьому** розділі наведено результати аналізу гідродинамічних параметрів барботажних систем, проведено розрахунки стосовно синтезу змішувача потоків та проведено моделювання потоку нестискуваної рідини за допомогою методів ОГД.

Стосовно барботажних систем показано, що вирішення задач інтенсивного масообміну у газорідинних системах повинно пов'язуватися з досягненням можливо більших рівнів дисперсності фаз і з можливостями збільшення швидкості в їх відносному переміщенні.

Енергія  $E$  синтезу міжфазної поверхні  $F$  відображується залежністю

$$dE = \sigma dF, \quad (1)$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу, а потужність енергетичного потоку:

$$\frac{dE}{d\tau} = \sigma \frac{dF}{d\tau}, \quad (2)$$

де  $\tau$  – елементарний час.

Це означає, що потужність трансформації енергетичного потоку прямо пропорційна швидкості утворення поверхні поділу фаз.

З врахуванням умов потужності кінетичної енергії  $N$  вхідного газового потоку  $m_{г.ф.}$  необхідним є існування співвідношень:

$$N \geq \frac{dE}{d\tau} \quad \text{або} \quad \frac{m_{г.ф.} V_{г.ф.}^2}{2} \geq \sigma \frac{dF}{d\tau}, \quad (3)$$

де  $m_{г.ф.}$  – масовий потік газової фази;  $V_{г.ф.}$  – швидкість газового потоку.

Знак "більше або дорівнює" вказує на те, що в теоретичному викладі потрібно встановити, яка частина кінетичної енергії потоку відноситься до процесу утворення міжфазної поверхні. Найвищому результату має відповідати знак "дорівнює" і тоді

$$\frac{dF}{d\tau} = \frac{m_{г.ф.} V_{г.ф.}^2}{2\sigma}. \quad (4)$$

За умови, що  $m_{г.ф.} = \text{const}$  і  $\sigma = \text{const}$  отримано висновок про те, що зростання швидкості взаємодії фаз своїм відгуком буде мати зростання рівня дисперсності газової фази в рідинній. Це означає можливість простого в реалізації способу впливу на кінцевий результат, оскільки нарощування швидкості газового потоку досягається відповідним вибором геометричних параметрів газодів і тиску в системі.

За щосекундного об'єму газової фази, що подається в рідинну

$$v = \frac{m_{г.ф.} RT}{p}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5)$$

де  $p$  – тиск в системі;  $v$  – об'ємний потік газової фази;  $R$  – універсальна газова стала;  $T$  – температура газової фази, одержуємо узагальнений розмір  $\delta$  диспергованої газової фази

$$\delta = \frac{2k\sigma RT}{V_{г.ф.}^2 p}, \quad (6)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності.

Остання одержана залежність відображує вплив фізичних і термодинамічних параметрів на показник, який характеризує рівень дисперсності газової фази в рідинній. Зменшення лінійного розміру бульбашок за інших рівних умов означає збільшення загальної міжфазної поверхні, що утворюється за одиницю часу.

Визначення загальної міжфазної поверхні  $F$  пов'язане з часом переміщення бульбашок в рідинному середовищі. Якщо лінійний розмір середовища в напрямку переміщення газової фази складає величину  $h$ , а абсолютна швидкість її переміщення становить  $w$ , то кінцевий час переміщення



$$\tau_{(k)} = \frac{h}{w}, \quad (7)$$

а величина F

$$F = \int_{\tau=0}^{\tau=\tau_{(k)}} \frac{m_{г.ф.} V_{г.ф.}^2}{2\sigma} d\tau = \frac{m_{г.ф.} V_{г.ф.}^2}{2\sigma} \cdot \frac{h}{w}. \quad (8)$$

Величина абсолютної швидкості газової фази в умовах масового барботажу складається із відносної швидкості  $w_B$  і швидкості руху рідинної фази в циркуляційних контурах  $w_p$ :

$$\bar{w} = \bar{w}_B + \bar{w}_p. \quad (9)$$

З точки зору інтересів активного масообміну значення має величина відносної швидкості  $w_B$ , оскільки саме вона визначає швидкість оновлення рідинних плівок на поверхні поділу фаз. Проте з іншого боку, оцінюючи вплив  $w_B$  на загальний результат, необхідно відмітити, що зростання  $w_B$  приводить до зменшення утримувальної здатності по газовій фазі, а рівно і величини міжфазної поверхні. З врахуванням рівності Архимедової сили і протидії переміщенню бульбашки середовищем визначаємо

$$w_B = \sqrt{\frac{2V_{\delta}g}{\xi f_{\Pi}}}, \quad (10)$$

де  $f_{\Pi}$  – площа поперечного перерізу бульбашки;  $\xi$  – коефіцієнт опору середовища.

Коефіцієнт опору середовища не є сталою величиною, оскільки він у свою чергу є функцією відносної швидкості, геометричних розмірів бульбашок, питомої маси і в'язкості середовища. Це означає можливість впливати на показник відносної швидкості за рахунок геометричних параметрів диспергованої газової фази.

Підстановка (6) приводить до виду

$$w_B = \sqrt{\frac{8 k\sigma \cdot RTg}{3 \xi V_{г.ф.}^2 p}}. \quad (11)$$

Задача створення змішувача рідинних потоків була виконана на замовлення промисловості.

Рідинні середовища з високими рівнями гомогенізації або рідинні середовища з додаванням твердої фази доцільно одержувати в поєднанні їх перетворень, наприклад, з операціями транспортування. Досягнення такого результату можливе за використання масообмінних ділянок трубопроводів зі змінними розмірами поперечних перерізів. Одним з варіантів таких рішень запропоновано використання змішувача з послідовним чергуванням кругових та еліптичних перерізів.

Показано, що влаштування змішувача на такій основі означає зміну співвідношень довжин півосей еліпсів  $b/a$ , що визначає змінні значення площ поперечних перерізів. Звідси витікає, по-перше, що в умовах дії закону нерозривності потоку останній матиме змінні характеристики тисків і швидкостей. По-друге, звуження і розширення потоку означає наявність в ньому поперечних потоків або поперечного перемішування. Положення перерізів з максимальни-

ми і мінімальними площами відображено на схемі (рис. 1).

Наявність максимумів і мінімумів значень півосей  $a$ ,  $b$  та  $r$  вказує на те, що перерізи з найменшими площами, які у своєму положенні відповідають вказаним екстремумам, взаємно повернуті на кут  $90^\circ$ .

Останнє також є стимулятором поперечного перемішування потоку.

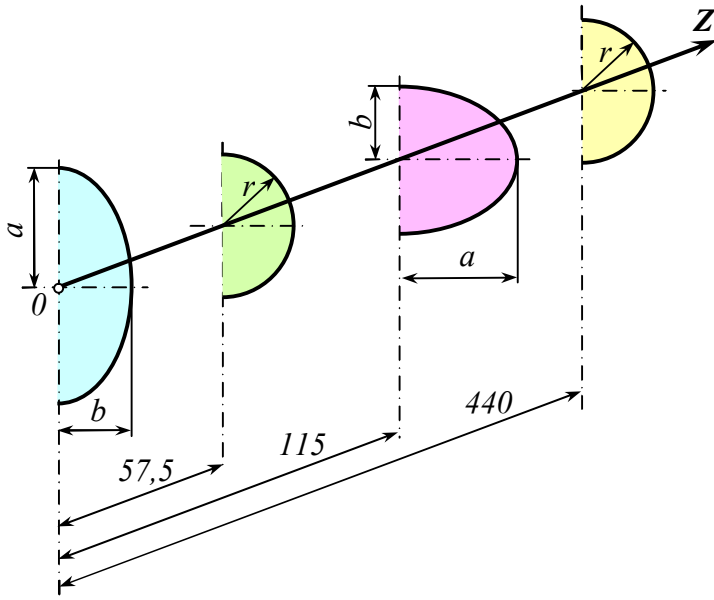


Рис. 1. Схема розташування перерізів з мінімальними і максимальними площами.

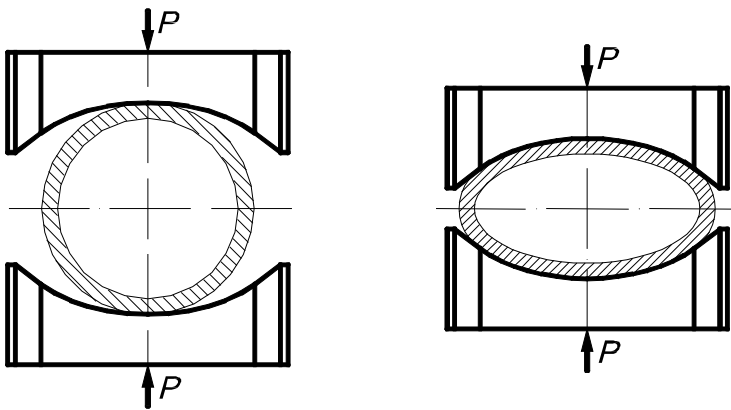


Рис. 2. Схема навантаження і деформації масообмінної ділянки змішувача під дією пуансона.

Відношення півосей еліптичних перерізів  $k = b/a$  своїми екстремумами мають значення 0,5 та 2.

Моделювання потоку нестискуваної рідини проведено за допомогою методу ОГД, що базується на методі скінченних об'ємів, у тривимірній постановці, в режимі стаціонарного потоку, з використанням рівнянь RANS,  $k-\varepsilon$  моделі турбулентності та вбудованої в останню пристіночної суб-моделі.

Для перевірки достовірності даних, що отримуються в результаті розрахунку методом ОГД здійснено тестові розрахунки гідродинаміки нестикуваної рідини при потоці в круглій трубі постійного перерізу та перерізів, що раптово змінюються.

Визначення геометричних параметрів змішувача ґрунтувалося на чисельному розв'язку пружно-пластичного деформування труби-заготовки за допомогою МСЕ.

Для отримання перерізів еліптичної форми при деформуванні труби, було розроблено та використано пуансон спеціальної форми. Конфігурація пуансона та схема навантаження труби пуансоном відображена на рис. 2.

Чисельне моделювання елемента змішувача за допомогою МСЕ відбувалось за умов максимального наближення до фізичного процесу деформування в режимі жорсткого навантаження. При цьому використовувався один із контактних алгоритмів (а саме – алгоритм на основі методу множників Лагранжа).

У отриманій формі елемента змішувача спів-

Проведено гідродинамічний розрахунок змішувача рідинних потоків. За рідинну фазу, що протікає по змішувачу, обрано вино. Початковий діаметр труби – 0,049 м; об’ємні витрати рідини –  $10 \text{ м}^3/\text{год} = 0,002(7) \text{ м}^3/\text{с}$ , що відповідає середній осьовій швидкості потоку 1,473 м/с.

Наведено графіки отриманих у результаті розрахунку усереднених по перерізу абсолютних значень компонент вектора швидкості (рис. 3), які обумовлюють поперечне перемішування рідини.

Досягнуто кількісної оцінки пульсацій тиску по довжині змішувача (рис. 4), амплітуда яких становить близько 750 Па з частотою пульсацій 13,68 Гц.

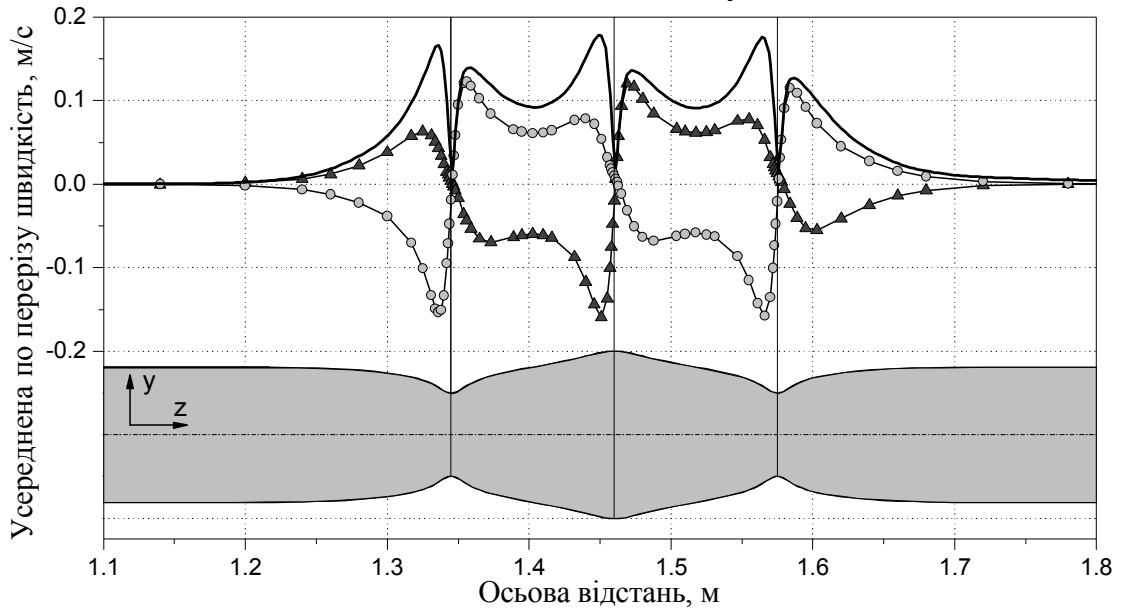


Рис. 3. Графік залежності усереднених по перерізу абсолютних значень компонент вектора швидкості:  $\blacktriangle$   $v_x$ ;  $\circ$   $v_y$ ;  $—$   $v_{xy}$ .

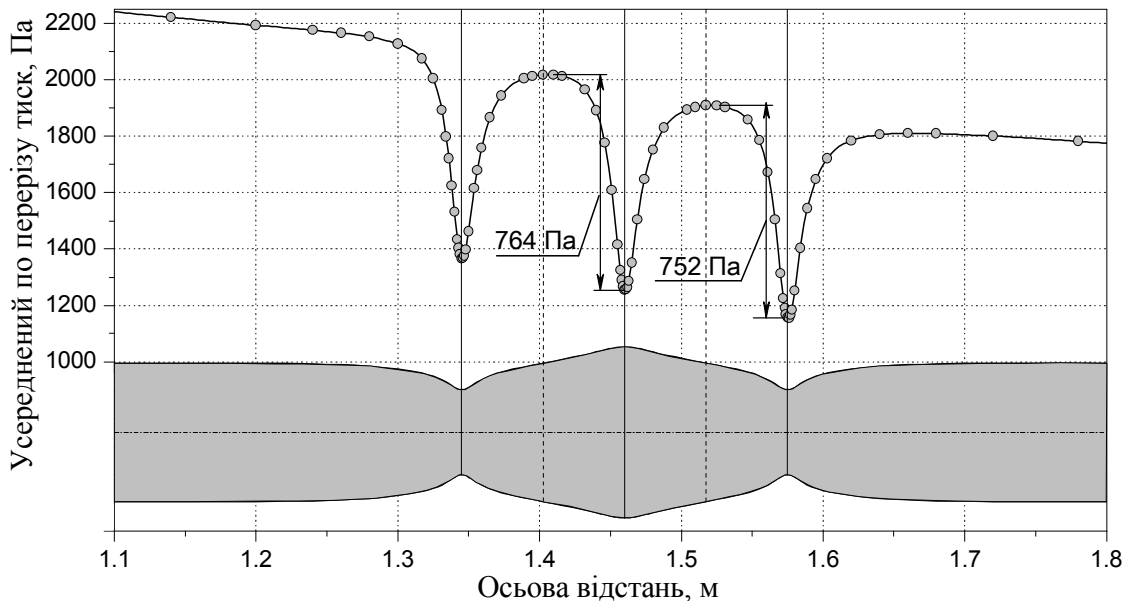


Рис. 4. Графік залежності усереднених по перерізу тисків.

Експериментальна перевірка ефективності використання змішувача потоків здійснювалось доповненням ним існуючої системи приготування бродильних сумішей на основі купажів виноматеріалів і резервуарних лікерів на ЗАТ

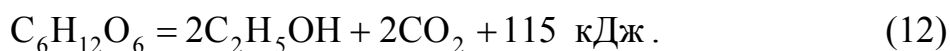
„Київський завод шампанських вин „Столичний”. Контрольний дослід виконувався на основі аналогічної ділянки трубопроводу зі сталим діаметром по довжині.

Для оцінки кількісного впливу за функцію відгуку прийнято процентне відхилення концентрації цукру в потоці від розрахункових значень цього показника.

Порівняння за показником відхилень концентрацій цукру від розрахункових значень в потоці дозволяють зробити висновок про те, що вплив на рівень гомогенізації середовищ досягає 46%.

**У четвертому** розділі розглянуто характеристики і параметри вторинного бродіння виноматеріалів, залежності по оцінці взаємозв'язків між кількістю розчиненого  $\text{CO}_2$  у зброджуваних середовищах з загальними і гідростатичними тисками, геометрією і орієнтацією апаратів у гравітаційному полі.

Згідно технології вторинного бродіння при виробництві шампанських вин параметром цього процесу на рівні експрес методу є тиск в бродильному апараті (акратофорі). До нього додаються виміри концентрацій цукру і алкоголю, які у своїй динаміці взаємопов'язані і одночасно пов'язані з кількістю синтезованого діоксиду вуглецю, що відображується умовою (12), відомою як рівняння Гей-Люсака:



Контрольною величиною в загальній оцінці динаміки вторинного бродіння є зниження концентрації загального вмісту цукрів на  $18 \text{ г/дм}^3$ . Концентрація діоксиду вуглецю, яка буде досягнута за зброджування вказаної концентрації цукру становить  $8,8 \text{ г/л}$ .

Розчинність діоксиду вуглецю у вині залежить від тиску та температури і за умови незмінності температури кількісно описується законом Генрі:

$$c_n = kP, \quad (13)$$

де  $c_n$  – максимальна розчинність діоксиду вуглецю;  $k$  – коефіцієнт розчинності (константа Генрі),  $P$  – тиск.

Для різних температур коефіцієнт  $k$  має різні значення.

Особливістю резервуарного способу виробництва шампанського є вплив на процес шампанізації гідростатичних тисків. Величини останніх залежать від геометрії апаратів і їх місткості та орієнтації у просторі.

Розглянуто особливості динаміки зростання тиску від початку бродіння у порівнянні ведення процесу у рівновеликих горизонтальному і вертикальному апаратах (рис. 5).

У зв'язку з тим, що об'єми газової фази у акратофорі не перевищують 1 % від загального об'єму, прийнято припущення, що об'єм рідинної фази близький до циліндричної форми з розмірами  $H$  та  $d$ .

За припущення, що середовище є гомогенним щодо концентрації живильних речовин і мікроорганізмів, а також стосовно температури, динаміка зброджування та накопичення  $\text{CO}_2$  буде однаковою у всіх локальних зонах. Однак у верхніх і нижніх шарах рідинної фази мають місце різні значення гідростатичних тисків і це означає, що стан насичення буде досягнуто в різний час.

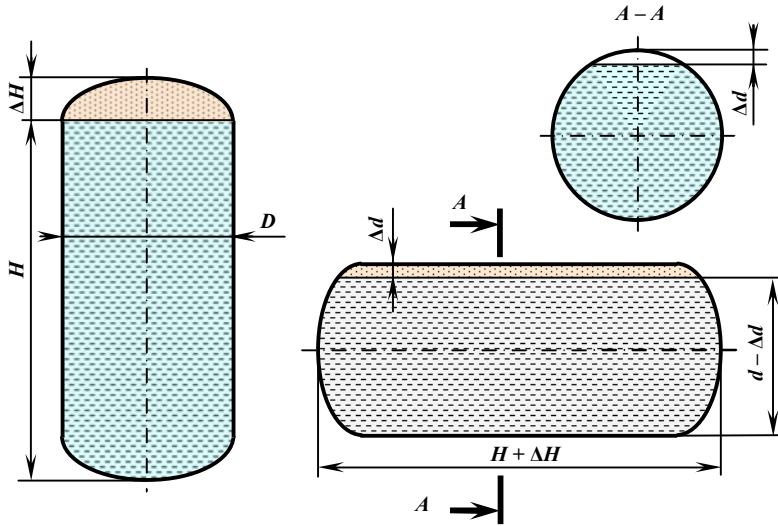


Рис. 5. Схеми вертикального і горизонтального апаратів.

Для вертикального апарата на початку процесу за  $P_o = 1$  бар числове значення сталої насичення верхнього шару становить  $c_{н(верхн)}^B = kP_o$ , а для нижнього шару –  $c_{н(нижн)}^B = k(P_o + \rho gH)$ , де  $\rho$  – питома маса рідинної фази.

Тоді для вертикального і горизонтального апаратів співвідношення сталих насичення становлять відповідно:

та відповідно:

$$\frac{c_{н(нижн)}^B}{c_{н(верхн)}^B} = \frac{P_o + \rho gH}{P_o}, \quad \frac{c_{н(нижн)}^\Gamma}{c_{н(верхн)}^\Gamma} = \frac{P_o + \rho gD}{P_o}. \quad (14)$$

За питомої швидкості зброджування  $dM_{CO_2}/d\tau = \text{const}$  час досягнення  $c_{н(верхн)}^B$  у вертикальному апараті становитиме у верхньому і нижньому шарах:

$$\tau_{(верхн)}^B = \frac{kP_o}{dM_{CO_2}/d\tau}, \quad \tau_{(нижн)}^B = \frac{k(P_o + \rho gH)}{dM_{CO_2}/d\tau}. \quad (15)$$

Відповідно для горизонтального апарата:

$$\tau_{(верхн)}^\Gamma = \frac{kP_o}{dM_{CO_2}/d\tau}, \quad \tau_{(нижн)}^\Gamma = \frac{k(P_o + \rho gD)}{dM_{CO_2}/d\tau}. \quad (16)$$

Звідси співвідношення значень  $\tau_{(нижн)}$  та  $\tau_{(верхн)}$  для вказаних апаратів становить:

$$\frac{\tau_{(нижн)}^B}{\tau_{(верхн)}^B} = \frac{P_o + \rho gH}{P_o}, \quad \frac{\tau_{(нижн)}^\Gamma}{\tau_{(верхн)}^\Gamma} = \frac{P_o + \rho gD}{P_o}. \quad (17)$$

Відлік умовного часу початку бродіння, зазначений моментом відриву стрілки манометра від нуля, не відображує реального стану перебігу динаміки бродіння, на що вказують одержані залежності і фізичний аналіз процесів.

Звідси також витікає, що відповідна реакція манометра буде за інших рівних умов різною для горизонтального і вертикального апаратів. При цьому динаміка приросту тиску і накопичення  $CO_2$  також залежить від орієнтації апаратів.

*Випадок вертикального апарата.* На рис. 6 наведено розрахункову схему вертикального апарата з епюрою сталих насичення на  $CO_2$  в системі координат  $O-X-Y$ . Елементарному прошарку товщиною  $dy$ , відповідає елементарний об'єм

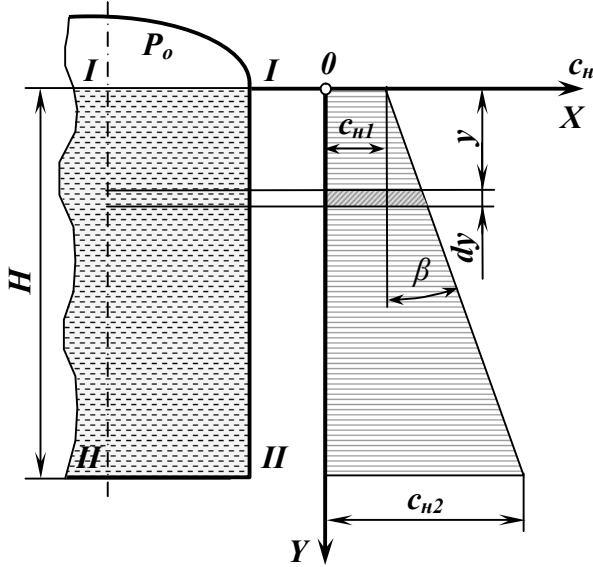


Рис. 6. Розрахункова схема до випадку вертикального апарата з епюрою сталих насичення на  $\text{CO}_2$   $c_n$ .

$$dV = \frac{\pi d^2}{4} dy, \quad (18)$$

де стала насичення  $c_n$ , що відповідає вибраній вертикальній координаті, записана як її функція. З рис. 6 видно, що ця залежність має форму

$$c_n(y) = c_{n1} + y \cdot \text{tg}\beta, \quad (19)$$

де  $c_{n1}$  – стала насичення, що відповідає верхньому шару і  $c_n = kP_0$ .

$$\text{tg}\beta = \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H}, \quad (20)$$

де  $c_{n2}$  – стала насичення на  $\text{CO}_2$  для нижнього шару.

Тоді

$$c_n(y) = c_{n1} + \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H} y, \quad (21)$$

і відповідно:

$$dM_{\text{CO}_2} = \frac{\pi d^2}{4} c_n(y) dy; \quad (22)$$

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{\pi d^2}{4} \int_0^H \left( c_{n1} + \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H} y \right) dy = V c_{n1} + V \frac{c_{n2} - c_{n1}}{2}. \quad (23)$$

Оскільки сталі насичення є функціями тиску в системі, остаточна форма рівняння (23) має вигляд:

$$M_{\text{CO}_2} = V \frac{k(P_0 + \rho g H)}{2}. \quad (24)$$

Аналогічні залежності одержано для апаратів з горизонтальною орієнтацією. Розрахункова схема цього випадку наведена на рис. 7.

Для верхньої половини апарата маємо:

$$M'_{\text{CO}_2} = 2H \int_0^r c_{n1} \sqrt{2yr - r^2} dy + \int_0^r \frac{H \sqrt{2yr - r^2}}{r} (c_{n2} - c_{n1}) y dy, \quad (25)$$

і відповідно для нижньої:

$$M''_{\text{CO}_2} = 2H \int_r^{2r} c_{n1} \sqrt{2yr - y^2} dy + \frac{H}{r} \int_r^{2r} \sqrt{2yr - y^2} (c_{n2} - c_{n1}) y dy. \quad (26)$$

З наведених міркувань і одержаних залежностей витікає, що за рахунок гідростатичних тисків виникає повисотний градієнт за сталою насичення  $\text{CO}_2$ . Це поняття визначається як різниця максимальних і мінімальних розчинностей га-

зу, віднесена до висоти шару рідинної фази. Таким чином, для середовища з температурою 10 °С і за висоти шару  $H = 10$  м різниця розчинностей для нижнього і верхнього шарів складе:

$$\Delta c_H = 13,11 - 7,87 = 5,24 \text{ г/л.} \quad (27)$$

Тоді значення градієнта становитиме:

$$\bar{c}_H^{\text{гр}} = \frac{\Delta c_H}{H} = \frac{5,24}{10} = 0,524 \frac{\text{г}}{\text{л} \cdot \text{м}}. \quad (28)$$

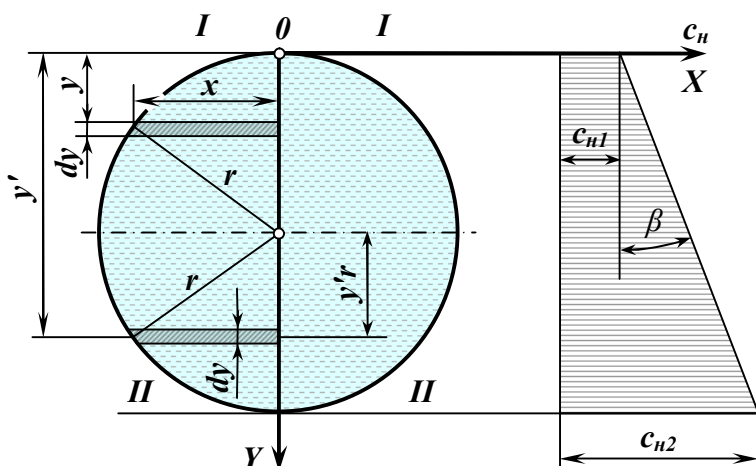


Рис. 7. Розрахункова схема визначення кількості розчиненого  $\text{CO}_2$  в горизонтальному апараті з епюрою розчинності  $\text{CO}_2$ .

ливо, зате можливо здійснити гомогенізацію середовища і опосередкований вплив на мікроорганізми за рахунок створення вертикального циркуляційного контуру у вертикальних акратофорах.

У відповідності до цієї ідеї пропонується встановити в апараті вертикальну циркуляційну трубу з вмонтованим у верхній її частині газорозподільним пристроєм, наприклад, у вигляді барботера. Останній входить до контуру, що складається з газового об'єму, трубопроводів і мінікомпресора, що знаходяться під відповідними тисками.

За подавання мінікомпресором газової фази у верхню частину циркуляційної труби утворюється газорідинна суміш і виникає різниця тисків

Процеси вторинного бродіння потребують такої організації, за якої рівень гомогенізації середовищ був би максимальним. Наявність помітного повисотного градієнта розчиненого  $\text{CO}_2$  вказує на можливість і доцільність його використання. У зв'язку з цим запропоновано внесення змін у влаштування вертикальних акратофорів (рис. 8).

Гідростатична неізотропність є явищем, уникнути якого у виробничих умовах практично неможливо.

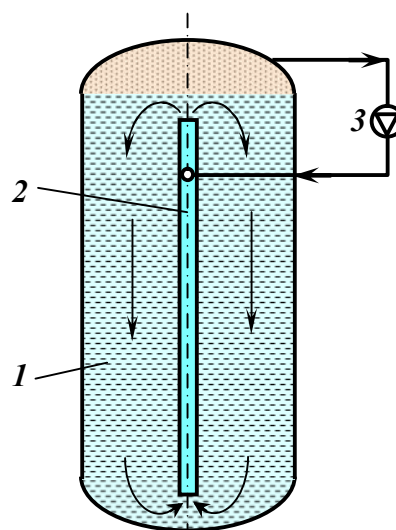


Рис. 8. Схема реконструкції акратофора з влаштуванням вертикального циркуляційного контуру: 1 – акратофор; 2 – циркуляційна труба; 3 – контур газової фази з міні компресором.

в трубі на вході в неї і у газовому середовищі. В результаті циркуляційна труба перетворюється у своєрідний ерліфт-насос. Така своєрідність має свій оригінальний прояв у зв'язку з тим, що примусове подавання газової фази має існувати на рівні першого поштовху, який дестабілізує умову гідростатичної і термодинамічної рівноваги.

Зазначена різниця тисків є рушійним фактором, під дією якого починається висхідний потік у трубі. Оскільки забір висхідного потоку починається із зони найбільшого гідростатичного тиску, то це означає насиченість вхідного потоку до найбільших значень в апараті. Піднімання таких газонасичених об'ємів супроводжується падінням в них гідростатичних тисків, порушенням умови термодинамічної рівноваги і, нарешті, утворенням диспергованої газової фази. Присутність останньої означає включення процесу самоплинної циркуляції за рахунок потенціальної енергії газонасиченої системи. Від цього моменту подавання газу мінікомпресором стає непотрібним, а циркуляційний контур надалі буде працювати в режимі автоналаштування.

Очевидно, що такий процес має свій кінцевий енергетичний потенціал, який по мірі вичерпування буде приводити до обмеження циркуляції. Однак подальший процес бродіння вказаний потенціал відновлює, що означає можливість налагодження режимів, за яких циркуляція буде безперервною.

Динаміка цих процесів і у тому числі реагування системи на зміни температури залежать від взаємозв'язків і взаємовпливів між тисками і температурами.

Запропонована розробка передана виробництву і знаходиться у стадії впровадження. Очікуваний економічний ефект від її використання складає біля 40 тис. грн.

На основі аналізу системи з незалежними змінними тиску  $P_0$  і температури  $T$  одержано рівняння регресії на основі обчислювального двофакторного експерименту.

В результаті отримано рівняння регресії у вигляді:

$$c_n = 0,00375 + 3,36625 P_0 - 0,000625 T - 0,074375 P_0 T. \quad (29)$$

Досягнута оцінка енергетичних потенціалів зброджуваних середовищ і розроблено пропозиції до використання вказаних потенціалів для їх гомогенізації.

Проведено дослідження впливів режимів регідратації сухих дріжджів на динаміку їх накопичення і бродіння.

На основі експериментальних досліджень промислового рівня визначено впливи режимів і факторів, що супроводжують регідратацію дріжджових культур з оцінкою значень летальних ефектів.

У п'ятому розділі представлено результати впровадження виконаних в дисертації досліджень.

## ВИСНОВКИ

1. Досягнута оцінка загального стану і недоліків у виробництві шампанських вин з вибором шляхів їх подолання на основі сучасних теоретичних можливостей аналізу і синтезу складових транспортно-технологічних систем.
2. Розроблено комплексний підхід (алгоритм) чисельного моделювання



задачі дослідження гомогенізації рідинних середовищ при транспортуванні останніх у потоці. Цей підхід стосується послідовності розрахунків, який дозволяє виключити процес експериментального пошуку оптимальних параметрів елемента змішувача для досягнення максимального ефекту гомогенізації.

3. Виконано теоретичне дослідження гомогенізації рідинних середовищ при транспортуванні останніх у потоці за допомогою чисельних методів.

4. Запропоновано форму і метод виготовлення змішувача рідин у потоці.

5. Отримано алгоритми визначення якісних та кількісних характеристик гідродинамічних параметрів потоку у змішувачі, які визначають ступінь гомогенізації.

6. Отримано залежності з визначення енергетичних і гідродинамічних параметрів в режимах створення дисперсної газової фази в рідинному середовищі.

7. Одержано залежності по оцінці взаємозв'язків між кількістю розчиненого CO<sub>2</sub> у зброджуваних середовищах з гідростатичними тисками, геометрією і орієнтацією бродильних апаратів у просторі.

8. Розроблено методику оцінки енергетичних потенціалів зброджуваних середовищ та алгоритми визначення їх використання.

9. Запропоновано і впроваджено у виробництво змішувач потоків виноматеріалів, лікеру і бентоніту для одержання тиражних сумішей, пристрій для безперервної винокам'яної стабілізації вин, система фільтрування шампанського і живлення фасувального автомата, апарати вторинного бродіння, масообмінні апарати.

10. Економічний ефект від впровадження змішувача потоків склав 64 тис. грн.

## ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті:*

1. Каток О.А., Лензион С.В., Харченко В.В., Численное моделирование процесса непрерывного индентирования. Надійність і довговічність машин і споруд, №29, 2007р. С.-167-173.

*Особистий внесок дисертанта: проведення та обробка експерименту на розтяг зразків, отримання механічних характеристик матеріалу, проведення чисельних розрахунків, формулювання висновків.*

2. V.P. Naumenko, S.V. Lenzion, I.V. Limansky, Displacement-based assessment of ductile tearing under low-constraint conditions. The Open Mechanical Engineering Journal, 2008, vol. 2, issue 1. pp.-40-59.

*Особистий внесок дисертанта: проведення експериментальної частини досліджень, розроблення математичного апарату для обробки експериментальних даних, проведення обробки експериментальних даних, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації.*

3. E.A. Kondryakov, S.V. Lenzion, V.V. Khachenko, Deformation and fracture of high-temperature steels at different temperatures and loading rates. Проблемы прочности, №1, 2009р., С.-29-34.

*Особистий внесок дисертанта: аналітичний огляд наукових публікацій, проведення експериментів, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації.*

4. Піддубний В.А., Лензійон С.В. Особливості взаємодії однонаправлених і різнонаправлених газорідинних потоків. Наукові праці НУХТ, №28, 2009р. С.-48-50.

*Особистий внесок дисертанта: аналітичний огляд наукових публікацій, проведення математичних розрахунків, формулювання висновків.*

5. Піддубний В.А., Соколенко А.І., Лензійон С.В., Шевченко О.Ю. Гідродинамічні методи інтенсифікації масообмінних процесів і гомогенізації середовищ. Вібрації в техніці та технологіях, №1(53), 2009р., С.– 105-108.

*Особистий внесок дисертанта: проведення аналізу гідродинамічних методів впливу на масообмінні процеси у випадках створення штучних рідинних потоків, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації.*

6. Соколенко А.І., Піддубний В.А., Шевченко О.Ю., Лензійон С.В., Якимчук М.В., Білик О.А. Визначення параметрів пневматичних і гідравлічних систем харчових виробництв. Научно-практический журнал „Хранение и переработка зерна”, №8(122), серпень 2009р., С.–34-36.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, виконання розрахункової частини, формулювання висновків та результатів.*

7. Соколенко А.І., Піддубний В.А., Якимчук М.В., Лензійон С.В., Шевченко О.Ю. Інтенсифікація масообмінних процесів в системах транспортних потоків харчових виробництв Научно-практический журнал „Хранение и переработка зерна”, №9(123), вересень 2009р., С.–42-43.

*Особистий внесок дисертанта: аналіз геометричної форми трубопроводів з метою генерування масових сил у рідинному потоці, проведення математичних розрахунків, формулювання висновків та результатів, підготовка матеріалів до публікації.*

### **Патенти:**

8. Деклараційний патент України на корисну модель № 10462, МПК 7 C12 G 1/06. Пристрій для безперервної винокам'яної стабілізації високоякісних вин / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Мацко О.П., Лензійон В.Й., Лензійон С.В. – № U 2005 04152, заявл. 29.04.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11, – 2с.

*Особистий внесок дисертанта: формулювання висновків та результатів.*

9. Патент України на корисну модель №42257, МПК В 01 D 3/18. Масообмінний апарат / Палаш А.А., Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., Бут С.А., Лензійон С.В. – № U 2009 01156, заявл. 13.02.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12, – 2с.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів.*

10. Патент України на корисну модель №43664, МПК В 01 D 3/00. Масообмінний апарат / Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Піддубний В.А., Васильківський К.В. Лензійон С.В. – № U 2009 03108, заявл. 02.04.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16, – 2с.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів.*

11. Патент України на корисну модель №47939, МПК С 12 F 3/08. Бродильний апарат / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Миколів І.М., Бут С.А., Піддубний В.А. Лензійон С.В. – № U 2009 10298, заявл. 12.10.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4, – 2с.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків та результатів.*

12. Патент України на корисну модель №47940, МПК С 12 F 3/08. Бродильний апарат / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Миколів І.М., Бут С.А., Піддубний В.А. Лензійон С.В. – № U 2009 10299, заявл. 12.10.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4, – 2с.

*Особистий внесок дисертанта: формулювання висновків та результатів.*

13. Патент України на корисну модель №55120, МПК С 12 G 1/06. Система фільтрування шампанського і живлення фасувального автомата / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Лензійон С.В., Бут С.А. – № U 2010 05252, заявл. 29.04.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23, – 2с.

*Особистий внесок дисертанта: формулювання висновків та результатів.*

#### **Тези наукових конференцій:**

14. V. P. Naumenko, S. V. Lenzion, Yu. D. Skrypnyk, Comprehensive assessment of a naturally forming tear crack in thin-sheet aluminium alloy, proceedings of the 8th International Conference on Engineering Structural Integrity Assessment (ESIA8), Manchester, UK, 24 - 25 October 2006, pp. 109-119.

*Особистий внесок дисертанта: планування та проведення експериментів, обробка експериментальних даних, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації.*

15. V. P. Naumenko, S. V. Lenzion, Yu. D. Skrypnyk, Ductile tearing in narrow and wide strips of thin-sheet aluminium alloy, proceedings of the 8th International Conference on Engineering Structural Integrity Assessment (ESIA8), Manchester, UK, 24 - 25 October 2006, pp. 151-161.

*Особистий внесок дисертанта: планування та проведення експериментів, обробка експериментальних даних, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації, проведення доповіді на конференції англійською мовою.*

16. V. Kharchenko, E. Kondryakov, S. Lenzion, Temperature-Rate Conditions of Material Deformation at Impact Tests of Charpy Specimens. Тези доповідей 7-го міжнародного симпозиуму Хорватського металургійного товариства. – Сібернік, Хорватія, 18 - 22 липня 2006р. С – 207.

*Особистий внесок дисертанта: аналітичний огляд наукових публікацій, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації.*

17. E. A. Kondryakov, S. V. Lenzion, V. V. Kharchenko, Modeling of Deformation and Destructions of Specimens with Different Form Concentrators under Static and Dynamic Loading. Тези доповідей 7-го міжнародного симпозиуму Хорватського металургійного товариства. – Сібернік, Хорватія, 18 - 22 липня 2006р. С – 207.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації.*

18. Лензійон С.В., Білик О.А., Особливості гідро- та термодинамічних

ефектів в системах матеріальних потоків у виробництві шампанських вин. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції „Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи”, Київ, НУХТ, 27-28 вересня 2010р. С – 89.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, виконання чисельних розрахунків масообмінної ділянки масопроводу, формулювання висновків та результатів, проведення доповіді на конференції.*

19. Лензійон С.В., Криворотько В.М., Піддубний В.А., Інтенсивні технології масообмінних процесів і змішування потоків. Тези доповідей 77-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті”, Київ, НУХТ, 11-12 квітня 2011р. С – 155-156.

*Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, виконання чисельних гідродинамічних розрахунків масообмінної ділянки змішувача потоків, проведення доповіді на конференції.*

## АНОТАЦІЯ

**Лензійон Сергій Валентинович. Розвиток методів розрахунку і обладнання транспортно-технологічних систем у виробництві шампанських вин : - Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12. – Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Київ, 2011.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню гідродинамічних та масообмінних процесів, які стосуються змішування потоків та технологій бродіння виноматеріалів і створення нової високоефективної масообмінної апаратури для виробничої галузі АПК України.

Розроблено алгоритм чисельного моделювання дослідження гомогенізації рідинних середовищ у потоці. Цей підхід стосується послідовності розрахунків, яка дозволяє замінити процес експериментального пошуку оптимальних параметрів елемента змішувача для досягнення максимального ефекту перемішування.

Запропоновано форму та метод виготовлення змішувача рідин у потоці; отримано якісні та кількісні характеристики гідродинамічних параметрів потоку у елементі змішувача, які визначають ступінь гомогенізації.

Отримано залежності, якими визначається динаміка формування міжфазної поверхні в барботажних системах. Одержано залежності по оцінці взаємозв'язків між кількістю розчиненого  $\text{CO}_2$  у зброджуваних середовищах з гідростатичними тисками, геометрією і орієнтацією бродильних апаратів у просторі.

Досягнута оцінка енергетичних потенціалів зброджуваних середовищ та розроблено алгоритм визначення і використання енергетичного потенціалу, створюваного розчиненим діоксидом вуглецю у зброджуваних середовищах на користь їх гомогенізації та процесів регідратації сухих дріжджів.

**Ключові слова:** масообмін, змішування, барботаж, седиментація, гідродинаміка, гомогенізація, шампанізація, регідратація.

## АННОТАЦИЯ

**Лензион Сергей Валентинович. Развитие методов расчета и оборудование транспортно-технологических систем в производстве шампанских вин : - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12. – Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. Национальный университет пищевых технологий Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины, Киев, 2011.

Диссертационная работа посвящена исследованию гидродинамических и массообменных процессов, которые касаются смешивания потоков и технологий брожения виноматериалов; и созданию новой высокоэффективной массообменной аппаратуры для производственной отрасли АПК Украины.

Разработан алгоритм (комплексный поход) численного моделирования исследования гомогенизации жидкостных сред при их транспортировании в потоке. Этот подход подразумевает последовательность расчетов, которая позволяет заменить трудоемкий и затратный процесс экспериментального поиска оптимальных параметров элемента смесителя для достижения максимального эффекта смешивания.

Выполнено теоретическое исследование гомогенизации жидкостных сред при транспортировании последних в потоке с помощью численных методов.

Предложена форма и метод изготовления смесителя жидкостей в потоке; получены качественные и количественные характеристики гидродинамических параметров потока в элементе смесителя, которые определяют степень гомогенизации.

Получена зависимость, которой определяется скорость относительного движения газовых пузырьков в режиме их свободного всплывания под действием Архимедовых сил. Полученные зависимости заложены в основу создания барботажного реактора, интенсивный уровень массообмена в котором достигается за счет сменных режимов давлений.

Разработана методика оценки постоянной насыщения виноматериалов диоксидом углерода в связи с геометрией аппаратов; получены зависимости по оценке взаимосвязей между количеством растворенного  $\text{CO}_2$  в бродильных средах с гидростатическими давлениями, геометрией и ориентацией бродильных аппаратов в пространстве.

Достигнута оценка энергетических потенциалов бродильных сред и разработан алгоритм определения и использования энергетического потенциала, создаваемого растворенным диоксидом углерода в бродильных средах в пользу их гомогенизации и процессов регидратации сухих дрожжей.

Получена оценка общего состояния и недостатков в производстве шампанских вин с выбором путей их преодоления на основе современных теоретических возможностей анализа и синтеза составляющих транспортно-технологических систем.

Предложен и внедрен в производство смеситель потоков виноматериалов, ликера и бентонита для получения тиражных смесей, устройство для непрерывной винокаменной стабилизации вин, система фильтрации шампанского и

питания фасовочного автомата, аппараты вторичного брожения, массообменные аппараты.

Экономический эффект от внедрения смесителя потоков составил 64 тыс. грн.

**Ключевые слова:** массообмен, перемешивание, барботаж, седиментация, гидродинамика, гомогенизация, шампанизация, регидратация.

### ANNOTATION

**Lenzion Sergiy Valentynovych. Development of calculation methods and equipment of transport-process systems used in production of sparkling wines: - 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. National University of Food Technologies of Ministry of Education, Science, Youth and Sports of Ukraine Kyiv, 2011.

The thesis is dedicated to research of hydrodynamic and mass-transfer processes which apply to a flow mixing and wine fermentation technologies, and creation of a new high efficient mass-transfer apparatus for the production branch of Ukrainian agricultural sector.

The comprehensive approach to a numerical simulation research of the problem of liquid medium homogenisation during transportation in flow has been devised. This approach concerns the sequence of calculations, which allows to replace the process of experimental study of the mixer optimal features.

The shape of the mixer of fluids in a flow and method of its producing are proposed. Qualitative and quantitative characteristics of hydrodynamic parameters of flow in the mixer are obtained. The above parameters govern the degree of homogenization.

Dependences governing the dynamics of interphase surface formation in barbotage systems are derived. Dependencies for assessing the interrelation between amount of dissolved in fermentation medium carbon dioxide and hydrostatic pressure, geometry and orientation of fermentation tanks in the gravity field were obtained.

The estimation of fermentation medium power budgets was obtained. Determination and application of the power budget which is generated by dissolved in fermentation medium carbon dioxide to the benefit of the medium homogenization and dry yeast rehydration processes are reached.

**Keywords:** mass interchange, mixing, barbotage, sedimentation, fluid dynamics, homogenisation. champagnisation, rehydratation.