

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0826U000600

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 19-03-2026

**Статус:** Запланована

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Остапенко Жанна Ігорівна

2. Zhanna I. Ostapenko

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0949-9912

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 133

**Назва наукової спеціальності:** Галузеве машинобудування

**Галузь / галузі знань:** механічна інженерія

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Галузеве машинобудування

**Дата захисту:**

**Спеціальність за освітою:** ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

**Місце роботи здобувача:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 12355

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 55.39, 61.13, 61.13.15, 61.13.19

**Тема дисертації:**

1. Інтенсифікація тепломасообмінних процесів при екстрагуванні рослинної сировини в умовах ультразвуку
2. Intensification of heat and mass transfer processes of plant raw materials extraction under ultrasound conditions

**Реферат:**

1. Екстрагування біологічно активних речовин (БАР) з рослинної сировини є важливим процесом у фармацевтичній, харчовій, косметичній та біотехнологічній промисловості. Ефективність вилучення визначає економічність виробництва та якість продукції. Зростання попиту на екологічно чисті препарати зумовлює необхідність підвищення ефективності процесів без застосування агресивних реагентів і високих температур. Традиційні методи екстрагування характеризуються значною тривалістю, високими енерговитратами та низьким ступенем вилучення. Їх ефективність залежить від структури сировини, властивостей екстрагентів та інтенсивності тепломасообміну. Перспективним напрямом інтенсифікації процесів масо- та теплопереносу в системах «рослинна сировина – екстрагент» є застосування ультразвуку. Він ініціює кавітацію, що супроводжується утворенням і колапсом бульбашок, локальними перепадами тиску

та мікротурбулізацією. Це спричиняє руйнування клітинних стінок, зменшення дифузійного шару, покращення тепломасообміну та прискорення дифузії. Ультразвуковий вплив дозволяє скоротити тривалість екстрагування і збільшити вихід БАР без підвищення температури, що важливо для термолабільних сполук. Метою дослідження є розробка науково обґрунтованих підходів до інтенсифікації процесів екстрагування БАР з рослинної сировини із застосуванням ультразвуку та оптимального підбору екстрагентів. Методи дослідження. Використано теоретичні, експериментальні та чисельні методи. Теоретичні дослідження базуються на законах масопереносу та розподілу компонентів між фазами. Для опису процесу застосовано рівняння конвективної дифузії та рівняння Нав'є–Стокса. На їх основі отримано залежності, що характеризують кінетику екстрагування та вплив технологічних параметрів. Експериментальні дослідження включали визначення складу екстрактів із застосуванням вискоєфективної тонкошарової хроматографії, що забезпечило ідентифікацію компонентів і оцінку ефективності процесу. Чисельне моделювання гідродинаміки та масопереносу виконано методами CFD у пакеті ANSYS CFX, що дозволило змоделювати поля швидкостей, тиску і концентрацій та оцінити вплив ультразвуку на процеси масообміну. Практичне значення полягає у можливості використання отриманих результатів для проектування, оптимізації та модернізації ультразвукових екстракційних процесів і апаратів. Встановлені закономірності можуть бути використані при виборі режимів роботи ультразвукових екстракторів. Розроблені математичні моделі дозволяють прогнозувати параметри процесу, що є основою для оптимізації технологічних режимів і скорочення тривалості екстрагування. Запропоновані підходи до моделювання можуть бути використані при інженерному проектуванні акустичних екстракторів. Результати можуть бути використані у фармацевтичній, харчовій та біотехнологічній галузях при створенні технологій отримання екстрактів БАР. Окремі технічні рішення захищені патентами України. Матеріали роботи впроваджено в навчальний процес. Наукова новизна. Вперше встановлено закономірності впливу ультразвуку на тепломасообмінні процеси для різних типів сировини та екстрагентів; розроблено модель процесу замочування з урахуванням капілярно-пористої структури. Удосконалено модель ультразвукового екстрагування БАР і підходи до моделювання акустичних екстракторів. У першому розділі проаналізовано традиційні та сучасні методи екстрагування, фізико-хімічні основи процесу, вплив властивостей сировини та параметрів ультразвуку. У другому розділі наведено методику експериментальних досліджень і результати дослідження впливу ультразвуку на структуру сировини. У третьому розділі досліджено кінетику екстрагування та побудовано математичну модель процесу. Проведено хроматографічний аналіз отриманих екстрактів для встановлення якісних та кількісних показників. У четвертому розділі розглянуто апаратне забезпечення та проведено моделювання процесів у акустичному екстракторі. Особистий внесок здобувача полягає у виконанні теоретичних, експериментальних і чисельних досліджень, розробці моделей та аналізі результатів. Дисертаційна робота виконана на кафедрі біотехніки та інженерії НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», під керівництвом д.т.н., проф. Мельник В.М. Робота є результатом самостійних досліджень Остапенко Ж.І. За темою дисертації опубліковано 17 наукових праць, з них 5 статей, включаючи 2 статті у виданнях, що індексуються в Scopus, 3 – у фахових виданнях, 9 тез доповідей, отримано 3 патенти України. Ключові слова: ультразвук, екстракція, кавітація, математична та комп'ютерна модель, гідродинаміка, температура, екстракт, тепломасообмін, рослинна сировина, тверда речовина-рідина.

2. Extraction of biologically active substances (BAS) from plant raw materials is widely used in pharmaceutical, food, cosmetic and biotechnological industries. Its efficiency determines production cost and product quality. The increasing demand for environmentally friendly products requires intensification of extraction processes without aggressive reagents and high temperatures. Traditional methods are characterized by long duration, high energy consumption and low extraction efficiency, which depends on raw material structure, extractant properties and heat and mass transfer intensity. A promising approach to intensification in the system “plant raw material – extractant” is the use of ultrasound. It initiates cavitation accompanied by bubble formation and collapse, local pressure fluctuations and microturbulization. These effects lead to destruction of cell walls, reduction of the diffusion layer, improvement of heat and mass transfer and acceleration of diffusion. Ultrasonic treatment reduces extraction time and increases BAS yield without temperature increase, which is important for thermolabile

compounds. The aim of the research is to develop scientifically substantiated approaches to intensification of BAS extraction processes using ultrasound and optimal selection of extractants. Research methods. The study combines theoretical, experimental and numerical approaches. Theoretical analysis is based on mass transfer laws and phase equilibrium. The process is described using the convection–diffusion equation and the Navier–Stokes equations, allowing determination of extraction kinetics and influence of technological parameters. Experimental studies included determination of extract composition using high-performance thin-layer chromatography, ensuring identification of components and evaluation of efficiency. Numerical modeling of hydrodynamics and mass transfer was performed using CFD methods in ANSYS CFX, enabling simulation of velocity, pressure and concentration fields and evaluation of ultrasonic effects. The practical value lies in the possibility of using the results for design, optimization and modernization of ultrasonic extraction processes and equipment. Established regularities can be applied in selecting operating modes of ultrasonic extractors. Developed mathematical models allow prediction of process parameters, providing a basis for optimization and reduction of extraction time. The proposed modeling approaches can be used in engineering design of acoustic extractors. The results can be applied in pharmaceutical, food and biotechnological industries for development of BAS extraction technologies. Some technical solutions are protected by Ukrainian patents. The results are implemented in the educational process. Scientific novelty. For the first time, the influence of ultrasound on heat and mass transfer processes for different raw materials and extractants has been established; a soaking model considering capillary-porous structure has been developed. The model of ultrasonic BAS extraction and approaches to modeling of acoustic extractors have been improved. In the first chapter, traditional and modern extraction methods and physicochemical fundamentals are analyzed. The second chapter presents experimental methods and results of ultrasound influence on raw material structure. The third chapter investigates extraction kinetics and develops a mathematical model. Chromatographic analysis of the obtained extracts was performed to establish qualitative and quantitative indicators. The fourth chapter considers equipment and process modeling in an acoustic extractor. The personal contribution consists in performing theoretical, experimental and numerical studies, model development and analysis. The dissertation work was carried out at the Department of Biotechnics and Engineering of the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, under the supervision of Doctor of Technical Sciences, Professor Melnyk V.M. The work is the result of independent research conducted by Ostapenko Zh.I. The work resulted in 17 publications, including 5 articles (2 indexed in Scopus), 9 conference papers and 3 Ukrainian patents. Keywords: ultrasound, extraction, cavitation, mathematical and computer model, hydrodynamics, temperature, extract, heat and mass transfer, plant raw materials, solid-liquid.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Енергетика та енергоефективність

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Karachun, V., Ruzhinska, L., & Ostapenko, Z. (2019). Research of influence of ultrasound on the extraction process of vegetable oil. *Technology audit and production reserves*. №1(3(45)), 33-35. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.160344>
- Шибецький В.Ю., Остапенко Ж.І., Фесенко В.В. Дослідження гідродинаміки і теплообміну у виносних теплообмінних елементах екстракторів. *Вібрації в техніці і технологіях*. 2022. №1 (104). С. 132-137. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2022-1-16>
- Остапенко Ж.І. Математичне моделювання процесу екстрагування акустичному екстракторі. *Вібрації в техніці і технологіях*. 2022. №3 (106). С. 44-48. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2022-3-6>

- Ostapenko, Z. (2023). Determination of the influence of the sound capillary effect on the process of soaking vegetable raw materials in the acoustic extractor. *Technology audit and production reserves* № 1(3(69), 31-38. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.275236>
- . Korobiichuk, I., Mel'nick, V., Ostapenko, Z., & Ruzhinska, L. (2023) Study of heat and mass transfer processes during extraction of plant raw materials under the influence of ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 98, 106512. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106512>
- Ostapenko Z.I. Mathematical model of the oil extraction from plant raw material. *Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Наука та освіта: досягнення та стратегії розвитку»* (4 листопада 2019 р.). Дніпро: ГО «НОК», 2019. с. 25-28
- Ostapenko Z.I. Experimental investigation of the extraction process in ultrasonic conditions. *Materials of the Third International Scientific Multidisciplinary Conference of Students and Beginner Scientists “Modern Technologies: Improving the Present and Impacting the Future: International Scientific Multidisciplinary Conference of Students and Beginner Scientists (dedicated to the 90th anniversary of the University)”*. (27 November 2019). Дніпро: Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. В. Лазаряна, 2019. с. 43-44
- Остапенко Ж.І. Ультразвукова екстракція як ресурсоефективна альтернатива вилучення цільових продуктів із сировини. *Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Біотехнологія XXI століття»* (23 квітня 2021 р.). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 201 с
- Остапенко Ж.І., Фесенко В.В. Вдосконалення конструкцій циркуляційно-акустичного екстрактора для екстракції бар з рослинної сировини. *Матеріали XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Біотехнологія XXI століття»* (Київ, 3 червня 2022) [Електронне видання]. Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 204с
- Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І. Особливості процесу екстрагування бар з рослинної сировини в умовах ультразвукового випромінювання. *Матеріали XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Біотехнологія XXI століття»* (Київ, 3 червня 2022) [Електронне видання]. Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 204с
- Korobiichuk I., Mel'nick V., Ostapenko Z., Ruzhinska L. Investigation of heat and mass transfer processes in the extraction of vegetable raw materials under the conditions of ultrasound. *22nd International Scientific Multidisciplinary Conference on Earth and Planetary Sciences SGEM 2022. 2-11 July, 2022*
- Остапенко Ж.І., Волошенко І.В. Визначення залежності утворення кавітаційних бульбашок від частоти ультразвукових коливань. *Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Біотехнологія XXI століття»* 19 травня 2023. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023, с. 308-310
- Остапенко Ж.І., Ружинська Л.І. Вплив фізичних властивостей екстрагентів на виникнення ультразвукової кавітації при екстрагуванні бар з рослинної сировини. *Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Біотехнологія XXI століття»* 19 травня 2023. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023, с. 311-313
- Ostapenko Z., Noncharenko K. Influence of ultrasonic cavitation on the structure of plant raw material. *Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Біотехнологія XXI століття»*. 17 травня 2024. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024, 331 с
- Поводзинський В.М., Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І. Ферментер з протифазним вібраційним перемішуванням. Пат. на кор. модель № 136498 Україна: МПК C12M1/04 (2006.01). № u201901489; заявл. 14.02.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. №16. 2 с
- . Поводзинський В.М., Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І. Вібраційний екстрактор. Пат. на кор. модель № 136500, Україна: МПК B01D11/02 (2006.01). № u201901491; заявл. 14.02.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16. 2 с
- Остапенко Ж.І., Ружинська Л.І., Шибецький В.Ю., Фесенко В.В. Циркуляційно-акустичний екстрактор. Пат. на кор. модель № 154110, Україна: МПК B01D11/02 (2006.01), C11B 1/10 (2006.01). № u202301177; заявл.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** пристрої; технології; методи, теорії, гіпотези

**Соціально-економічна спрямованість:** поліпшення стану навколишнього середовища; економія енергоресурсів; економія матеріалів; підвищення продуктивності праці

**Охоронні документи на ОПВ:**

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Поводзинський В.М., Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І. Ферментер з протифазним вібраційним перемішуванням: пат. України на корисну модель № 136498 Україна: МПК C12M1/04 (2006.01). № u201901489; заявл. 14.02.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. №16. 2 с. Поводзинський В.М., Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І. Вібраційний екстрактор: пат. України на корисну модель № 136500, Україна: МПК B01D11/02 (2006.01). № u201901491; заявл. 14.02.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16. 2 с. Остапенко Ж.І., Ружинська Л.І., Шибецький В.Ю., Фесенко В.В. Циркуляційно-акустичний екстрактор: пат. України на корисну модель № 154110, Україна: МПК B01D11/02 (2006.01), C11B 1/10 (2006.01). № u202301177; заявл. 21.03.2023; опубл. 12.10.2023, Бюл. № 1. 2 с.

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0120U101421; Дндч/0201.01/3310.01

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Мельник Вікторія Миколаївна
2. Viktoriia M. Melnik

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.11.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0004-7218

**Додаткова інформація:** <https://scholar.google.com.ua/citations?user=pHr41pgAAAAJ&hl=uk>

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Зав'ялов Володимир Леонідович

2. Volodymyr L. Zavialov

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.18.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9382-9050

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет харчових технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 02070938

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, Київ, 01601, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Дубовкіна Ірина Олександрівна

2. Iryna O. Dubovkina

**Кваліфікація:** д. т. н., старший науковий співробітник, 05.18.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-4038-928X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417118

**Місцезнаходження:** вул. Марії Капніст, Київ, 03057, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Луговський Олександр Федорович

2. Oleksandr F. Luhovskyi

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.05.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1076-7718

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Зілінський Андрій Іванович

2. Andrii I. Zilinskyi

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.02.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4258-7738

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Сокольський Олександр Леонідович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Сокольський Олександр Леонідович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Остапенко Жанна Ігорівна

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна