

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003225

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 08-07-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Запорожець Дмитро Олександрович

2. Dmytro O. Zaporozhets

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0008-0567-4297

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: «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв»

Дата захисту: 24-08-2026

Спеціальність за освітою: 133 «Галузеве машинобудування»

Місце роботи здобувача: ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ ОДЕСЬКИЙ  
ХЛІБОЗАВОД №4

Код за ЄДРПОУ: 43370789

Місцезнаходження: Танцюри Євгенія 14, Одеса, 65078, Україна

Форма власності: Приватна/недержавна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

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

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 15195

**Повне найменування юридичної особи:** Одеський національний технологічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02071062

**Місцезнаходження:** вул. Канатна, Одеса, 65039, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

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

**Повне найменування юридичної особи:** Одеський національний технологічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02071062

**Місцезнаходження:** вул. Канатна, Одеса, 65039, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 55.13, 55.63.29.35

**Тема дисертації:**

1. Ресурсо-енергоефективні процеси екстрагування при виробництві соняшникової олії
2. Resource and energy efficient extraction processes in the production of sunflower oil

**Реферат/анотація:**

1. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». Одеський національний технологічний університет, Одеса, 2026. Дисертаційна робота присвячена дослідженню процесу екстрагування олії з макухи соняшника екологічно безпечним екстрагентом шляхом залучення мікрохвильових джерел енергії та розробки обладнання на основі даних технологій. У першому розділі цього розділу аналізується проблема вилучення олії з макухи соняшника екстрагуванням та застосування в якості екстрагенту етанолу. Принцип екстрагування у мікрохвильовому полі виникає у тому, що волога, яка міститься в клітинах та капілярах рослинної сировини, є ціллю для мікрохвилі. Нагріваючись, ця волога випаровується та утворює надлишковий тиск на клітинну стінку, яка руйнується, випускаючи цільові компоненти в екстрагент. За таким механізмом у потік екстрагента олія може переходити у кілька дрібних краплин, викинутих з капіляра. В роботах наукової школи кафедри процесів, обладнання та енергетичного менеджменту Одеського національного технологічного університету цей процес називається механодифузією. Розглянуто існуючі зразки мікрохвильового екстракційного

обладнання для екстрагування рослинної сировини етанолом, як періодичної, так і неперервної дії. У другому розділі проведено аналіз об'єктів дослідження, експериментальних та аналітичних методів дослідження. Розглянуто загальні механізми масопереносу з рослинної сировини, руйнівну силу процесу, масові потоки. Наведено механізм масопереносу в умовах адресної доставки енергії, який характеризується виникненням бародифузійного масового потоку. Зроблено огляд методів аналітичного моделювання процесів екстрагування з рослинної сировини, а також розвитку моделювання процесів екстрагування з капілярнопористих тіл. На основі теорії подібності методом аналізу розмірностей визначено структуру критеріального рівня розрахунку коефіцієнта масовіддачі. Традиційні та бародифузійні масові потоки враховуються ефективним коефіцієнтом масовіддачі. Критеріальне рівень являє собою залежність числа Шервуда від чисел Шмідта, енергетичної дії, безрозмірного складу екстрагенту та екстрагенту, а також безрозмірності розчину олії в екстрагенті. В третьому розділі розглядається експериментальне дослідження процесу екстрагування олії з макухи соняшника. Наведено залежність розчинності олії в етанолі у залежності від вмісту етанолу в екстрагенті. В якості екстрагента використовувалися 80, 90 та 96 % етанолу. Побудовано кінетичні зміни процесу екстрагування етанолом з макухи соняшника в умовах дії мікрохвильового поля в залежності від гідромодуля, розміру частинок, питомого підведення енергії, концентрації етанолу в екстрагенті. Проведено оцінку виходу олії, її частки від загальних екстрактивних речовин. Проведено порівняння вмісту олії в отриманих екстрактах з її розчинністю з відповідними екстрагентами за умовами даних. Отримані результати дозволяють стверджувати, що використання мікрохвильової інтенсифікації суттєво забезпечує вихід олії, її збір серед екстрактивних речовин, а також переводить частину олії в екстракт у вигляді емульсії без розчинення. В умовах дії мікрохвильового поля вилучено 87% у всій олії, що містилася в макусі екстрагентом із вмістом етанолу 90 %, при цьому гідромодуль склав 1:20, при цьому тривалість процесу не перевищувала 30 хв. Вміст олії в екстрактах з меншими гідромодулями перевищив розчинність олії в етанолі за умовами даних у 1,6 разів. У порівнянні з традиційним нагріванням мікрохвильове екстрагування виходить вихід олії на 40 %. В результаті узагальнення бази експериментальних даних отримано модель з узагальненими змінами, що дають можливість розрахувати мікрохвильовий екстрактор тривалої дії з точністю в  $\pm 19,7\%$ . У четвертому розділі на основі одержаної моделі розроблено алгоритм розрахунку відповідних апаратів. Запропоновано принципову схему переробки макухи соняшника з мікрохвильовим екстрактом остаточної дії. Проведено оцінку якості відібраних зразків олії на хроматографі. Встановлено збільшений вміст пальмітинової кислоти в одержаній олії, що наближає вміст у мікрохвильовому екстракторі олії з макухи соняшника до амарантової олії, або олії виноградних кісточок. Збільшення частки пальмітинової кислоти не досягає біологічної цілісності олії, проте підвищує стабільність при зберіганні та нагріванні. Результати роботи впроваджені на ТОВ «ОІЛПРОДАКШЕН», м. Одеса. Отримані результати були позитивно оцінені представниками виробництва. Запропонована лінія екстрагування була рекомендована до впровадження у виробництво.

2. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 133 "Industrial Mechanical Engineering". Odessa National Technological University, Odessa, 2026. The dissertation is devoted to the study of the process of extracting oil from sunflower cake by an environmentally safe extractant by involving microwave energy sources and developing equipment based on these technologies. The first section of this section analyzes the problem of extracting oil from sunflower cake by extraction and using ethanol as an extractant. The principle of extraction in a microwave field arises from the fact that the moisture contained in the cells and capillaries of plant raw materials is a target for microwaves. When heated, this moisture evaporates and creates excess pressure on the cell wall, which collapses, releasing the target components into the extractant. According to this mechanism, the oil can pass into the extractant flow in several small droplets ejected from the capillary. In the works of the scientific school of the Department of Processes, Equipment and Energy Management of the Odessa National Technological University, this process is called mechanodiffusion. Existing samples of microwave extraction equipment for the extraction of plant raw materials with ethanol, both periodic and continuous action, are considered. In the second section, an analysis of the objects of research, experimental and analytical methods of research is carried out. General mechanisms of mass transfer from plant raw materials, the destructive power of the process, mass flows

are considered. The mechanism of mass transfer under conditions of targeted energy delivery, which is characterized by the emergence of a barodiffusion mass flow, is presented. A review of methods for analytical modeling of extraction processes from plant raw materials, as well as the development of modeling of extraction processes from capillary porous bodies, is made. Based on the theory of similarity, the structure of the criterion level for calculating the mass transfer coefficient is determined by the method of dimensional analysis. Traditional and barodiffusion mass flows are taken into account by the effective mass transfer coefficient. The criterion level is the dependence of the Sherwood number on the Schmidt numbers, energy action, dimensionless composition of the extractant and extractant, as well as the dimensionlessness of the oil solution in the extractant. The third section considers an experimental study of the process of extracting oil from sunflower cake. The dependence of the solubility of oil in ethanol on the ethanol content in the extractant is given. 80, 90 and 96% ethanol were used as the extractant. Kinetic changes in the process of ethanol extraction from sunflower cake under the action of a microwave field are plotted depending on the hydromodule, particle size, specific energy input, and ethanol concentration in the extractant. The oil yield and its share in total extractables are estimated. The oil content in the obtained extracts is compared with its solubility with the corresponding extractants under the data conditions. The results obtained allow us to state that the use of microwave intensification significantly ensures the yield of oil, its collection among extractive substances, and also transfers part of the oil into the extract in the form of an emulsion without dissolution. Under the conditions of the microwave field, 87% of all oil contained in the cake was extracted by an extractant with an ethanol content of 90%, while the hydromodulus was 1:20, while the duration of the process did not exceed 30 min. The oil content in extracts with lower hydromodulus exceeded the solubility of oil in ethanol under the given conditions by 1.6 times. Compared with traditional heating, microwave extraction yields an oil yield of 40%. As a result of generalizing the experimental data base, a model with generalized changes was obtained, which makes it possible to calculate a long-acting microwave extractor with an accuracy of  $\pm 19.7\%$ . In the fourth section, based on the obtained model, an algorithm for calculating the corresponding devices was developed. A schematic diagram of the processing of sunflower cake with a microwave extract of the final action was proposed. The quality of the selected oil samples was assessed on a chromatograph. An increased content of palmitic acid in the obtained oil was established, which brings the content of sunflower cake oil in the microwave extractor closer to amaranth oil or grape seed oil. An increase in the proportion of palmitic acid does not achieve the biological integrity of the oil, but increases its stability during storage and heating. The results of the work were implemented at LLC "OILPRODUCTION", Odessa. The results obtained were positively assessed by production representatives. The proposed extraction line was recommended for implementation in production.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

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

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

**Підсумки дослідження:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

**Публікації:**

- 1. Pylypenko Ye., Zaporozhets D. Experimental studies of the plant raw material drying processes in the conditions of infrared and microwave fields. *Technology Audit and Production Reserves*. 2023. No. 3/1(71). P. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.282214>
- 2. Одержання рослинних олій модифікованого складу / О. Бурдо, Н. Ружицька, А. Левицький, А. Лапінська, Д. Запорожець, В. Гуліваті. *Scientific Works*. 2023. Vol. 87, Issue 1. P. 117–122. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i1.2701>
- 3. Запорожець Д., Ружицька Н. Кінетика вилучення олії з макухи соняшнику в умовах адресної доставки енергії. *Scientific Works*. 2024. Vol. 88, Issue 1. P. 156–161. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v88i1.2979>

- 4. Запорожець Д., Молчанов М. Інтенсифікація процесів екстрагування в апаратах електродинамічного типу. Scientific Works. 2025. Vol. 88, Issue 2. P. 138–144. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v88i2.3130>
- 5. Запорожець Д., Ружицька Н. Експериментальне та математичне моделювання процесів екстрагування олії соняшника водними розчинами етанолу. Scientific Works. 2026. Vol. 89, Issue 1. P. 205–210. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v89i1.3264>
- 6. Energy-Efficient Technologies of Plant Raw Material Extraction / O. G. Burdo, S. G. Terziev, G. V. Didukh, I. V. Sirotuk, M. Yu. Molchanov, D. O. Zaporozhets. Problemele Energeticii Regionale. 2026. № 2 (70). P. 200–212. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2026.2-70.16>
- 7. Пилипенко Є. О., Запорожець Д. О. Переваги процесу зневоднення харчової сировини в електромагнітному полі. Збірник тез доповідей 85 наукової конференції викладачів університету (22–25 квітня 2025 р.). Одеса, 2025. С. 207–208.
- 8. Запорожець Д. О. Екстрагування олії з макухи соняшника в умовах адресної доставки енергії. Енергія. Бізнес. Комфорт: матеріали регіональної науково-практичної конференції (12 листопада 2024 р.). Одеса : ОНТУ, 2025. С. 31–32.
- 9. Запорожець Д. О., Ружицька Н. В. Інноваційні технології екстрагування рослинних олій екологічно безпечними відновлюваними екстрагентами. Інноваційні енерготехнології: матеріали X міжнародної науково-практичної конференції (8–12 вересня 2025 р.). Одеса : ОНТУ, 2025. С. 24–25.
- 10. Запорожець Д. О., Яровий І. І., Ружицька Н. В. Перспективи використання розчинів етанолу для екстрагування олії з макухи соняшника. Енергія. Бізнес. Комфорт: матеріали регіональної науково-практичної конференції (11 листопада 2025 р.). Одеса : ОНТУ, 2026. С. 31.

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

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

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:**

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Яровий Ігор Іванович

2. Igor I. Yarovyi

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.18.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2278-5075

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Одеський національний технологічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02071062

**Місцезнаходження:** вул. Канатна, Одеса, 65039, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

## **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., проф., 05.18.12

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

**Додаткова інформація:** <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=5AQ6POYAAAAJ>

**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. Дячок Василь Володимирович
2. Vasyl V. Diachok

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5376-5256

**Додаткова інформація:** V-4908-2017; 6506835588

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

### **Рецензенти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Осадчук Петро Ігорович
2. Petro I. Osadchuk

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3312-0669

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Одеський національний технологічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02071062

**Місцезнаходження:** вул. Канатна, Одеса, 65039, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Волгушева Наталя Вікторівна

2. Natalia V. Volhusheva

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.14.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-9984-6502

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Одеський національний технологічний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 02071062

**Місцезнаходження:** вул. Канатна, Одеса, 65039, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

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

Безбах Ігор Віталійович

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

Безбах Ігор Віталійович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Запорожець Дмитро Олександрович

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна