ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Ковальова Олександра Олександровича**

«ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТРУМИННО-ЩІЛИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА З РОЗДІЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ ВЕРШКІВ»

поданої до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – «машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»

Актуальність теми

Підвищення ефективності технологічних процесів переробки сільськогосподарської продукції за рахунок зниження енерговитрат є актуальною проблемою, зокрема і підчас переробки молока.

Одержання якісного питного молока і молочних продуктів потребує чіткого забезпечення нормативних показників сировини за вмістом та дисперсним складом жирової фази, що реалізується шляхом гомогенізації молока. Гомогенізація є одним з найбільш енергоємних процесів виробництва молочної продукції. Незважаючи на досить високий рівень техніки і різноманіття принципово різних конструкційно-технологічних рішень для гомогенізації молочних продуктів, найбільш поширеними залишаються пристрої клапанного типу, питомі витрати енергії яких сягають до 8 кВт·год/т.

Таким чином дослідження процесу та створення нових енергоефективних засобів гомогенізації молочної сировини для переробних підприємств є актуальною задачею, на вирішення якої спрямована дана дисертаційна робота.

Зв'язок дисертаційної роботи з державними науковим програмами, планами, темами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки

У дисертаційній роботі представлені результати досліджень одержані автором у рамках виконання програми науково-дослідних робіт за проектами «Розробка технологій і технічних засобів для переробки і зберігання сільськогосподарської продукції» (ДР №0111U002551) та «Розробка технологій і технічних засобів для переробки і зберігання сільськогосподарської продукції

та процесів і обладнання харчових виробництв» (ДР №0116U002730), що виконувались кафедрою обладнання переробних і харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного у період з 2010 по 2020 роки.

Автором вирішено науково-технічну задачу зменшення енергоємності процесу гомогенізації за умови збереження нормативних показників якості молочної сировини, шляхом обґрунтування параметрів струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків. Одержані автором результати відповідають пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення, висновки і рекомендації, викладені у дисертаційній роботі є достатньо обґрунтованими відповідно до основних законів теоретичної механіки та гідродинаміки. Достовірність отриманих даних підтверджується використанням сучасних методів досліджень, статистичної обробки експериментальних даних, адекватністю математичної моделі.

У дисертації представлено отримані автором наукові та практичні результати та обґрунтовано раціональні конструкційно-технологічні параметри, що дозволяють стверджувати про доцільність використання розробленого струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків.

Достовірність результатів дисертаційної роботи

Достовірність отриманих математичних моделей було перевірено за допомогою проведеного планованого експерименту з використанням стандартних методів досліджень, результати підтверджені експериментально та мають практичне впровадження. Поставлені у роботі задачі вирішено на засадах класичної гідродинаміки, теорії затоплених струменів, граничного шару Шліхтінга, локальної ізотропної турбулентності Колмогорова-Обухова, моделювання процесу в програмному комплексі кінцево-елементного аналізу ANSYS з попереднім створенням геометричної моделі в програмі Solid Works. Експериментальні дані оброблено за загальноприйнятими методиками з використанням прикладного програмного забезпечення Microsoft Excel, застосовано макрофотографування з використанням цифрової камери та обробки отриманих результатів за допомогою програмного забезпечення для

аналізу зображень Microsoft Visual Studio. Достовірність результатів експериментальних досліджень є такою, що відхилення від установлених закономірностей не перевищує 5%.

Наукова новизна дисертаційної роботи

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень процесу диспергування жирової фази молока, автором отримані наукові результати, які полягають в наступному:

- розроблено математичну модель процесу гомогенізації молока в струминно-щілинному гомогенізаторі з роздільною подачею вершків, використання яких дозволило оптимізувати параметри процесу щодо витрат енергії на диспергування жирових кульок до нормативного рівня;
- удосконалено теорію гідродинамічного диспергування молочної емульсії на принципах кореляції відносної швидкості дисперсійної та дисперсної фаз і критерію Вебера з врахуванням конструкційних параметрів розробленого струминно-щілинного гомогенізатора молока параметрів впливу кільцевої щілини;
- удосконалено математичну модель гомогенізації в струминно-щілинному гомогенізаторі з роздільною подачею вершків за рахунок одночасного проведення диспергування та нормалізації молочної емульсії за жирністю.

Практична цінність отриманих результатів

Обґрунтовано параметри процесу та визначено критичне значення критерія Вебера для гомогенізації молока в струминно-щілинному гомогенізаторі, який дає можливість прогнозувати показники процесу гомогенізації.

Встановлено раціональні конструкційно-технологічні параметри струминно-щілинного гомогенізатора з роздільною подачею вершків щодо забезпечення високої енергоефективності та нормативної дисперсності жирової емульсії.

Розроблено методику розрахунку та промисловий зразок струминно-щілинного гомогенізатора з роздільною подачею вершків, результати досліджень передано до впровадження у ПП ВКФ «Харчоналадка» (акт від 26.04.2018р). Макетний зразок розробленого струминно-щілинного гомогенізатора з роздільною подачею вершків впроваджено на МЖК

«Південний» (акт від 29.05.2018р).

Результати наукових досліджень використовуються в навчальному процесі Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь, Запорізька обл.) при викладанні дисципліни «Технологічне обладнання переробних і харчових виробництв», «Процеси і апарати харчових виробництв».

Структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 228 сторінок, з них основна частина дисертації складає 115 сторінки друкованого тексту, включає 37 рисунків, 6 таблиць та 107 формул, бібліографічний список з 208 джерел.

Обсяг і оформлення дисертації відповідає вимогам щодо дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Зміст та структура автореферату узгоджені з дисертаційною роботою.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційних досліджень, сформульовано мету і завдання для її досягнення, викладено наукову новизну досліджень і практичну цінність отриманих результатів. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами і темами, також вказано особистий внесок здобувача в апробації результатів та публікаціях.

У першому розділі «Стан питання, мета і задачі дослідження» дано аналіз літературних джерел, щодо існуючих теоретичних та практичних напрямів розвитку технології та засобів гомогенізації молочної сировини, встановлено потребу досліджень та розробки енергоефективних конструкційно-технологічних рішень, які здатні забезпечити зменшення середнього діаметра жирових кульок до технологічно обумовлених показників за умови суттєвого зниження питомих витрат енергії. Результати аналізу дозволили виділити критерій Вебера в якості чинника, що відіграє визначальну роль в диспергуванні дисперсної фази молочної емульсії.

Проведений літературний огляд щодо теми досліджень виконано на достатньому для визначення мети та завдання дослідження рівні.

У другому розділі «Теоретичні основи процесу струминно–щілинної гомогенізації молока» представлено результати аналітичних досліджень процесу гомогенізації, дано конструкційно-технологічну схему струминно-щілинного гомогенізатора молока. Дано залежності взаємозв’язку між конструкційними параметрами струминно-щілинного гомогенізатора з

розділеною подачею вершків, параметрами процесу гомогенізації, його енергетичними характеристиками та нормативними параметрами жирової фази молока, теоретично обґрунтовані раціональні конструкційно-технологічні параметри розробленого гомогенізатора.

У третьому розділі «Програма та методика теоретичних та експериментальних досліджень» описано методи досліджень щодо експериментальної перевірки адекватності та уточнення залежностей, отриманих в результаті аналітичних досліджень, дано конструкційно-технологічну схему та описано принцип роботи лабораторної установки для досліджень струминно-щілинного гомогенізатора з роздільною подачею вершків, визначено межі варіювання факторів та розроблено програму експериментальних досліджень.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження процесу струминно-щілинної гомогенізації молока» представлені результати обробки даних експериментальних досліджень взаємозв'язку між параметрами процесу гомогенізації з використання розробленого струминно-щілинного гомогенізатора, його енергетичними характеристиками та параметрами жирової фази молока. Здійснено перевірку адекватності одержаних теоретичних залежностей і проведено обґрунтування раціональних параметрів струмино-щілинного гомогенізатора з роздільною подачею вершків. Експериментально підтверджено теоретичні розрахунки, щодо визначальної ролі в процесі роботи розробленого гомогенізатора різниці швидкостей дисперсійної та дисперсної фаз і обґрунтовано раціональне значення критерію Вебера для досліджуваного процесу. Проведено оцінку дисперсних характеристик молочної емульсії, отриманої в процесі роботи розробленого струминно-щілинного гомогенізатора з роздільною подачею вершків та підтверджено його ефективність у порівнянні з гомогенізаторами клапанного типу.

У п'ятому розділі «Практична реалізація результатів досліджень» на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень запропонована методика розрахунку промислового зразку струминно-щілинного гомогенізатора з роздільною подачею вершків. Описано розроблений макетний зразок струминно-щілинного гомогенізатора молока з продуктивністю 2500 кг/год, встановленою потужністю електродвигуна 8 кВт, який забезпечує одержання молоко жирністю 2–4% з середнім діаметром жирових кульок 0,75–0,80 мкм з питомими енерговитратами 0,74 кВт·год/т. Дано результати розрахунку економічної ефективності впровадження струминно–щілинного гомогенізатора молока з розділеною подачею вершків.

Додатки містять оглядові дані щодо фізичних принципів гомогенізації та стабільності молочної емульсії, механізмів руйнування жирових кульок,

технології роздільної гомогенізації, огляд конструкцій клапанних гомогенізаторів молока та основних факторів процесу диспергування в клапанній щілині, результати розрахунку економічної ефективності впровадження розробленого струминно–щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків, копії патентів на корисну модель та актів впровадження і передачі результатів досліджень, копії сертифікатів про участь у конференціях.

Повнота висвітлення основних результатів

Основні результати дисертаційної роботи викладено у 28 наукових працях, у тому числі: 8 статей у фахових виданнях України та 4 у закордонному виданні, 6 патентів України на корисну модель, 8 публікацій наукових конференцій.

Ідентичність змісту автореферату дисертації

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації та у повній мірі відображає отримані наукові результати.

Зауваження, що виникли по дисертаційній роботі

1. Пункт 1.5 «Огляд існуючих конструкцій гомогенізаторів молока» доцільно було доповнити узагальненою класифікацію гомогенізаторів у вигляді таблиці або блок-схеми.

2. Залежність питомих енерговитрат та середнього діаметра жирових кульок від довжини кільцевої щілини (рис. 2.5, 2.9) свідчить про незначний вплив на процес форми внутрішньої поверхні конфузора (зокрема у обґрунтованому діапазоні довжини кільцевої щілини 8,7-8,9 мм), хоча автор робить висновок про ефективність саме конічного профілю.

3. Розділ 2 необхідно було доповнити схемами до розрахунку параметрів розробленого пристрою.

4. Пункт 3.6 окрім обраної методики оцінювання якості гомогенізації містить значну частину оглядової інформації, яку доцільно було не включати у розділ 3.

5. У дисертаційній роботі дано оцінку енерговитрати розробленого струминно-щілинного гомогенізатора у порівнянні з гомогенізаторами клапанного типу. Разом з тим зазначено про існування інших типів гомогенізаторів (кавітаційний гідродинамічний гомогенізатор, мікрофлюідізатор, протитечійно-струминний та струминний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків). Доцільно було дати оцінку у порівнянні з іншими типами гомогенізаторів.

6. Під час оцінки економічної ефективності не враховано технологічні відмінності розробленого струминно-щілинного гомогенізатора та базової машини, а саме затрати на попереднє розділення молока на вершки високої жирності і відвійки (обґрунтована автором жирність вершків має знаходитись в діапазоні 40–50 %).

7. Додатки А, Б, В та Г мають загальний характер, не стосуються безпосередньо об’єкту і предмету досліджень та частково дублюють інформацію з першого розділу дисертації, їх можна було не включати у рукопис.

8. Вжито некоректний термін «межі коливання факторів…», який у різних варіантах зустрічається у всіх розділах дисертації.

ВИСНОВОК

Зазначенні зауваження не відносяться до основних наукових положень дисертації та не впливають на загальну оцінку роботи щодо її наукової цінності.

Дисертаційна робота Ковальова О. О. «Обґрунтування параметрів струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків» є завершеною науковою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати та прикладні положення, які в сукупності забезпечують вирішення поставлених у роботі завдань.

За галузевою спрямованістю та змістовим наповненням робота відповідає вимогам паспорту спеціальності 05.05.11 – «машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва».

Обсяг та рівень виконаної автором роботи говорить про його достатньо високий науковий рівень, вміння вирішувати поставлені завдання використовуючи сучасні методі досліджень.

В цілому дисертаційна робота «Обґрунтування параметрів струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків» за змістом, науковими результатами, рівнем теоретичних і експериментальних досліджень, обсягом і оформленням є завершеною науковою роботою та відповідає вимогам

«Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор Ковальов Олександр Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – «машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва».

Офіційний опонент:
провідний науковий співробітник відділу
біотехнічних систем в тваринництві та заготівлі кормів
Національного наукового центру «Інститут механізації
та електрифікації сільського господарства»,
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник _____ **В. В. Ткач**

«21» 04 2021 р.

Підпис Ткача Віталія Васильовича засвідчую:

Провідний інспектор з кадрів ННЦ «ІМЕСГ»_____ Н. О. Скокова