

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100807

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 09-10-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Н23 №001909



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бондаренко Оксана Станіславівна

2. Oksana Bondarenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0111-0768

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 144

Назва наукової спеціальності: Теплоенергетика

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Дата захисту: 10-11-2023

Спеціальність за освітою: Педагогіка і методика середньої освіти. Математика

Місце роботи здобувача: Відокремлений структурний підрозділ "Фаховий коледж нафтогазових технологій, інженерії та інфраструктури сервісу Одеського національного технологічного університету

Код за ЄДРПОУ: 38478573

Місцезнаходження: Левітана 46-а, Одеса, 65088, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 41.088.022

Повне найменування юридичної особи: Одеський національний технологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071062

Місцезнаходження: вул. Канатна, буд. 112, 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, буд. 112, 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: 44.31

Тема дисертації:

1. Інтенсифікація процесів тепломасопереносу в нерухомих щільних шарах дисперсних матеріалів при мікрохвильовому нагріванні

2. Intensification of heat and mass transfer processes in stationary dense layers of dispersed materials during microwave heating. Qualification scientific work on the rights of manuscript.

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена дослідженню процесів перенесення теплоти та маси в щільних дисперсних шарах за використання енергії мікрохвильового поля. На підставі наукових праць, в яких наведені результати теоретичних та практичних досліджень ефектів взаємодії мікрохвильового поля з діелектричними матеріалами, методів проведення досліджень та розвитку енергоефективних технологій термообробки, здійснено аналіз інноваційних напрямків використання мікрохвильового нагріву в сучасних технологіях термообробки дисперсних матеріалів. Процеси, засновані на МХ нагріванні матеріалів, що характеризуються достатньо високими діелектричними коефіцієнтами, або мають в своєму складі речовини з властивостями полярних молекул, мають великий потенціал енергоефективності. Мікрохвильова енергія зарекомендувала себе як фактор інтенсифікації тепломасопереносу, проте для отримання інвестицій та впровадження технології мікрохвильового нагріву потрібні повномасштабні дослідження процесів

перенесення та визначення шляхів подолання труднощів, що пов'язані з масштабуванням лабораторних установок до промислових потужностей та отримання рекомендацій щодо технологічного процесу. В роботі проведено математичне моделювання нестационарного процесу теплопровідності в шарі матеріалу в умовах дії внутрішніх джерел енергії, якими є мікрохвильове електромагнітне поле. Отримана залежність дозволяє провести розрахунки температури для трьох періодів сушіння шару цеолітів: нульового (період прогрівання), першого (період сталої швидкості сушіння) та другого (період падаючої швидкості сушіння). Проведений розрахунок температури нагріву шару різних типів цеолітів (NaX, NaA1, NaA2, EST-10, кліноптилоліт) в умовах дії мікрохвильового поля довів, що NaX характеризується максимальним темпом нагрівання - 0,35 К/с, а темп нагрівання кліноптилоліта складає 0,03 К/с. Проведені експериментальні дослідження процесу сушіння цеолітів типу 4A та 13X, з метою встановлення, який спосіб підведення енергії (мікрохвильовий, мікрохвильовий циклічний, мікрохвильово-конвективний, конвективний) та які режимні характеристики забезпечують високу інтенсивність при мінімальних енерговитратах. При обробці дослідних даних визначалися закономірності зміни середньоінтегральних вологовмістів і температур, швидкості сушіння, витрати енергії на 1 кг випареної вологи. Порівняння теплових характеристик сушіння, таких як питомі витрати енергії на кілограм видаленої вологи, швидкість сушіння дозволило визначити оптимальний режим: одночасний МХ-конвективний спосіб підведення енергії, за якого досягаються максимальна швидкість сушіння $N = 2,97 \cdot 10^{-4} \text{ кг}/(\text{кг} \cdot \text{с})$ та питомі затрати енергії $Q_{\text{пит}} = 4,87 \text{ МДж}/\text{кг}$. Проведений аналіз зміни ККД робочої камери в залежності від часу обробки, маси зразків та виду цеоліту. Наступна серія досліджень мала на меті оцінку ефективності нагріву ґрунту при застосуванні мікрохвильової технології. Для досліджень було обрано два види ґрунту: глинистий ґрунт $\rho = 1360 \text{ кг}/\text{м}^3$ та чорноземний ґрунт $\rho = 1150 \text{ кг}/\text{м}^3$ при однаковому початковому вмісті вологи (20 %), який утворювався додаванням розрахованого від кількості рівноважного об'єму води. На підставі експериментальних даних проведена оцінка енергоефективності мікрохвильового нагрівання ґрунту з урахуванням частини мікрохвильової енергії, що перетворилася на теплову енергію, яка складається з частки на нагрівання самого матеріалу та випаровування вологи, а також втрати в довкілля за рахунок променистого, конвективного теплообміну та втрати на нагрівання діелектричного осередку. Отримано, що коефіцієнт корисної дії мікрохвильової камери при завантаженні шару ґрунту товщиною 0,02 м масою 0,4 кг складає 82 %, проте загальний ККД з урахуванням ККД магнетрону складає $\eta = 0,63 \%$. Визначена напруженість електричного поля в шарі ґрунтового матеріалу за теоретико-експериментальним методом для умов оптимальної за ККД обробки: $E = 33908 \text{ В}/\text{м}$, з метою масштабування та переходу від експериментальних даних доцільно орієнтуватись на отримане значення напруженості електричного поля. Результати робіт в частині підвищення енергоефективності мікрохвильового нагрівання впроваджені на підприємстві ОДО «Зонт» (завод обладнання наукомістких технологій) для проведення проектних розрахунків мікрохвильової камери резонансного типу з метою подальшого конструювання мікрохвильової установки промислового призначення.

2. The dissertation is devoted to the study of heat and mass transfer processes in dense dispersed layers using the energy of the microwave field. On the basis of scientific works, in which the results of theoretical and practical studies of the effects of the interaction of the microwave field with dielectric materials, methods of research and development of energy-efficient heat treatment technologies are presented, an analysis of innovative directions for the use of microwave heating in modern technologies of heat treatment of dispersed materials is carried out. Processes based on MX heating of materials characterized by sufficiently high dielectric coefficients or containing substances with properties of polar molecules or ionic conductivity have a great potential for energy efficiency. Microwave energy has proven itself as a factor in the intensification of heat and mass transfer, however, in order to obtain investments and implement microwave heating technology, full-scale studies of transfer processes and determination of ways to overcome difficulties associated with scaling up laboratory installations to industrial capacities and obtaining recommendations on the technological process are required. In the work, mathematical modeling of the non-stationary process of heat conduction in the material layer under the conditions of action of internal energy sources, which is a microwave electromagnetic field, is carried out. The obtained dependence allows you to calculate the temperature for three periods of drying of the zeolite layer: zero (heating period), first

(period of constant drying rate) and second (period of decreasing drying rate). During the processing of experimental data, the regularities of changes in average integral moisture contents and temperatures, drying speed, and energy consumption per 1 kg of evaporated moisture were determined. The calculation of the heating temperature of the layer of various types of zeolites (NaX, NaA1, NaA2, EST-10, clinoptilolite) under the conditions of the microwave field proved that NaX is characterized by a maximum heating rate of 0.35 K/s, and the heating rate of clinoptilolite was 0.03 K/s. Experimental studies of the drying process of type 4A and 13X zeolites were carried out, with the aim of establishing which method of energy supply (microwave, microwave cyclic, microwave-convective, convective) and which mode characteristics ensure high intensity with minimal energy consumption. Comparison of thermal characteristics of drying, such as specific energy consumption per kilogram of moisture removed, drying speed allowed to determine the optimal mode: simultaneous MX-convective energy supply method, which achieves the maximum drying speed of $N=2.97 \cdot 10^{-4} \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{c})$ and specific energy consumption $Q_{\text{pyt}}=4,87 \text{ MJ}/\text{kg}$. The analysis of the change in the efficiency of the working chamber depending on the processing time, the mass of the samples and the type of zeolite was carried out. The next series of studies was aimed at evaluating the effectiveness of soil heating when using microwave technology. Two types of soil were chosen for research: clay soil $\rho=1360 \text{ kg}/\text{m}^3$ and black earth soil $\rho=1150 \text{ kg}/\text{m}^3$ with the same initial moisture content (20%), which was formed by adding water calculated from the amount of the equilibrium volume. On the basis of experimental data, an assessment of the energy efficiency of microwave heating of the soil was carried out, taking into account the part of microwave energy that turned into thermal energy, which consists of the share for heating the material itself and evaporation of moisture, as well as the loss to the environment due to radiant, convective heat exchange and the loss for heating the dielectric cell. It was found that the efficiency of the microwave chamber when loading a layer of soil with a thickness of 0.02 m and a mass of 0.4 kg is 82%, but the overall efficiency, taking into account the efficiency of the magnetron, is $\eta=0.63\%$. The electric field strength in the layer of soil material was determined by the theoretical-experimental method for the conditions of the optimal processing efficiency: $E=33908 \text{ V}/\text{m}$, for the purpose of scaling and moving from experimental data, it is advisable to focus on the obtained value of the electric field strength. The results of the work on increasing the energy efficiency of microwave heating were implemented at the company LLC "Zont" (a factory of science-intensive technologies) to carry out design calculations of a microwave chamber of the resonance type with the aim of further designing a microwave plant for industrial purposes.

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:

- Рішення завдань теплопровідності в тілі при дії двох джерел теплоти / І. Л. Бошкова, Н. В. Волгушева, М. Д. Потапов, Н. О. Колесниченко, О. С. Бондаренко. Refrigeration Engineering and Technology. 2021. Т. 56, № 3-4. С. 146-155.
- Вивчення перспектив застосування цеолітів для теплових акумуляторів / І. Л. Бошкова, Н.В. Волгушева, І.І. Мукмінов, О.С. Бондаренко, О.А. Паскаль. Refrigeration engineering and technology. 2021. Т. 57, № 3. С. 196-205.
- Аналітичне дослідження сушки щільного шару сипких матеріалів у мікрохвильовому полі / І. Л. Бошкова, Н. В. Волгушева, К. О. Капауз, А. І. Фелонюк, О. С. Бондаренко. Refrigeration Engineering and Technology. 2022. Т. 58, № 2. С. 98-105.
- Бошкова, І., Волгушева, Н., Бошков, Л., Бондаренко, О., Гречановський, А. Сучасні тенденції використання термохімічних акумуляторів теплоти сонячної енергії на прикладі цеолітів. Refrigeration

Engineering and Technology, 2023. 59(1), 66-72.

- Iryna Boshkova, Oksana Bondarenko. Evaluation of the efficiency of microwave heating of soils. Industrial and technology systems: technology audit and production reserves 2023. № 4/1(72), 40-47.
- Бошкова, І., Волгушева, Н., Бошков, Л., Бондаренко, О., Гречановський, А.. Аналітичне дослідження процесу сушіння цеолітів у мікрохвильовому полі. Refrigeration Engineering and Technology. 2023. №59(2), 136-142.
- Development of a soil regenerator with a granular nozzle for greenhouses / I. Boshkova, N. Volgusheva, A. Solodka, I. Mukminov, O. Bondarenko. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2020. Vol. 4, no. 8 (106). P. 14-20.
- Н.В. Волгушева, І.І. Мукмінов, О.С. Бондаренко, І.Л. Бошкова. Экспериментальные исследования сушки зерновых материалов при различных способах подвода теплоты. Збірник матеріалів міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України». Вінниця, ОНТУ, Україна, 12-14 листопада 2019, с. 317-324.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бошкова Ірина Леонідівна
2. Irina Boshkova

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5989-9223

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Одеський національний технологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071062

Місцезнаходження: вул. Канатна, буд. 112, 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. Потапов Володимир Олексійович

2. Volodymyr Potarov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0731-2598

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державний біотехнологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 44234755

Місцезнаходження: вул. Алчевських, буд. 44, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Угольніков Олександр Павлович

2. Alexander Ugo`lnikov

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доцент, 01.04.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3007-9285

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Військовий інститут Одеського національного політехнічного університету

Код за ЄДРПОУ: 24983020

Місцезнаходження: Фонтанська дорога, буд. 10, Одеса, 65009, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство оборони України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бурдо Олег Григорович

2. Oleg Burdo

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2630-1819

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Одеський національний технологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071062

Місцезнаходження: вул. Канатна, буд. 112, Одеса, 65039, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Станкевич Георгій Миколайович

2. Georgii Stankevych

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.18.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0583-8174

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Одеський національний технологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071062

Місцезнаходження: вул. Канатна, буд. 112, 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**

Крупіца Ірина Вікторівна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна