

ВІДГУК

офіційного опонента Жильцова Андрія Володимировича на дисертаційну роботу Савойського Олександра Юрійовича «Електротехнологічний комплекс сушіння фруктової сировини з використанням прямого електронагріву та ультразвуку», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

1. Актуальність теми дисертації

Сушка продуктів рослинного походження, таких як фрукти, овочі, гриби - один із найдавніших способів консервування та зберігання їжі. Посіви зазвичай сушать конвекцією, а теплоносії для сушіння - зазвичай нагріте повітря.

Цей процес має на меті вилучити значну кількість води, яку містить висушений продукт, що безпосередньо впливає на якість та харчову цінність продукту. Крім того, це значно зменшує вагу продуктів і дозволяє довго зберігати при відповідних умовах. Важливо підтримувати якість продукції під час сушіння.

Важливим елементом сушіння овочів і фруктів у сушарках є енергетичні та матеріальні витрати, які зазвичай визначають рентабельність сушіння. Багато досліджень показують, що існують можливості для значної економії енергії та палива, і, таким чином, підвищення охорони навколишнього середовища.

Процес сушіння дуже енергозатратний і дорогий, але також незамінний. Практично в кожній галузі обробки рослин використовується сушка як певний етап.

У зв'язку з цим тема дисертації Савойського О.Ю., яка спрямована на розроблення електротехнологічного комплексу з підвищеною енергоефективністю для здійснення комбінованого процесу зневоднення фруктової сировини з використанням прямого електричного нагріву та попередньої ультразвукової обробки є актуальним завданням для переробної галузі.

Дослідження, що склали основу дисертації, виконувалися на кафедрі енергетики та електротехнічних систем Сумського національного аграрного університету за державною програмою «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 автор був співвиконавцем. В цих роботах Савойський О.Ю. приймав участь у виконанні окремих етапів та отримав конкретні індивідуальні теоретичні та практичні результати.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Використання в дисертації фундаментальних положень теорії пружності й теорії коливань, основ акустики, теорії електромагнітного поля, тепло- й масообміну є коректними, що свідчить про теоретичну та технічну обґрунтованість наукових положень та висновків, наведених в дисертації.

Отримані в дисертації теоретичні результати підтверджуються збігом з експериментальними результатами і корелюють з іншими науковими роботами в цій області, що є підтвердженням обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

3. Достовірність результатів досліджень.

Достовірність та обґрунтованість наукових результатів забезпечується коректним використанням фундаментальних теоретичних положень, успішним практичним застосуванням при розрахунках характеристик електроакустичної системи із джерелом живлення для попередньої обробки сировини, визначенні режиму комбінованого процесу сушіння з використанням прямого електричного нагріву шляхом врахування динаміки зміни питомого електричного опору сировини від температури зразків, та співпадінням отриманих результатів в граничних випадках з відомими результатами, описаними в інших наукових роботах.

4. До основних наукових результатів дисертації слід віднести:

1. 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.

2. 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.

3. 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.

5. Значимість отриманих результатів і практичного використання.

Практичне значення одержаних результатів полягає у підтвердженні гіпотези щодо техніко-економічної доцільності використання прямого електричного нагріву та ультразвуку в технологічному процесі сушіння фруктової сировини, що дозволило інтенсифікувати процес та знизити питомі витрати енергії.

Отримані результати теоретичних й експериментальних досліджень дали змогу розробити електротехнологічний комплекс для інтенсифікації процесу сушіння фруктової сировини й обґрунтувати параметри та режими його роботи.

Промислова апробація електротехнологічного комплексу сушіння фруктової сировини з використанням прямого електронагріву та ультразвуку проведена у промислових умовах ТОВ «СП «АГРОДІМ» Бахмацького району

Чернігівської області та ТОВ «СУМИФІТОФАРМАЦІЯ» м. Суми (акти впровадження наукової розробки від 14.06.2023 р.).

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі енергетики та електротехнічних систем Сумського національного аграрного університету та використовуються під час розроблення силабусів та навчально-методичних видань для викладання дисциплін «Електротехнології та електроосвітлення», «Електротехнології в АПК» і «Моделювання теплових і гідродинамічних процесів», а також при виконанні магістерських робіт, курсових і дипломних проєктів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (акт впровадження наукової розробки від 25.05.2023 р.).

Спосіб комбінованого сушіння біологічних об'єктів з використанням прямого електричного нагріву та ультразвуку захищено патентом України № 127324UA на корисну модель.

6. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

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.

Основні положення і результати дисертації доповідалися та обговорювалися на науково-технічних конференціях викладачів та аспірантів Сумського національного аграрного університету (м. Суми, 2016–2023 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Технології XXI сторіччя» (м. Суми, 2016–2022 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (м. Харків, 2016, 2018, 2019 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій пам'яті І. І. Мартиненка «Енергозабезпечення технологічних процесів» (м. Мелітополь (м. Запоріжжя), 2017, 2019 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку енергетики і автоматики в системі природо-користування» (м. Київ, 2018 р.); XX Міжнародній науковій конференції, присвяченій 119-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка (м. Миколаїв, 2019 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів» (м. Умань, 2020 р.); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова «Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем» (м. Мелітополь, 2020–2021 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ» (м. Харків, 2020 р.); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії» (м. Мелітополь, 2021 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Технічне забезпечення

інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» (м. Мелітополь, 2020–2022 рр.).

7. Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Савойського О.Ю. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 16-ті додатків.

Вступ містить обґрунтування актуальності теми дисертації, аналіз стану наукового завдання, що досліджується, обґрунтування доцільності проведення досліджень, зв'язок роботи з науковими програмами та планами, формулювання мети і завдання досліджень, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, дані стосовно особистого внеску здобувачки, апробації роботи та публікації її результатів у наукових виданнях.

У *першому розділі* наведено характеристику плодів насіннячкових фруктів як об'єктів сушіння, зазначено літературні дані про сучасний стан та основні напрями вдосконалення способів інтенсифікації процесу зневоднення фруктів. Виконано глибокий аналіз наявних методів і пристроїв для попередньої обробки та сушіння фруктової сировини, наведено їхню класифікацію. Відмічено низьку ефективність й обґрунтовано необхідність застосування електротехнологічного комплексу для здійснення комбінованого процесу зневоднення фруктової сировини, що відрізняється від відомих застосувань прямого електричного нагріву та попередньої обробки ультразвуком, що забезпечує зниження енергоємності виробництва та збереження встановленої якості готової продукції.

У *другому розділі* для забезпечення якісного та енергоефективного сушіння розроблено електротехнологічний комплекс комбінованого сушіння, який передбачає застосування попередньої ультразвукової обробки та прямого електронагріву в процесі конвективного зневоднення сировини.

У *третьому розділі* програмою проведення експериментів передбачалося: дослідження впливу попередньої ультразвукової обробки та прямого електричного нагріву на зміну електрофізичних та кінетичних характеристик процесу комбінованого сушіння для визначення меж регулювання параметрів джерел живлення; дослідження зміни мікроструктури висушених зразків фруктів під впливом ультразвуку та прямого електричного нагріву при різних режимах обробки методами растрової електронної мікроскопії.

У *четвертому розділі* на основі теоретичних й експериментальних досліджень сформовано структуру й характеристики, описано технічні рішення та розроблено конструктивну схему електротехнологічного комплексу сушіння фруктової сировини з використанням прямого електронагріву та ультразвуку.

Висновки до окремих розділів та до роботи загалом відповідають змісту та повністю висвітлюють отримані у дисертації наукові результати.

Список використаних джерел складається з 118 найменувань та містить сучасні публікації провідних дослідників та фундаментальні роботи з цього напрямку.

В анотації наведено основний зміст дисертації та в повному обсязі розкрито наукові результати та практичну цінність роботи.

У додатках наведені додаткові матеріали досліджень, що доповнюють основний об'єм дисертації, список публікацій здобувача за темою дисертації, відомості про апробацію результатів, акти про впровадження, тощо.

8. Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових публікаціях автора, які висвітлюють основні наукові результати дисертації, не виявлено.

9. Зауваження по дисертації:

1. Недостатньо обґрунтовано застосування одномірної математичної моделі аналізу електромагнітних процесів в складній гетерогенній структурі, що являє собою сировина.

2. Експериментальні дослідження електротехнологічного комплексу з підвищеною енергоефективністю для здійснення комбінованого процесу зневоднення фруктових сировин з використанням прямого електричного нагріву та попередньої ультразвукової обробки виконано на лабораторній установці. Але виникає питання яким чином отримані результати можуть бути узагальнені на розробку аналогічної промислової установки, на якій об'єми готової продукції, і як при цьому зміняться енергозатрати на одиницю продукції.

3. В роботі встановлено резонансну частоту електроакустичної системи 21,62 кГц, що відповідає конкретним геометричним і електрофізичним параметрам електротехнологічної системи підготовки конкретної сировини (яблук) до сушіння. Однак, у випадку узагальнення на промислову установку при збільшенні об'єму сировини, на який відбувається вплив, її сорту, чи зміниться зазначена частота, чи її потрібно визначати кожен раз в залежності від конкретних умов і конкретної сировини?

4. Не проаналізовано вплив на ефективність процесу сушіння співвідношення енергій, що витрачаються на випарування вологи з сировини з використанням з одного боку конвективного тепловідводу від повітря та з іншого – з використанням внутрішнього виділення тепла, зумовленого пропусканням через вологий матеріал електричного змінного струму промислової частоти (підрозділ 2.3).

5. Крім того в дисертації та авторефераті трапляються друкарські помилки та незначні неточності. Наприклад в на стор. 57 надано рис 2.6, хоча за текстом то є рис 2.7.

Зауваження до дисертації не стосуються її принципових положень і результатів, тому не знижують її цінності.

Висновок

Дисертаційна робота Савойського О.Ю. є завершеною науковою працею, в якій отримано нові обґрунтовані результати, які у сукупності вирішують актуальне наукове завдання щодо розроблення електротехнологічного комплексу з підвищеною енергоефективністю для здійснення комбінованого процесу зневоднення фруктових сировин з використанням прямого електричного нагріву та попередньої ультразвукової обробки, що має суттєве значення для розвитку електротехнічних комплексів та систем переробки сільськогосподарської плодоовочевої продукції.

Дисертація відповідає спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. Основні наукові положення у повному обсязі та об'єктивно викладені у публікаціях та авторефераті.

За змістом та одержаними результатами дисертаційна робота задовольняє вимогам п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 р., зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р. та № 567 від 27.07.2016 р., а її автор Савойський Олександр Юрійович, заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент:

провідний науковий співробітник
Інституту електродинаміки НАН України,
доктор технічних наук, професор

 А.В. Жильцов

