

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗМЄЄВА ІННА МИКОЛАЇВНА



УДК 664.002.5

**ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ТА ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
РОЗЛИВУ ОСВІТЛЕНОГО ЯБЛУЧНОГО СОКУ**

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

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Вінниця – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства аграрної політики та продовольства України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кюрчев Сергій Володимирович,
Таврійський державний агротехнологічний
університет, завідувач кафедри
технології конструкційних матеріалів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гавва Олександр Миколайович
Національний університет харчових технологій,
завідувач кафедри машини і апарати харчових
та фармацевтичних виробництв

кандидат технічних наук, доцент
Шоловій Юрій Петрович
Національний університет «Львівська політехніка»,
доцент кафедри механіки та автоматизації машинобудування

Захист відбудеться 26 лютого 2015 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.584.02 Вінницького національного аграрного університету за адресою: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, 2 навч. корп., ауд. 2604

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Вінницького національного аграрного університету за адресою: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3.

Автореферат розісланий 26 січня 2015 р.

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



С.А. Шаргородський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Динамічний розвиток харчових і консервних переробних підприємств, застосування у виробництві нових високопродуктивних ліній, розширення асортименту продукції, збільшення випуску скляної та полімерної тари потребує застосування такого фасувального обладнання, яке спроможне було б задовольняти всі вимоги виробників, що відповідають за безпеку харчових рідин, які визначають не тільки тип та вид тари, в яку фасують ці рідини, але й умови, принципи та методи фасування.

Вдосконалення фасувального обладнання повинно бути направленим на підвищення технічного рівня та якості, в тому числі на збільшення продуктивності, покращення технологічних характеристик без суттєвого збільшення затрат на виготовлення та експлуатацію.

Підвищення продуктивності за рахунок збільшення кількості розливальних механізмів не дозволяє отримати максимальну ефективність, оскільки в цьому разі збільшується маса машини та її енергоспоживання. В даний час, як в Україні так і за її межами, одним із перспективних напрямків в вдосконаленні фасувального обладнання для розливу харчових рідин, з метою збільшення продуктивності без збільшення кількості пристроїв для розливу, вбачається можливість значного підвищення ефективності виробництва.

Вагомий внесок в розвиток теорії і техніки фасувального обладнання для розливу харчових рідин зробили закордонні та вітчизняні вчені: К. Кларк, Х. Брандон, Н.Ф. Харитонов, П.Н. Галасов, С.І. Цитовський, К.П. Гетманов, І.А. Степанов, Д.А. Ярмолинський, В.Г. Студилін, Ц.Р. Зайчик, В.А. Костін, С.М. Шамшурко, О.М. Гавва та ін.

Аналіз вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури показав, що при розробці режимів та параметрів фасувального обладнання, з метою підвищення його продуктивності, найбільш доцільно застосувати вплив технологічних та конструктивних параметрів на гідродинамічну поведінку харчової рідини в каналах даного обладнання.

Таким чином, підвищення продуктивності фасувального обладнання є актуальним і важливим, та має необхідність ґрунтовного дослідження пристроїв для фасування та дозування харчових рідин, на прикладі освітленого яблучного соку, для вдосконалення обладнання з метою збільшення продуктивності та точності процесу розливу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота проводилась у рамках науково-дослідної роботи кафедри обладнання переробних і харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету відповідно до програми №1 науково-дослідних робіт на 2004 – 2010 роки "Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України" (підпрограма 1.6 "Розробка наукових систем технологій і технічних засобів для переробки сільськогосподарської продукції", державний реєстраційний номер 0102U000687); на 2013 – 2014 роки "Ресурсозбереження в технологічних процесах АПК"

(підпрограма 1.6 "Розробка технології і технічних засобів для переробки сільськогосподарської продукції", державний реєстраційний номер 0111U002551).

Мета й завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та розробка режимів і параметрів обладнання для розливу освітленого яблучного соку.

Відповідно до цієї мети, згідно з вибраними напрямками дослідження, у процесі роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити вплив режимів роботи та параметрів обладнання для розливу освітленого яблучного соку на продуктивність процесу розливу;
- дослідити вплив режимів роботи та параметрів обладнання для розливу освітленого яблучного соку на точність процесу розливу;
- визначити оптимальні режими роботи та параметри обладнання для розливу освітленого яблучного соку, що забезпечують високу продуктивність та точність процесу розливу;
- розробити рекомендації для розрахунку і обґрунтування конструктивних рішень пристроїв для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня;
- здійснити комплекс заходів щодо впровадження результатів у виробництво і виконати оцінку техніко-економічної ефективності використання промислового зразка пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня.

Об'єктом дослідження є технологічна операція розливу освітленого яблучного соку в споживчу тару.

Предметом дослідження є технологічні, конструктивні та кінематичні параметри пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня у взаємозв'язку з показниками продуктивності та точності процесу розливу.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використані такі методи: фізичні, системного аналізу, моделювання, математично – статистичні, планування та обробки експериментальних даних із використанням комплексу ANSYS.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в теоретичному обґрунтуванні та експериментальному дослідженні режимів роботи та параметрів обладнання для розливу освітленого яблучного соку.

Уперше:

- визначено й оптимізовано вплив висоти підйому манжети відносно направляючої, висоти стовпа рідини в пристрої для розливу та кута нахилу направляючої на процес розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня;
- розроблено математичну модель процесу розливу харчової рідини для визначення продуктивності та точності процесу;
- встановлено вплив конструктивних параметрів гідравлічного тракту на продуктивність машини для розливу освітленого яблучного соку;
- встановлено закономірності змін режимів роботи та параметрів обладнання для розливу освітленого яблучного соку під впливом конструктивних параметрів та технологічних факторів;
- доведено підвищення продуктивності та точності процесу розливу за умов оптимального поєднання технологічних факторів та конструктивних параметрів гідравлічного тракту;

удосконалено:

- технологічні фактори та конструктивні параметри гідравлічного тракту обладнання для розливу освітленого яблучного соку з метою підвищення продуктивності та точності процесу розливу з врахуванням впливу висоти підйому манжети відносно направляючої, висоти стовпа рідини в пристрої для розливу та кута нахилу направляючої.

Практичне значення одержаних результатів:

- на підставі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень визначено раціональні технологічні фактори, конструктивні параметри та режими роботи за рахунок зміни висоти підйому манжети відносно направляючої, висоти стовпа рідини в пристрої для розливу та кута нахилу направляючої, з метою підвищення продуктивності обладнання для розливу;
- розроблено методику розрахунку та промисловий зразок пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня;
- проведено економічні розрахунки пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня.

Пріоритет запропонованих технічних рішень підтверджено деклараційним патентом України на винахід. Результати роботи впроваджені у ТОВ НПО "Укрхімпроммаш" (м. Мелітополь Запорізької обл.) (акт від 12 грудня 2013р.), ТОВ "ТРИНА" (с. Тамбовка, Мелітопольського району, Запорізької області) (акт від 10 лютого 2013р.) та в навчальному процесі Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь, Запорізької обл.) при викладанні дисциплін "Технологічне обладнання переробних і харчових виробництв", "Машина, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції".

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, визначенні та формулюванні мети, розробці схеми досліджень, проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, аналізі та узагальненні отриманих результатів, підготовці матеріалів до публікації, впровадженні отриманих розробок у виробництво та навчальний процес.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи докладалися на: науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2001 – 2006 рр., 2008 – 2014 рр.); Міжнародній науково-технічній конференції "Землеробська механіка на рубежі сторіч" (м. Мелітополь, ТДАТА, 2001р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Стан і перспективи розвитку переробної галузі АПК" (м. Мелітополь – Кирилівка, ТДАТА, 2005р.); V Міжнародному форумі молоді "Молодь та сільськогосподарська техніка в XXI сторіччі" (м. Харків, ХНТУСГ, 2009р.); VII Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку" (м. Святогірськ, ДонНУЕТ, 2011 р.); науковій конференції викладачів і аспірантів університету за підсумками науково-дослідної роботи за 2010, 2011, 2013 рр, секція "Процеси та обладнання харчових виробництв" (м. Донецьк, ДонНУЕТ, 2011, 2012, 2014 рр.); Міжнародній науково-практичній

конференції "Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг" присвячена 45-річчю ХДУХТ (м. Харків, ХДУХТ, 2012р.); IX Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки" (м. Кіровоград, КНТУ, 2013р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 75-річчю з дня народження ректора університету (1988 – 1991 рр.), доктора технічних наук., професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ Беляєва Михайла Івановича "Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг" (м. Харків, ХДУХТ, 2013р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів "Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді" (м. Харків, ХДУХТ, 2014р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 21 наукову працю, у тому числі 13 статей у наукових фахових виданнях, 1 стаття, що входить до наукометричної бази (РИНЦ) і 6 тез доповідей та матеріалів наукових конференцій, 1 деклараційний патент України на винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 165 найменувань та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 166 сторінки. Обсяг основної частини роботи займає 135 сторінок друкованого тексту, де розміщено 35 рисунків та 17 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність та охарактеризована тема дисертаційної роботи, сформульована мета і завдання дослідження, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі "Стан питання і задачі дослідження" наведено результати аналітичного огляду науково-технічної та патентної літератури щодо загальної характеристики фасувального обладнання та харчових рідин. Розглянуто методи розливу харчових рідин, в порядку класифікаційної відповідності, проаналізовано обладнання для розливу харчових рідин, зазначено, що харчові рідини досить різноманітні за фізико-механічними та хімічними властивостями, а це в свою чергу відіграє суттєвий вплив на технологічний процес.

Встановлено, що при виборі конструкції пристрою для розливу необхідно враховувати ряд факторів, головними з яких є: фізико-хімічні властивості рідини, що розливається; метод розливу; точність відмірювання дози; технологічні вимоги (збереженість продукту; виключення аерації; мінімальний контакт із вузлами пристрою для розливу, що рухаються; можливість дезінфекції та ін.). Зазначено, що найбільш розповсюдженими пристроями для дозування харчових рідин є

обладнання для фасування, що поділяється на дозуючі апарати, які використовуються при наповненні тари за заданим об'ємом, та пристрої для розливу, які застосовують при наповненні тари до зазначеного рівня. Порівняльний аналіз яких показує, що вони мають ряд, як переваг, так і недоліків. До переваг об'ємних дозуючих апаратів відноситься простота конструкції запірнього клапану. На ряду з суттєвою перевагою, основний недолік – це зміна швидкості витікання рідини, за рахунок зниження рівня рідини в мірній ємності. Пристрої для розливу відрізняються більшою кількістю переваг, а саме: відсутність мірної ємності, яка дає можливість регулювання об'єму дозування в широких межах; простота конструкції, невелика кількість деталей, що контактують з продуктом. Тому, було зроблено висновок, що на сучасному етапі є необхідним подальше дослідження пристроїв для розливу, з метою розробки нових, більш ефективних, для збільшення продуктивності обладнання та точності процесу розливу.

У другому розділі "Теоретичні основи гідродинаміки процесу розливу харчових рідин в пристроях для розливу" зазначено, що для створення високопродуктивного фасувального обладнання необхідне подальше як теоретичне, так і експериментальне дослідження гідравлічних характеристик обладнання для розливу, та процесу розливу в цілому. В основу сучасних методів розрахунку процесу фасування та фасувальних машин покладено результати досліджень, які частіше за все досліджували процеси фасування вин, як найбільш складних, що пов'язано з фізико-механічними властивостями продукту та вимогами, що висуваються до його фасування. Менше уваги приділялося дослідженням процесу фасування соків.

Важливим параметром, що визначає основні розрахункові характеристики фасувальних машин є продуктивність, яка залежить від кінематики механізмів, гідравлічних параметрів системи, конструктивних елементів. Гідродинамічні особливості протікання рідких харчових продуктів через насадки вивчалися у роботах А.Д. Альтшуля, Е.З. Геллера, Ю.А. Скобельцина та інш.

Метою розділу є аналіз гідродинамічної поведінки харчової рідини на основі моделювання процесу розливу харчової рідини в споживчу тару. В роботі розглядалися тільки малов'язкі харчові рідини, які з достатньою точністю можна вважати ньютонівськими. У якості базового для дослідження вибрано гравітаційний метод розливу, спосіб формування струменя – "шатром". Процес заповнення банки харчовою рідиною є настільки складним, що детально описати його можна використовуючи чисельне моделювання.

Вважаємо, що рідина при течії не стискується, а режим течії – турбулентний. При використанні RNG – моделі турбулентності математична модель течії рідини має вигляд:

$$\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y)}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho V_x) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho V_x V_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V_x V_y) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_e \frac{\partial V_x}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_e \frac{\partial V_x}{\partial y}), \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho V_y) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho V_x V_y) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V_y V_y) = \rho g - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_e \frac{\partial V_y}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_e \frac{\partial V_y}{\partial y}), \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho V_x k) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V_y k) = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_t \frac{\partial k}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_t \frac{\partial k}{\partial y}) + \mu_t \Phi - \rho \varepsilon, \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho V_x \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V_y \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x}(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}) + C_{1\varepsilon} \mu_t \frac{\varepsilon}{k} \Phi - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}, \quad (5)$$

$$\Phi = 2 \left[\left(\frac{\partial V_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_y}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right)^2 \right], \quad (6)$$

$$\eta = \frac{k}{\varepsilon} \sqrt{2 \left(\frac{\partial V_x}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial V_y}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right)^2}. \quad (7)$$

де ρ – густина рідини ($\rho = \text{const}$), V_x , V_y – проекції вектора швидкості рідини, p – тиск у рідині, μ_e – ефективна в'язкість, $\mu_e = \mu + \mu_t$, μ – фізична (ламінарна) в'язкість ($\mu = \text{const}$), μ_t – турбулентна (вихрова) в'язкість, $\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}$, k – кінетична енергія турбулентності, що віднесена до одиниці маси рідини, ε – швидкість дисипації у тепло кінетичної енергії турбулентності у одиничному об'ємі рідини, C_μ , $C_{1\varepsilon}$, C_2 , σ_ε – емпіричні константи *RNG* моделі, $C_{1\varepsilon} = 1,42 - \frac{\eta(1 - \eta/4,38)}{1 + 0,12\eta^3}$, $C_\mu = 0,085$, $C_2 = 1,68$, $\sigma_\varepsilon = 0,72$.

Для вирішення задачі об'ємного текучого середовища (*VOF*) використовується пакет кінцево-елементарного аналізу *ANSYS*. Значення для кожного кінцевого елемента змінюється від нуля до одиниці, де нуль означає, що елемент пустий (не зайнятий рідиною), а одиниця означає повний (зайнятий рідиною) елемент. Значення між нулем і одиницею означає, що відповідні кінцеві елементи частково заповнені. Тоді, вільна поверхня рідини визначається розподілом *VFRC* поля та описується диференціальним рівнянням у частинних похідних

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \vec{u} \cdot \vec{\nabla} F = 0, \quad (8)$$

де F – об'ємна фракція;
 \vec{u} – переміщення.

Метод *VOF* дозволяє відслідковувати зміну площі вільної поверхні рідини в часі, при виконанні аналізу густина рідини вважається постійною, тому закон

збереження маси еквівалентний закону збереження загального об'єму (загальної площі – у двовимірному випадку) рідини. Для розрахунку використали стандартну *RNG* турбулентну модель, так як форма вільної поверхні не є чутливою до виду турбулентної моделі, яка застосовується.

Оскільки вихідна задача вісесиметрична, то розглядаємо двовимірну модель наповнення скляної банки. Для однозначного розв'язання нестационарної задачі необхідно задати початкові та граничні умови. При розливі у розливному патроні утворюється плоске кільце між бічною поверхнею ущільнюючої манжети і конічною поверхнею направляючої. На цьому кільці швидкість соку, що розливається, становить $V_x = 0,65$ м/с, $V_y = 1,2$ м/с, $VFRC=1$, $Wetting\ status=1$. На внутрішній поверхні скляної банки та направляючої швидкість рідини дорівнює нулю, $V_x = V_y$.

У результаті проведення нестационарного аналізу отримуємо розподіл об'ємної фракції та розподіл поля швидкостей рідини у довільний момент часу проходження рідини по каналу, утвореному манжетною та направляючою.

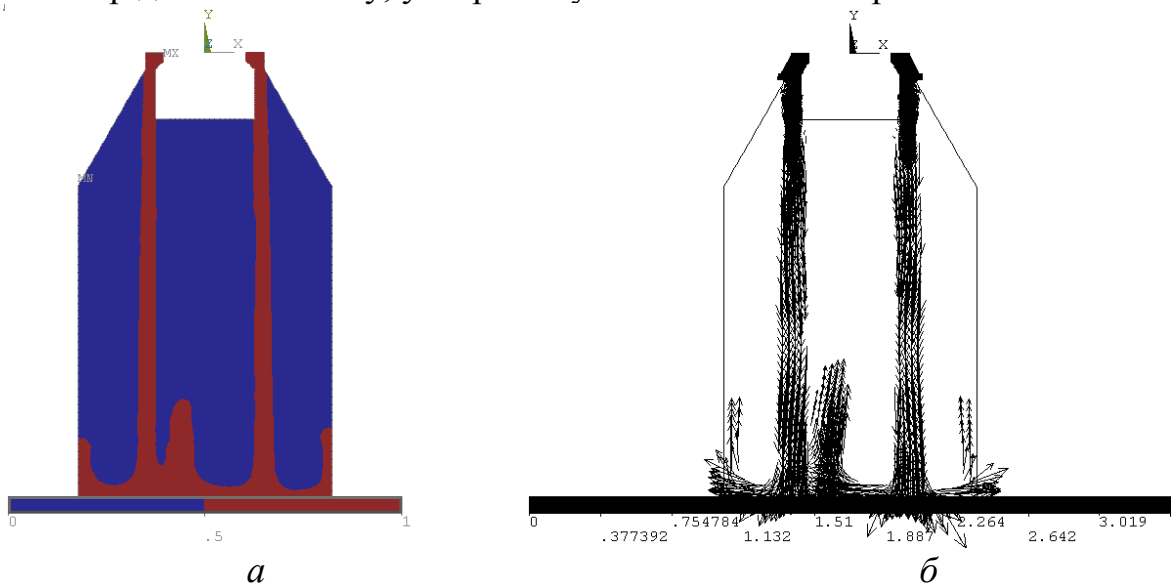


Рис. 1. Розподіл об'ємної фракції рідини (а) та розподіл поля швидкостей (б) рідини у банці в момент часу $t = 0,3c$

З рисунків 1-2 можна зробити висновки, що рідина, стікаючи по верхній крайці скляної банки, захоплює за собою повітря, насичується ним і падає на дно банки. При падінні рідини на дно, утворюється піна, обсяг якої залежить від гідравлічних характеристик пристрою для розливу, форми та розмірів тари, властивостей рідини. Піноутворення призводить до відхилення від дози, втрати рідини, яка розливається, та необхідності додаткового часу для заспокоєння піни. Зменшення турбулізації рідини у каналі пристрою для розливу та зменшення піноутворення залежить від його конструктивних параметрів.

Важливим параметром, що визначає продуктивність пристрою для розливу, є час заповнення банки рідиною до зазначеного рівня, який суттєво залежить від абсолютної величини швидкості витікання рідини, площі живого перерізу зазору між направляючою та ущільнюючою манжетною, через який рідина надходить у банку, геометричних параметрів, конструктивних елементів, а також від фізико-

механічних властивостей харчової рідини, яка розливається (в'язкості, густини, теплопровідності, теплоємності). Змінюючи кут нахилу та геометричні розміри направляючої можна досягти оптимальної продуктивності при фасуванні певного виду харчової рідини.

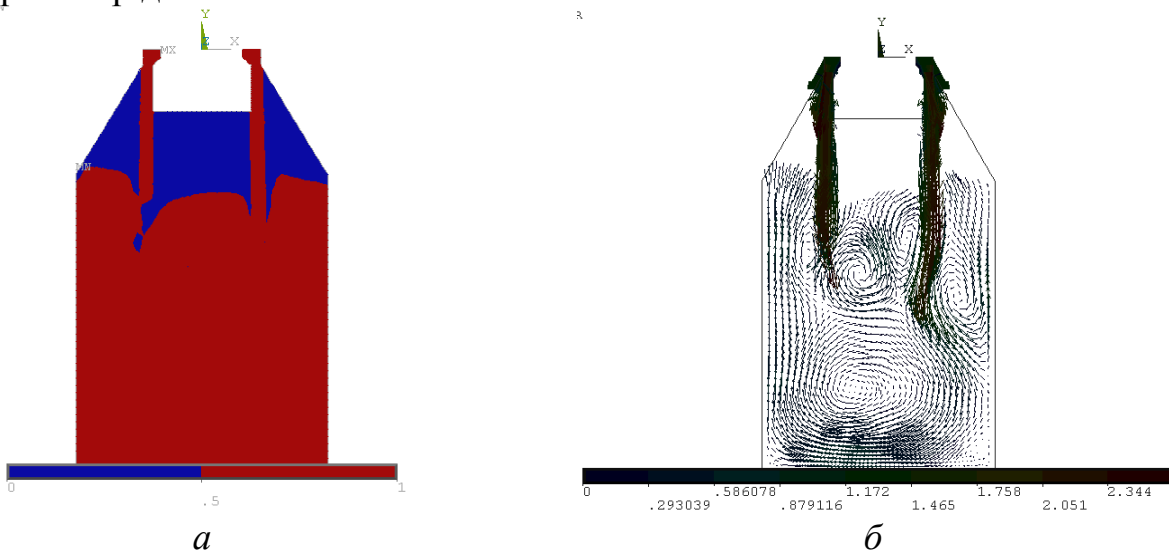


Рис. 2. Розподіл об'ємної фракції рідини (а) та розподіл поля швидкостей (б) рідини у банці в момент часу $t = 1,15c$

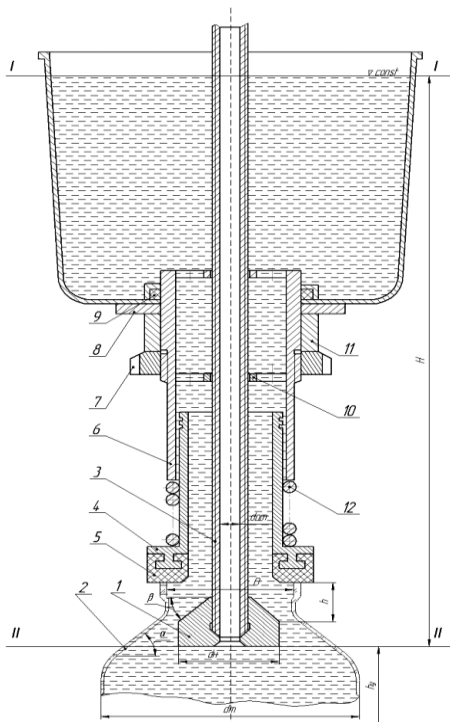


Рис. 3. Розрахункова схема пристрою для розливу харчової рідини до зазначеного рівня:

- 1 – направляюча, 2 – банка, 3 – повітряна трубка, 4 – патрон, 5 – ущільнююча манжета, 6 – гільза, 7 – гайка, 8 – дно резервуару, 9 – ущільнення, 10 – втулка, 11 – вставка, 12 – пружина

При проектуванні пристрою для розливу харчової рідини до зазначеного рівня, важливу роль відіграє співвідношення каналів у патроні (рис. 3), рідина із баку подається у патрон для розливу, який герметично притискується до шийки банки. При заповненні тари рідина проходить по каналу між стінкою патрона та повітряною трубкою.

Оскільки величина внутрішнього діаметра D шийки банки задана, то виникає задача визначення співвідношення площ перерізів каналів подачі рідини та каналу відведення повітря із тари. Одним із підходів до вирішення цієї задачі є створення однакових умов протікання потоків рідини та повітря в каналах дозувального патрона.

При проектуванні машин для розливу витрати рідини Q у короткій трубі визначають за формулою

$$Q = \mu S \sqrt{2gH}, \quad (9)$$

де коефіцієнт витрат μ залежить від довжини труби та фізико-механічних характеристик рідини. Так як при подачі рідини у тару з витратами Q із неї одночасно витісняється повітря з такими ж витратами, то мають місце рівняння

$$Q_p = \mu_p S_p \sqrt{2gH}, \quad Q_n = \mu_n S_n \sqrt{2gH}, \quad (10)$$

де μ_p, μ_n - коефіцієнти витрат для рідини та повітря;

S_p, S_n - площі перерізів каналів рідини та повітря відповідно, м².

Площа живого перерізу каналу визначається за формулою

$$S_p = \pi \cdot AB \left(\frac{d}{2} + \left(\frac{d}{2} - 2DB \right) \right); \quad (11)$$

Оскільки $AB = h \cos \alpha$, $DB = AB \sin \alpha = h \cos \alpha \sin \alpha = \frac{1}{2} h \sin 2\alpha$,

то площа живого перерізу каналу на виході із дозуючого пристрою дорівнює

$$S_p = \pi h \cos \alpha (d - h \sin 2\alpha). \quad (12)$$

Підставимо (12) в формулу (9) та визначимо продуктивність дозуючого пристрою

$$Q_m = \mu \cdot \left(\pi \cdot h \cdot \sin \alpha \left(d - \frac{h}{2} \cdot \sin 2\alpha \right) \right) \sqrt{2gH} \quad (13)$$

Визначимо продуктивність дозуючої системи з урахуванням рівняння Бернуллі:

$$H + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\lambda \cdot v^2}{2g} = const, \quad (14)$$

Перетворимо для двох перетинів схеми (I – I), (II – II) (рис. 5): дзеркала продукту в розподільчому резервуарі (I – I) і перетині (II – II) у відсікаючому клапані:

$$H_p + \frac{P_p}{\rho g} + \frac{\lambda \cdot v_p^2}{2g} = H_k + \frac{P_k}{\rho g} + \frac{\lambda \cdot v_k^2}{2g} + \sum \zeta, \quad (15)$$

де H – висота стовпа рідини, м;

H_p – висота стовпа рідини в розподільчому резервуарі, ($H_p = H$), м ;

H_k – висота стовпа рідини в клапані, ($H_k=0$), м;
 $v_p=0$ – швидкість витікання в розподільчому резервуарі, м/с;
 $P_p = P_{am}$ – атмосферний тиск, кПа.
 $P_k = P_{am} + \rho \cdot g \cdot H$;
 $\Sigma \zeta$ – сумарний коефіцієнт опору.

$$Q = \mu \cdot \pi \cdot h \cdot \sin \alpha \left(d_m - \frac{1}{2} h \cdot \sin 2\alpha \right) \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{1 + \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_i}}, \quad (16)$$

де d_m – внутрішній діаметр ущільнюючої манжети, м;
 h – висотою підйому манжети відносно направляючої м;
 α – кут нахилу направляючої, град.;
 μ – коефіцієнт витрат, що характеризує опір зливного тракту;
 $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots, \zeta_i$ – коефіцієнти місцевих опорів (конфузор, дифузор, раптове звуження, розширення, перепона, тощо).

У дозаторі рідини за рівнем у якості визначального вузла розглянуто співвідношення величин перерізів каналів подачі рідини та відведення повітря. Запропоновано спосіб розрахунку співвідношення каналів в залежності від розмірів тари та характеристик рідини, що дозується. Проведено чисельне моделювання процесу протікання рідини по каналу, утвореному манжетою, та направляючою за допомогою кінцево-елементарного аналізу ANSYS. Оптимальними параметрами для зменшення турбулізації рідини в каналі дозатора та зменшення піноутворення є висота підйому манжети відносно направляючої $h = 13$ мм та кут нахилу направляючої $\alpha = 30^\circ$.

У третьому розділі "Програма та методика експериментальних досліджень" визначено основні етапи виконання дослідження. Було розроблено структурно-логічну схему етапів досліджень для досягнення поставленої мети дисертаційної роботи (рис. 4).

Проаналізовано існуючі методи та умови розливу харчових рідин та обґрунтовано вибір найбільш оптимальної моделі розливу харчової рідини до зазначеного рівня. Приведена методика планування повнофакторного експерименту.

Для вивчення процесу розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня розроблено установку, представлена на рис. 5.

Методами математичної статистики із застосуванням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel та Mathcad здійснювався статистичний аналіз характеристик розливу освітленого яблучного соку, перевірка на грубі помилки вимірювання, перевірка достовірності теоретичних залежностей. З метою визначення впливу кута нахилу направляючої, висоти підйому манжети відносно направляючої, висоти стовпа рідини в пристрої для розливу на продуктивність пристрою та точність процесу розливу, а також взаємного впливу цих факторів, використовували ротатабельне центральне композиційне планування повнофакторного експерименту, результати якого оброблялися за допомогою комп'ютерної програми Mathcad.



Рис. 4. Структурно-логічна схема етапів дослідження дисертаційної роботи

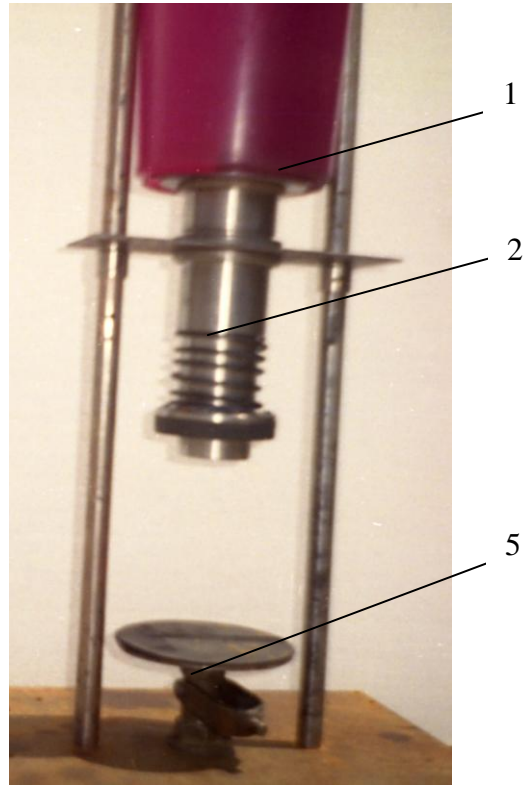
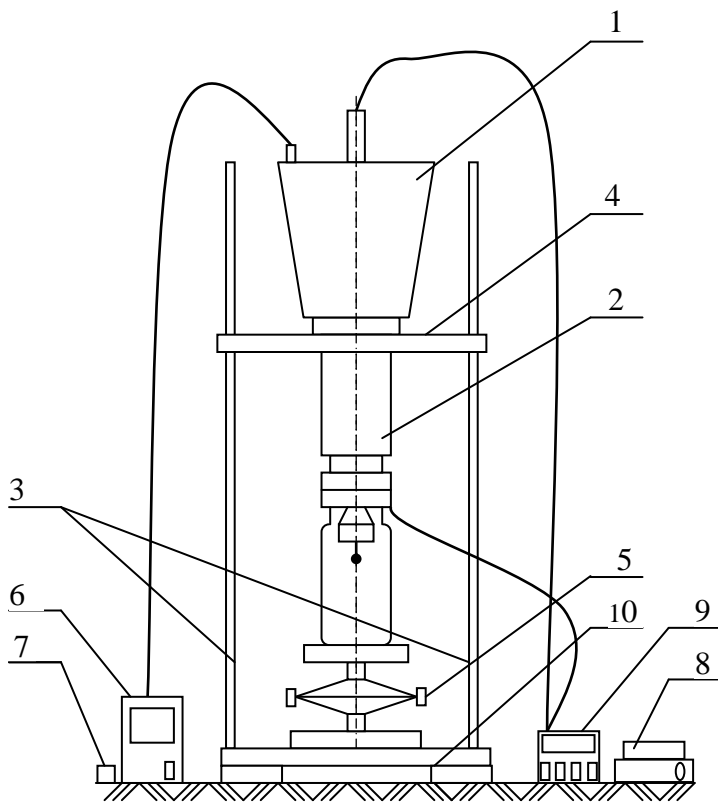


Рис. 5. Принципова схема та загальний вигляд пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня:

1 – бак; 2 – патрон; 3 – опори; 4 – підтримуюча пластина; 5 – механізм піднімання та опускання тари; 6 – потенціометр марки КСП1-ПЗ; 7 – секундомір СП-15; 8 – нагрівальний пристрій; 9 – двоканальний цифровий прилад 2ТРМ1; 10 – станина

У четвертому розділі "Результати експериментальних досліджень процесу розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня" Шляхом проведення повнофакторного експерименту встановлено залежність продуктивності пристрою для розливу (Y) та точності процесу розливу (Z), від кута нахилу направляючої $X_1 = \alpha$, градус; висоти підйому манжети відносно направляючої $X_2 = h$, мм; висоти стовпа рідини в пристрої для розливу $X_3 = H$, м.

В результаті реалізації повнофакторного експерименту було отримано регресивні моделі:

$$Y = 10,788 + 0,726 X_1 + 1,180 X_2 + 0,392 X_3 - 0,036 X_1^2 - 0,082 X_2^2 + 0,035 X_3^2 \quad (17)$$

$$Z = -0,304 - 0,322 X_1 - 0,508 X_2 + 1,107 X_3 + 0,004 X_1 X_2 + 0,004 X_2 X_3 - 0,733 X_1^2 - 0,2667 X_2^2 + 0,12 X_3^2 \quad (18)$$

Аналіз результатів повнофакторного експерименту, представлених у вигляді рівнянь регресії (17) та (18) дають можливість побачити вплив на параметри оптимізації всіх незалежних факторів.

Для визначення впливу кута нахилу направляючої на продуктивність пристрою для розливу та точність процесу розливу, було проведено експериментальні дослідження, а також отримані регресивні залежності представлені на рис. 6.

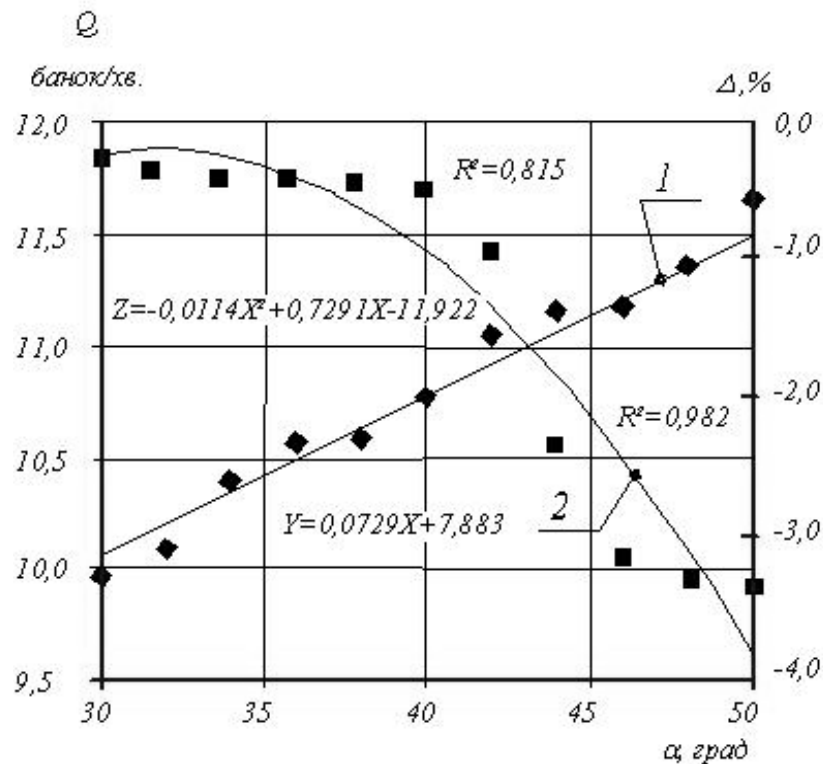


Рис. 6. Залежність продуктивності пристрою для розливу та точності процесу розливу від кута нахилу направляючої при $H=0,4\text{м}$, $h = 0,013\text{м}$
 1 – крива залежності продуктивності від кута нахилу направляючої;
 2 – крива залежності точності процесу розливу від кута нахилу направляючої

При фіксованому значенні фактору X_2 на його оптимальному значенні 13 мм, продуктивність пристрою для розливу зростає. При збільшенні кута нахилу направляючої, більше оптимального значення 30° , зменшується точність процесу розливу, оскільки змінюється траєкторія руху рідини в гідравлічному каналі і рідина попадає на дно банки, що призводить до турбулізації рідини в каналі та збільшення піноутворення. Зі збільшенням кута нахилу направляючої до 47° отримуємо неякісне наповнення тари, точність процесу розливу зменшується до $-3,15\%$, при цьому продуктивність становить 11,179 банок/хв. При куті нахилу 30° продуктивність пристрою для розливу 9,963 банок/хв., точність процесу розливу $-0,3\%$.

На рис. 7 наведено графіки залежностей продуктивності та точності процесу розливу від висоти підйому манжети відносно направляючої, при фіксованих значеннях факторів.

Аналіз кривих дозволяє зробити висновок, що при збільшенні висоти підйому манжети відносно направляючої, продуктивність пристрою для розливу зростає, при досягненні оптимального значення продуктивність веде себе таким самим чином, як і на графічній залежності (рис. 6) від кута нахилу направляючої.

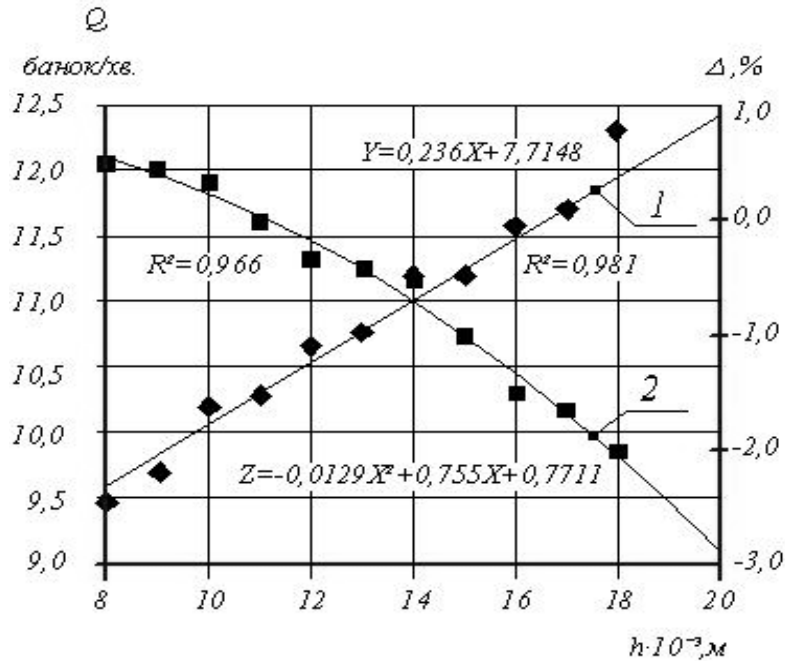


Рис. 7. Залежність продуктивності пристрою для розливу та точності процесу розливу від висоти підйому манжети відносно направляючої при $H=0,4\text{ м}$, $\alpha = 40$ град

- 1 – крива залежності продуктивності від висоти підйому манжети відносно направляючої;
- 2 – крива залежності точності процесу розливу від висоти підйому манжети відносно направляючої

Висота підйому манжети відносно направляючої впливає на точність процесу розливу таким чином: при зміні висоти вихідної щілини від 8 до 18 мм змінюється ширина вихідного каналу, кут нахилу направляючої відносно кута дотичної до стінки банки зсувається відносно оптимального значення 30° , що призводить до зменшення точності процесу розливу, оскільки, як і в попередньому випадку, змінюється траєкторія руху рідини в гідравлічному каналі і рідина потрапляє на дно банки, що призводить до турбулізації рідини в каналі та збільшення піноутворення.

При висоті вихідної щілини в межах 8...11 мм продуктивність пристрою для розливу становить від 9,475 до 10,662 банок/хв., збільшення висоти підйому направляючої призводить до зниження точності процесу розливу, та складає від $-0,33\%$ до -2% .

Результати експериментальних досліджень залежностей продуктивності пристрою для розливу та точності процесу від висоти стовпа рідини в пристрої для розливу зображено на відповідних графічних залежностях рис. 8.

Найбільше значення продуктивності пристрою для розливу спостерігається при висоті стовпа рідини $H = 0,5$ м, при цій же висоті має місце максимальне відхилення від точності процесу розливу $2,75\%$, оскільки дана висота стовпа рідини спричиняє більшу швидкість витікання рідини. При висоті стовпа рідини $H = 0,3$ м відхилення від точності процесу розливу складають $-3,25\%$, оскільки висота стовпа рідини напряму впливає на швидкість витікання.

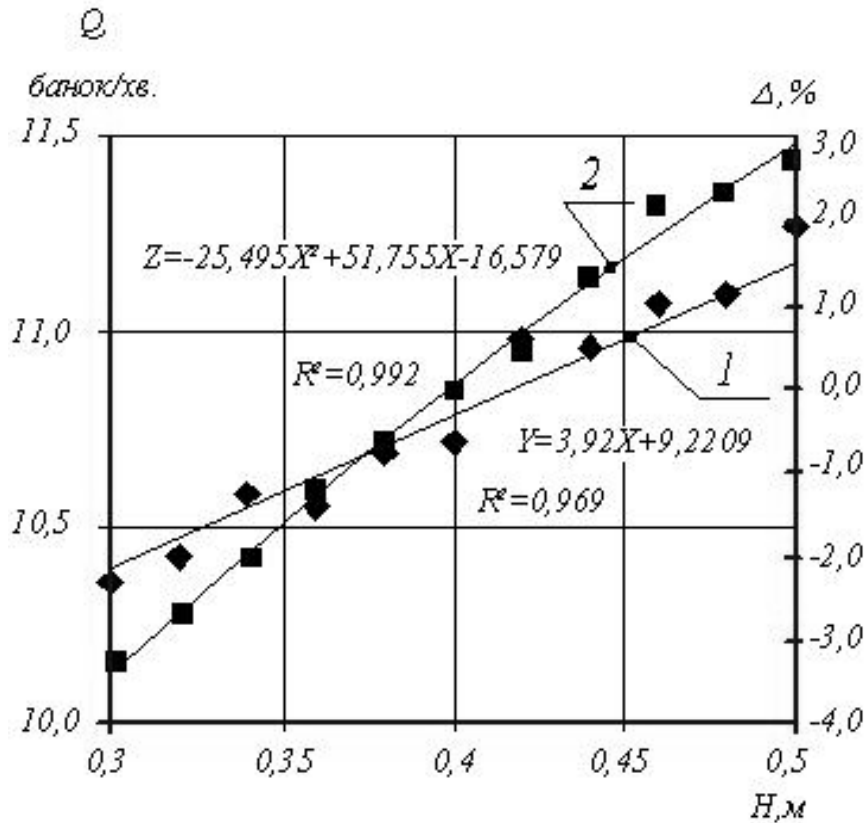


Рис. 8. Залежність продуктивності пристрою для розливу та точності процесу розливу від висоти стовпа рідини при $h=0,013\text{м}$, $\alpha = 40\text{град}$
 1 – крива залежності продуктивності від висоти стовпа рідини;
 2 – крива залежності точності процесу розливу від висоти стовпа рідини

У п'ятому розділі "Практична реалізація результатів досліджень" на основі теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано методику розрахунку параметрів та режимів роботи промислового зразка пристрою для розливу дозувально – наповнювального автомата. Розроблено промисловий зразок пристрою для розливу дозувально – наповнювального автомата продуктивністю 60...120 банок/хв. зі встановленою потужністю електродвигуна 1,1 кВт. Технічна документація передана до товариства з обмеженою відповідальністю НПО "Укрхімпроммаш" (м. Мелітополь, Запорізької області). Порівняльна характеристика найбільш перспективних видів дозувально – наповнювальних автоматів типу ДН1 показує, що розроблена машина має в 1,5 рази більшу продуктивність при тих самих енерговитратах. Спроектований промисловий зразок пристрою для розливу був впроваджений у товаристві з обмеженою відповідальністю "ТРИНА" (с. Тамбовка, Мелітопольського району, Запорізької області) у 2013-2014 рр. Об'єм переробленої сировини за цей період становив 10000 тон. При цьому отриманий прибуток 250000 грн. або 25 грн/т. Економічний ефект від використання промислового зразка пристрою для розливу дозувально – наповнювального автомату типу ДН1 становить 108408 грн. за рік, термін окупності капітальних вкладень – 0,39 р., досягається зниження експлуатаційних витрат – до 55%. При цьому вартість не перевищує 35 тис. грн.

ВИСНОВКИ

1. На підставі проведеного аналізу науково-технічної і патентної літератури встановлено, що на процес розливу харчової рідини впливає продуктивність та точність процесу розливу, а також зазначено, що збільшення продуктивності та точності дозування фасувального обладнання досягається шляхом оптимізації технологічних і конструктивних параметрів.

2. Побудована математична модель процесу розливу харчової рідини в скляну тару та проведено аналіз її гідродинамічної поведінки шляхом чисельного моделювання з використанням програмного комплексу ANSYS.

3. Встановлено на підставі математичного моделювання та аналітичного дослідження процесу розливу харчових рідин до зазначеного рівня, що оптимальними параметрами для зменшення турбулізації рідини в каналі пристрою для розливу та зменшення піноутворення є висота підйому манжети відносно направляючої $h = 13$ мм та кут нахилу направляючої $\alpha = 30^\circ$.

4. Одержані та експериментально підтверджені залежності, що пов'язують технологічні особливості процесу розливу освітленого яблучного соку з технологічними параметрами роботи пристрою для розливу.

5. Досліджено вплив висоти підйому манжети відносно направляючої на режими роботи та конструктивні параметри обладнання для розливу освітленого яблучного соку, визначено, що раціональними значеннями висоти підйому манжети відносно направляючої є значення в межах від 8 мм до 13 мм.

6. Встановлено що раціональним параметром роботи пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня є висота стовпа рідини в пристрої не більше 0,4 м.

7. Визначено раціональні параметри кута нахилу направляючої, які знаходяться в інтервалі від 30 до 45 град, та перевірено його вплив на продуктивність та точність процесу розливу.

8. Розроблено рекомендації для розрахунку конструктивних параметрів і запропоновано промисловий зразок пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня, технічна документація яка передана до товариства з обмеженою відповідальністю НПО "Укрхімпроммаш" (м. Мелітополь, Запорізької області) для впровадження у виробництво. Порівняльна характеристика найбільш перспективних дозувально - наповнювальних автоматів типу ДН1 показує, що розроблений промисловий зразок має продуктивність у 1,5 рази більшу при тих самих енерговитратах.

9. Спроектований промисловий зразок пристрою для розливу пройшов апробацію та впровадження у виробництво в товаристві з обмеженою відповідальністю "ТРИНА" (с. Тамбовка, Мелітопольського району, Запорізької області) у 2013-2014 рр. Об'єм переробленої сировини за цей період становив 10000 тон. При цьому отриманий прибуток 250000 грн. або 25 грн/т. Розрахунок економічної ефективності підтверджує необхідність впровадження спроектованого пристрою для розливу дозувально – наповнювального автомату типу ДН1, оскільки річний прибуток на переробному підприємстві становить 108408 грн., а термін окупності капітальних вкладень – 0,39 р.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гвоздев О.В. Обґрунтування конструкції запорного клапану дозатора – наповнювача рідких продуктів. / О.В. Гвоздев, І.М. Ялоха¹ // Праці Таврійської державної агротехнічної академії – Мелітополь: ТДАТА. – 2001. – Вип. 1. – Т.23. – С. 40 – 44.
2. Змеєва І.М. Обґрунтування впливу основних факторів на процес розливу харчових рідин. / І.М. Змеєва // Праці Таврійської державної агротехнічної академії – Мелітополь: ТДАТА. – 2004. – Вип. 18. – С. 119 – 123.
3. Змеєва І.М. Обґрунтування методу визначення коефіцієнту витрат при розливі харчових рідин. / І.М. Змеєва // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2004. – Вип. 20. – С. 100 – 106.
4. Ялпачик Ф.Ю. Вплив гідравлічної системи на продуктивність дозуючого пристрою. / Ф.Ю. Ялпачик, І.М. Змеєва // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2005. – Вип. 25. – С. 48 – 54.
5. Змеєва І.М. Тенденції розвитку ринку соку України. / І.М. Змеєва // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь: ТДАТА. – 2008. – Вип. 8. – Т.7 – С. 218 – 224.
6. Ялпачик Ф.Ю. Обґрунтування методу визначення коефіцієнту витікання з урахуванням числа Рейнольдса. / Ф.Ю. Ялпачик, І.М. Змеєва // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2010. – Вип. 10. – Т.3. – С. 209 – 214.
7. Ялпачик Ф.Ю. Обґрунтування впливу основних факторів на дозуючі пристрої. / Ф.Ю. Ялпачик, І.М. Змеєва // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2011. – Вип. 26. – С. 281 – 288.
8. Ялпачик Ф.Ю. Методика проведення експериментальних досліджень процесу розливу харчових рідин. / Ф.Ю. Ялпачик, І.М. Змеєва // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2011. – Вип. 11. – Т.6. – С. 317-321.
9. Кюрчев С.В. Чисельне моделювання процесу наповнення скляної тари харчовою рідиною / С.В. Кюрчев, І.М. Змеєва // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ. – 2012 – Вип. 41. – Т.1. – С. 182 – 187.
10. Кюрчев С.В. Моделювання гідродинамічної поведінки струменя при паданні його на дно банки / С.В. Кюрчев, І.М. Змеєва // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2013. – Вип. 30. – С. 281 – 288.
11. Кюрчев С.В. Визначення оптимальних параметрів окремих вузлів дозатора / С.В. Кюрчев, І.М. Змеєва // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2013. – Вип. 31. – С. 212 – 220.
12. Кюрчев С.В. Гидродинамическое поведение пищевой жидкости / С.В. Кюрчев, И.Н. Змеєва // Сборник статей IX Международной научно – практической конференции «Актуальные проблемы научно – технического прогресса в АПК» – Ставрополь: СГУ. – 2013. – С. 111 – 117.
13. Змеєва І.М. Вплив коефіцієнтів місцевих опорів розливної системи на продуктивність дозуючого пристрою / І.М. Змеєва С.В. Кюрчев, Ф.Ю. Ялпачик, М.І. Стручаєв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2013. – Вип. 13. – Т.7. – С. 21 – 27.
14. Кюрчев С.В. Математичне обґрунтування факторів, які впливають на процес розливу харчових рідин / С.В. Кюрчев, І.М. Змеєва // Сборник научных трудов SWorld. – Вип. 1, Т. 8. – Иваново: МАРКОВА АД. – 2014. – С. 84 – 88. (Стаття входить до російської наукометричної бази РИНЦ).

Деклараційний патент:

15. Деклараційний патент на винахід 64321 А Україна, МПК В67С3/16. Пристрій для розливу рідини / Ф.Ю. Ялпачик, О.В. Гвоздев, І.М. Змеєва; заявник та патентовласник ТДАТА (Україна). – №2003054252; заявл. 12.05.2003; опубл. 16.02.2004, Бюл.№2. – 5 с.

¹ Прізвище Ялоха змінено на Змеєва у зв'язку з одруженням, свідоцтво про одруження серія 1-ЖС №096277

Тези і матеріали наукових конференцій:

16. Змеєва І.М. Вплив параметрів гідравлічного тракту дозуючого пристрою на основні критерії оптимізації / І.М. Змеєва // «Молодежь и сельскохозяйственная техника В XXI веке»: мат. V-го Международного форума молодежи. – Харьков. – 2009. – С. 230.

17. Змеєва І.М. Дозатори - наповнювачі рідких продуктів / І.М. Змеєва, Ф.Ю. Ялпачик // «Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку»: тези доповідей VII Міжнародної наук.-практ. конф., 7-9 вересня 2011 р., м. Святогірськ. – 2011. – С. 203-205.

18. Ялпачик Ф.Ю. Визначення оптимальних параметрів дозатора з використанням програмного комплексу ANSYS/ Ф.Ю. Ялпачик, І.М. Змеєва // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків. – 2012. – Ч. 1. – С. 397 – 398.

19. Кюрчев С.В Продуктивність дозуючого пристрою як основний критерій оптимізації / С.В. Кюрчев, І.М Змеєва // «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг»: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 75-річчю з дня народження ректора університету (1988-1991рр.), д.т.н., проф., член-кореспондента ВАСГНІЛ Беляєва М.І., 19 листопада 2013 р., м. Харків. – 2013. – Ч. I. – С.348 – 349.

20. Кюрчев С.В Вплив конструктивних параметрів дозатора на продуктивність / С.В. Кюрчев, І.М Змеєва // Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: мат. IX – і Міжнар. наук.-практ. конф. – Кіровоград.– 2013. – Вип. 1. – С. 99 – 100.

21. Змеєва І.М. Вплив коефіцієнтів місцевих опорів на продуктивність дозуючого пристрою / І.М Змеєва, С В. Кюрчев // «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно – ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді»: тези допов. Всеукр. наук.-практ. конф. мол.учен. і студ., 26 березня 2014 р., м. Харків. – 2014. – Ч. I. – С. 321.

Особистий внесок

У роботах 1, 17 здобувачем проведено літературний огляд, обґрунтовано конструкцію запірного клапану дозатора – наповнювача рідких продуктів та запропоновано методу його проектування; у 15 роботі здобувачем особисто сформульовано формулу винаходу та виконано підготовку опису до деклараційного патенту на винахід.

У роботах 2, 4, 7, 11, 14 здобувачем проаналізовано та обґрунтовано вплив гідравлічної системи на продуктивність пристрою для розливу та зроблені висновки.

У роботі 6, 8 здобувачем обґрунтовано метод визначення коефіцієнту витікання з урахуванням числа Рейнольдса та розроблена методика проведення експериментальних досліджень процесу розливу харчових рідин, проаналізовані та оброблені отримані результати.

У роботах 9, 10, 12 здобувачем проведено комп'ютерне моделювання процесу наповнення скляної тари харчовою рідиною та моделювання гідродинамічної поведінки струменя при паданні його на дно банки та сформульовані висновки.

У роботах 13, 16, 18-21 здобувачем проведені експериментальні дослідження, проаналізовані та оброблені отримані результати.

У всіх роботах автор брав участь у підготовці матеріалів до публікацій.

АНОТАЦІЯ

Змєєва І.М. Обґрунтування режимів та параметрів обладнання для розливу освітленого яблучного соку. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Вінницький національний аграрний університет Міністерства аграрної політики та продовольства України, Вінниця, 2015.

В дисертаційній роботі викладене нове вирішення науково-прикладного завдання, яке полягає у збільшенні продуктивності пристрою для розливу та точності процесу розливу шляхом оптимізації технологічних і конструктивних параметрів, режимів роботи пристрою для розливу дозувально – наповнювального автомату.

Отримано та експериментально підтверджено залежності, що пов'язують технологічні та конструктивні показники процесу розливу освітленого яблучного соку з технологічними параметрами роботи пристрою для розливу. Знайдено залежності між висотою підйому манжети відносно направляючої, висотою стовпа рідини в пристрої для розливу, кутом нахилу направляючої на продуктивність пристрою для розливу та точністю процесу.

Розроблено методику розрахунку технологічних та конструктивних параметрів пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня. Запропоновано промисловий зразок пристрою для розливу. Результати досліджень впроваджено у виробництво.

Ключові слова: *пристрій для розливу, освітлений яблучний сік, обладнання для розливу, дозування, оптимальні параметри процесу розливу.*

АННОТАЦИЯ

Змеева И.Н. Обоснование режимов и параметров оборудования для разлива осветленного яблочного сока. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Винницкий национальный аграрный университет Министерства аграрной политики и продовольствия Украины, Винница, 2015.

В диссертационной работе изложено новое решение научно-прикладного задания, которое заключается в увеличении производительности разливочного устройства и точности дозирования, путем оптимизации технологических и конструктивных параметров, а также режимов работы разливочного устройства дозирующе - наполнительного автомата.

Обоснована актуальность темы. На основе изучения оборудования для разлива пищевых жидкостей, методов разлива, выделены основные факторы влияющие на процесс разлива в целом. Анализ конструкций существующих дозирующе - наполнительных автоматов позволил выделить гравитационный метод разлива, как перспективный при разливе осветленного яблочного сока для увеличения производительности разливочного устройства и точности дозирования. Выполнена постановка задач, сформулированы основные положения, которые

составляют научную новизну и практическое значение работы.

Аналитические исследования процесса разлива пищевой жидкости базировались на использовании численного моделирования на основе программного комплекса ANSYS. В результате получены зависимости, связывающие основные параметры и режимы работы разливочного устройства: высоту подъема манжеты относительно направляющей, высоту столба жидкости, угол наклона направляющей.

Для проверки и дополнения теоретической модели разработана экспериментальная установка для экспериментального исследования процесса розлива осветленного яблочного сока. Проанализированы существующие и обоснован выбор метода определения точности дозирования.

В результате исследований установлено, что рациональными параметрами работы разливочного устройства являются: высота подъема манжеты относительно направляющей должна находиться в пределах от 8 до 13 мм; высота столба жидкости в разливочном устройстве не должны выходить за пределы 0,4 м; угол наклона направляющей должен находиться в пределах от 30 до 45 град.

Разработан промышленный образец разливочного устройства и рекомендации для расчета его технологических и конструктивных параметров, осуществлено внедрение разработок в производство. Сравнительная характеристика наиболее перспективных дозирочно - наполнительных автоматов типа ДН1 показывает, что разработанный промышленный образец имеет производительность в 1,5 раза выше при тех же энергозатратах. Расчет экономической эффективности подтверждает необходимость внедрения спроектированного разливочного устройства дозирочно - наполнительного автомату типа ДН1, поскольку годовая прибыль на перерабатывающем предприятии составляет 108408 грн. за год, а срок окупаемости капитальных вложений - 0,39 лет.

Ключевые слова: *разливочное устройство, осветленный яблочный сок, оборудование для розлива, дозирование, оптимальные параметры процесса розлива.*

ANNOTATION

Zmeyeva I. N. Justification of modes and parameters of equipment for bottling the clarified of apple juice. - Manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences, specialty 05.18.12 – Processes and Equipment of Food, Microbiological and Pharmaceutical Production. – Vinnytsia National Agrarian University, Ministry of Agriculture and Food of Ukraine, Vinnitsa, 2015.

The thesis envisages a new solution of scientific and applied problems. The aim is to improve the increasing productivity of pouring device and dosing accuracy through the optimizing technological and constructive parameters, and operating modes for pouring device of dosage filling machine.

Dependencies that colligate the technological and design indicators of the filling process of clarified apple juice with technological parameters of the filling device are obtained and experimentally verified. The dependency between lifting height cuff relative to the guide, the height of the liquid column in the pouring device and angle guide to pouring device efficiency and accuracy of dosing is found.

The method of calculation technological and constructive parameters of pouring device for clarified apple juice to the specified level is investigated. Industrial model of the filling device is proposed. The results of research are introduced into production.

Key words: *pouring device, clarified apple juice, equipment for the pouring, dosage, optimal parameters of pouring process.*

Підписано до друку 04.11. 2014 р. Формат 60×84/16.
Замовлення № 136 від 03.11. 2014
Обсяг 1,0 ум. друк. арк. Тираж 120.

Адреса редакції видавця та поліграф підприємства:
72312 м. Мелітополь, ТДАТУ, пр-т Б. Хмельницького, 18
Типографія Таврійського державного агротехнологічного університету.

