

ВІДГУК

офіційного опонента

професора кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування Державного біотехнологічного університету, кандидата технічних наук, доцента **ЖИЛИ Віктора Івановича** на дисертацію **САВОЙСЬКОГО Олександра Юрійовича** на тему **«Електротехнологічний комплекс сушіння фруктової сировини з використанням прямого електронагріву та ультразвуку»**, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи»

Актуальність теми дослідження, її зв'язок із науковими програмами і планами. Сухофрукти відіграють важливу роль у житті людини, забезпечуючи організм необхідними вітамінами, мінералами та іншими корисними речовинами протягом усього року, особливо в періоди, коли свіжі фрукти недоступні. Вони мають тривалий термін зберігання та зберігають більшість своїх корисних властивостей після обробки, що робить їх незамінними в раціоні людини. Сухофрукти використовуються не тільки як самостійний продукт, але й у кулінарії, медицині та навіть косметології. Вони є важливою частиною здорового харчування та сприяють зміцненню імунітету.

Актуальність теми «Електротехнологічний комплекс сушіння фруктової сировини з використанням прямого електронагріву та ультразвуку» є незаперечною, оскільки її дослідження спрямоване на розробку та впровадження сучасних електротехнологій у технологічний процес сушіння сільськогосподарської продукції. Використання прямого електронагріву та ультразвуку є інноваційним підходом, який дозволяє значно підвищити ефективність процесу сушіння, знизити енергетичні витрати та забезпечити високу якість кінцевого продукту. Прямий електронагрів забезпечує швидке та рівномірне нагрівання сировини, що дозволяє знизити тривалість процесу сушіння. Ультразвук, в свою чергу, сприяє інтенсифікації процесів теплопереносу та випаровування вологи, що

дозволяє зберегти більше корисних речовин у готовому продукті. Такі технології мають велике значення для промисловості, оскільки дозволяють зменшити час обробки, зберегти корисні властивості фруктів та забезпечити їхню безпеку для споживачів.

Роботу було виконано згідно з науково-дослідною тематикою кафедри енергетики та електротехнічних систем Сумського національного аграрного університету при виконанні держбюджетної наукової теми «Розробка методів і технічних засобів енергетичного і інформаційного впливу полів різної фізичної природи на сільськогосподарські продукти та матеріали» (номер державної реєстрації 0116U005120, 2018–2020 рр.), у якій здобувач був співвиконавцем.

Структура дисертації. Робота містить анотації, вступ, 4 розділи, висновки, перелік використаних літературних джерел та додатки.

У **вступі** розглянуто сучасний стан проблеми, вказано на актуальність теми дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформувано мету та завдання дослідження.

У **розділі 1** наведено характеристику фруктів як об'єкту сушіння, проведено аналіз існуючих методів і технічних засобів для попередньої обробки та сушіння фруктової сировини. Встановлено, що сьогодні дослідницький підхід орієнтований не тільки на збільшення обсягів виробництва та зниження витрат, але й на покращення якості кінцевого продукту. Виявлено недоліки існуючих технологій і обладнання для попередньої обробки та сушіння фруктової сировини

У **розділі 2** запропоновано електротехнологічний комплекс для забезпечення якісного та енергоефективного сушіння фруктової сировини під впливом ультразвуку та прямого електричного нагріву. На основі складеної електричної схеми заміщення отримано аналітичні залежності акустичних та електричних параметрів електроакустичної системи для ультразвукової обробки фруктів від частоти ультразвукових коливань. Складено математичну модель комбінованого сушіння, що

враховує внутрішні джерела тепла, обумовлені прямим електричним нагрівом фруктової сировини. Отримані теоретичні результати надали можливість визначити вимоги до джерела живлення електротехнічного комплексу та розрахунку його робочих органів.

У розділі 3 описано принцип та алгоритм роботи виготовленої експериментально-дослідної установки, представлено методику проведення та результати експериментальних досліджень процесів попередньої ультразвукової обробки та сушіння фруктової сировини з використанням прямого електричного нагріву. Проведено аналіз експериментальних даних.

У розділі 4 показано загальний вигляд та конструктивні особливості запропонованого електротехнічного комплексу комбінованого сушіння фруктової сировини та ультразвукової попередньої обробки. Розроблено структурну й функціональну схеми системи автоматизованого керування, створено програму для контролера в середовищі CODESYS та виконано візуалізацію системи автоматизованого керування електротехнологічним комплексом.

Список використаної літератури із 118 найменувань охоплює сучасні вітчизняні та закордонні публікації за темою дисертаційного дослідження.

Висновки охоплюють узагальнюючі результати досліджень та рекомендації щодо подальшого їх застосування в електротехнологічних комплексах для сушіння фруктової сировини.

Додатки до дисертації містять методику чисельних розрахунків та результати моделювання комбінованого процесу сушіння з використанням прямого електричного нагріву, числові результати експериментальних досліджень, розрахунок ультразвукового випромінювача для електроакустичної системи обробки фруктів перед сушінням та акти впровадження результатів дисертації.

Наукова новизна отриманих результатів. Уперше обґрунтовано структуру електротехнологічного комплексу для здійснення комбінованого процесу зневоднення фруктової сировини, що відрізняється від відомих

застосуванням прямого електричного нагріву та попередньої обробки ультразвуком, при якому забезпечується зниження енергоємності виробництва із забезпеченням якості готової продукції.

Удосконалено одновимірну математичну модель комбінованого процесу сушіння з використанням прямого електричного нагріву шляхом врахування динаміки зміни питомого електричного опору сировини від температури зразків та їх вологовмісту, що дає змогу визначити вимоги до джерела живлення електротехнологічного комплексу сушіння фруктової сировини.

Уперше на основі експериментальних досліджень визначено параметри електроакустичної системи із джерелом живлення для попередньої обробки сировини, що забезпечило допустиме значення інтенсивності вивільнення рідини з внутрішньоклітинного простору.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено новий електротехнічний комплекс для виготовлення високоякісних сушених фруктів під впливом ультразвуку та прямого електричного нагріву. Запропоновано структуру і технічне рішення комплексу. Оригінальність розробленого способу сушіння підтверджено патентом України на корисну модель.

Промислова апробація електротехнологічного комплексу сушіння фруктової сировини з використанням прямого електронагріву та ультразвуку проведена в промислових умовах ТОВ «СП «АГРОДІМ» Бахмацького району Чернігівської області та ТОВ «СУМИФІТОФАРМАЦІЯ» м. Суми.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі енергетики та електротехнічних систем Сумського національного аграрного університету

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання полягає в тому, що на підставі виконаних досліджень вирішено актуальне наукове завдання розроблення математичних моделей та заходів підвищення енергетичної ефективності електротехнологічного

комплексу сушіння фруктової сировини шляхом застосування попередньої ультразвукової обробки та прямого електричного нагріву, що дає змогу інтенсифікувати процеси тепломасообміну та зменшити витрати енергії в процесі отримання сушених фруктів.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації О. Ю. Савойського забезпечується аргументованою постановкою мети і задач дослідження, коректним використанням основних положень теорії коливань, методів теорії звуку, теорії електроакустичних перетворювачів, теорії електромагнітного поля, теорії тепло- й масообміну, теорії автоматичного керування та статистичної обробки даних з використанням комп'ютерних технологій, а також комплексним аналізом отриманих результатів дослідження, обґрунтованістю та якісним формулюванням отриманих висновків.

Повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, відповідає вимогам МОН України. Основні положення та результати дисертаційних досліджень опубліковано у 24 наукових працях, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях України, 3 статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 2 статті у наукових виданнях інших держав, 11 тез наукових доповідей, патент України на корисну модель.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися та обговорювалися на 7 Міжнародних та 4 Всеукраїнських науково-технічних і науково-практичних конференціях, які проходили у 2016–2023 роках.

Рівень виконання поставленого наукового завдання та володіння здобувачем методологією наукової діяльності. Рівень виконання поставленого наукового завдання високий. Ефективність виконання наукового завдання була досягнута завдяки вдало використаній методології як сукупності прийомів дослідження та вмілому її застосуванню.

У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових методів пізнання. Теоретичні дослідження базуються на проведенні математичного моделювання з використанням наукових положень теорії коливань, методів теорії звуку, теорії електроакустичних перетворювачів, теорії електромагнітного поля, теорії тепло- й масообміну, теорії автоматичного керування та статистичної обробки даних з використанням комп'ютерних технологій. Ефективному виконанню наукового завдання також сприяло використання сучасних програмних продуктів. Експериментальні дослідження проводилися з використанням експериментально-дослідної установки комбінованого сушіння фруктової сировини.

Оформлення дисертації. Дисертація оформлена згідно з нормативними вимогами і стандартами з дотриманням системного викладення матеріалу. Робота написана державною мовою з використанням наукового та літературного стилів викладення матеріалу. Текст дисертації переважно позбавлений граматичних та орфографічних помилок, а також технічних недоліків. Основні положення, висновки, пропозиції та рекомендації дисертації в цілому характеризуються послідовністю, аргументованістю і завершеністю.

Питання для дискусійного обговорення та недоліки дисертації щодо її змісту та оформлення. Оцінюючи позитивно дисертацію О. Ю. Савойського, слід відмітити окремі недоліки та висловити певні зауваження та рекомендації:

1. У вступі в методах дослідження варто було б вказати про електротеплові перетворення енергії, які мають місце при прямому електронагріві (джоулеве тепло).

2. Під час аналізу існуючих методів та засобів сушіння фруктової сировини у параграфі 1.2 при зазначенні питомих енергетичних затрат на видалення 1 кг вологи за різних способів зневоднення бажано було

б вказати мінімальні теоретичні значення для порівняння ефективності роботи апаратів.

3. У параграфі 1.3 (с. 37) автор вказує на недоліки прямого електричного нагріву на етапі попереднього термічного бланшування. Тоді чому даний вид нагріву обрано як основний під час сушіння?

4. При визначенні електроакустичних параметрів ультразвукової системи для попередньої обробки фруктів у параграфі 2.2 недостатньо обґрунтовано вибір робочої частоти 21,6 кГц. Доцільно було б на рис. 2.6 розширити діапазон досліджуваних частот для отримання більш повної інформації.

5. При розробці електротехнологічного комплексу не в повній мірі обґрунтовано схематичні рішення організації системи прямого електричного нагріву сировини.

6. У параграфі 4.2 необхідне пояснення чому при розрахунку параметрів робочого органу (ультразвукового випромінювача) електроакустичної системи обрано частоту 22 кГц, а не 21,62 кГц як визначено у розділі 2 дисертації.

7. У загальних висновках не вказано на який рік були закладені ціни енергоносіїв при визначенні техніко-економічних показників.

8. Робота не позбавлена граматичних і стилістичних неточностей (с. 2, 3, 20, 128, 129, 130, 141).

Зауваження не стосуються основних положень і результатів дисертації, не знижують її наукової та практичної цінності і не впливають на загальний позитивний висновок щодо роботи.

Загальна оцінка роботи та її відповідність встановленим вимогам.
Дисертація Савойського Олександра Юрійовича «Електротехнологічний комплекс сушіння фруктової сировини з використанням прямого електронагріву та ультразвуку» за актуальністю, ступенем новизни представлених результатів, їх наукової обґрунтованості, повноти викладення в опублікованих наукових працях, рівнем виконання поставленого наукового

завдання та володінням методологією наукової діяльності відповідає вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття ступеня кандидата технічних наук.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи», а також вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», постанови Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів», яка поширюється на осіб, які продовжують здобувати науковий ступінь кандидата наук відповідно до абзацу 3 пункту 3 постанови Кабінету Міністрів України № 567 від 27 липня 2016 року, а її автор – Савойський Олександр Юрійович заслуговує на присудження ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи».

Офіційний опонент

**професор кафедри інтегрованих електротехнологій
та енергетичного машинобудування**

Державного біотехнологічного університету

кандидат технічних наук, доцент



Віктор ЖИЛА

Підпис *Віктор Жила*
ЗАСВІДЧУЮ
Керівник відділу діловодства ДБТУ
Олександра Мегич