

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002163

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 11-06-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ по ДНУ № 1131-с від 20.09.2024 р.



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Борисенко Андрій Геннадійович

2. Andrii H. Borysenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-5083-5255

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 113

Назва наукової спеціальності: Прикладна математика

Галузь / галузі знань: математика та статистика

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна математика

Дата захисту: 04-09-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна математика

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 08.051.084 ID 6097 Борисенко А.Г.

**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

**Код за ЄДРПОУ:** 02066747

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, 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:** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

**Код за ЄДРПОУ:** 02066747

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 27.35.47

**Тема дисертації:**

1. Математичне та комп'ютерне моделювання теплообміну в нанорідинному теплоносії сонячних термодинамічних станцій
2. Mathematical and computer modeling of heat exchange in the nanofluid heat transfer fluid of solar thermodynamic plants

**Реферат:**

1. Метою роботи є розробка та узагальнення методів математичного і комп'ютерного моделювання процесів тепломасопереносу в системах прийому сонячного випромінювання сонячних термодинамічних станцій; пошук методів підвищення теплової ефективності систем прийому; доведення перспектив використання нанорідини в якості теплоносія для інтенсифікації конвективного теплообміну в теплоприймачах сонячних термодинамічних станцій; визначання співвідношення між теплофізичними та гідродинамічними параметрами нанорідинного теплоносія, при якому тепла ефективність буде максимальною, а гідравлічні втрати мінімальні. Вперше на основі класичної системи рівнянь Нав'є-Стокса розроблена 3D нелінійна

математична модель, створений числовий алгоритм та відповідний власний програмний продукт для визначення особливостей теплообміну в теплоприймачі параболоциліндричної станції з нанорідиною в якості теплоносія. Вперше на основі числових експериментів доведено, що додавання наночастинок оксиду алюмінію до базового теплоносія (термічної олії) призводить до інтенсифікації теплообміну в теплоприймачі, що підвищує загальну теплову ефективність системи. Вперше визначені якісні та кількісні показники, які показують суттєве збільшення втрат тиску в теплоприймачі з нанорідиною у порівнянні із чистою термічною олією. Знайдена залежність чисел Нуссельта від чисел Рейнольдса для нанорідини та доведена необхідність проведення термодинамічної оптимізації системи. Вперше, базуючись на принципах нерівноважної термодинаміки, проведений ентропійний аналіз та визначені оптимальні значення чисел Рейнольдса, які забезпечують максимальну теплову ефективність при мінімальних гідродинамічних втратах. На основі розробленого числового алгоритму, що базується на методі контрольних об'ємів, був створений власний програмний код, який має узагальнений характер і, в разі незначної корекції, може застосовуватися для розрахунку течії в круглих каналах з нанорідиною, які є елементом будь-якого технологічного обладнання. Крім того, створений програмний код має гнучку та прозору структуру, що дозволяє без зміни структури підлаштовувати його під будь-який тип теплоносія та будь-які умови функціонування системи. Результати проведеного дослідження можуть бути використані під час проектування та функціонування сучасних сонячних термодинамічних установок різного температурного рівня та призначення, в яких в якості теплоносія використовуються нанорідини різного типу. Теоретичні та практичні положення роботи стали складовою частиною навчальних дисциплін “Моделі і методи прикладної математики”, “Методи ідентифікації параметрів математичних моделей”, які викладаються для здобувачів вищої освіти рівня PhD спеціальності 113 Прикладна математики в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара. Проведені дослідження та їх результати складають відповідний розділ ініціативної науково-дослідної роботи “Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи” (2022-2024, науковий керівник проф. Книш Л.І., державний реєстраційний номер 0122U001467), яка проводиться на кафедрі комп'ютерних технологій факультету прикладної математики ДНУ.

2. The purpose of the study is development and generalization of models of mathematics and computer modeling of heat and mass transfer processes in the receiver system of solar thermodynamic plants; searching for methods of heat efficiency increase of receiver systems; proving the prospects of using nanofluid as the heat transfer fluid for intensification of convective heat transfer in heat receiver of solar thermodynamic plants; determination of relation between thermophysical and hydrodynamic parameters of nanofluid heat transfer fluid, which ensure maximum thermal efficiency at minimum hydraulic losses. The 3D non-linear mathematical model for determination of heat transfer features in receiver system of solar parabolic trough plant with nanofluid heat transfer fluid was developed in the first time. This model based on using the classical system of Navier-Stokes equations. The numerical algorithm and correspondent the customer software was also created. The addition of aluminum oxide to base heat transfer fluid (thermal oil) of solar parabolic trough plant leads to intensification of heat transfer in receiver system that increase of general efficiency system. This is was discovered in the first time using results of conducted numerical experiments. Significant grow of pressure losses in heat receiver with nanofluid in comparison with pure thermal oil was fixed. This is discovered in the first time using the obtained qualitative and quantitative parameters. The relation between Reynolds numbers and Nusselt numbers was found. This relation probes the necessity of thermodynamic optimization of the system. The entropy analysis based on principles of non-equilibrium thermodynamics was carried out in the first time. The optimal values of Reynolds numbers which ensure maximum thermal efficiency at minimal hydraulic losses were determined. The numerical algorithm which based on finite volume method was developed. The corresponding customer software was created. This software has generalized nature and with some correction can be used for analysis of flow in circular channel with nanofluid of any technological equipment. Moreover, the created software has flexible structure that allows without significant changes to transform its in depend on chosen nanofluid type and function system conditions. The results of presented study can be used during design and operation of modern solar energy plants of different temperature level and purpose with different types of nanofluid heat transfer fluids. The theoretical

and practical provisions have become an integral part of educational subjects “Models and methods of applied mathematics”, “Methods of identification of parameters of mathematical models”, which are taught to students of higher education at the PhD level, specialty 113 – Applied Mathematics in Oles Honchar Dnipro National University. Conducted researches and their results make up the corresponding section of initial scientific work “Determinate and stochastic algorithms for computer modeling of objects and processes of different nature” (2022 – 2024, research supervisor Prof. Knysh L.I.) (state registration number: 0122U001467), which is carried out on Department of Computer Technologies, Faculty of Applied Mathematics, DNU.

### **Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

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

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

### **Публікації:**

- 1. Борисенко А.Г., Книш Л.І. Моделювання теплообміну в сонячних термодинамічних системах з нанорідиною в якості теплоносія. Збірник наукових праць “Питання прикладної математики і математичного моделювання”. 2021. Випуск 21. С. 16 – 25. Режим доступу до ресурсу: <https://pm-mm.dp.ua/index.php/pmmm/article/view/305> DOI: <https://doi.org/10.15421/322102> [Фахове видання категорії Б]
- 2. Борисенко А.Г., Книш Л.І. Математична модель тепломасообміну в каналі з нанорідиною при його нерівномірному нагріві концентрованим тепловим потоком. Технічна механіка. 2022. № 3. С. 99 – 107. Режим доступу до ресурсу: [http://www.journal-itm.dp.ua/ENG/Publishing/10-03-2022\\_eng.html](http://www.journal-itm.dp.ua/ENG/Publishing/10-03-2022_eng.html) DOI: <https://doi.org/10.15407/itm2022.03.099> [Фахове видання категорії Б]
- 3. Knysh Lyudmila, Borysenko Andrey. Thermodynamic optimization of the solar parabolic trough collector with nanofluid as heat transfer fluid. Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika). 2022, Vol.58. No. 5. P. 668 – 674. Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.3103/S0003701X22601193> DOI: <https://doi.org/10.3103/S0003701X22601193> [Q3, Scopus, IF=2.1]
- 4. Борисенко А.Г., Книш Л.І. Моделювання температурних полів нанорідини в каналах енергетичних систем. Збірник тез XXIII Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції “Людина і космос”, м. Дніпро, 14 – 16 квітня 2021р. С.72. Режим доступу до ресурсу: [https://spacehuman.org/\\_files/doc/sbornik2021.pdf](https://spacehuman.org/_files/doc/sbornik2021.pdf)
- 5. Борисенко А.Г., Книш Л.І. Розробка 3D моделі переносу в теплоприймальному каналі з нанорідиною, Тези доповідей XIX Міжнародної науково-практичної конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем”, м. Дніпро, 17 – 19 листопада 2021р. С. 27 Режим доступу до ресурсу: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2021/12/mpzis-2021.pdf>
- 6. Борисенко А.Г., Книш Л.І. Математична модель теплообміну в нанорідинному теплоносії сонячної термодинамічної установки, XXIII Міжнародна науково-практична онлайн-конференція “Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті”, м. Київ, 19 – 20 травня 2022 р. С. 158 – 160. Режим доступу до ресурсу: [https://www.ive.org.ua/?page\\_id=3328&lang=uk](https://www.ive.org.ua/?page_id=3328&lang=uk)
- 7. Книш Л.І., Масаликін С.С., Юрков Р.С., Борисенко А.Г. Мультифізична математична модель тепломасообміну в системі прийому та акумулювання сонячної енергії, Збірник тез Міжнародної

науково-технічної конференції “Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні – ІТММ’2022”, м. Дніпро, 18 травня 2022 р. С. 123 – 126. Режим доступу до ресурсу:  
<https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/itmm/issue/view/122>

- 8. Борисенко А.Г., Книш Л.І. Співвідношення між параметрами нанорідинного теплоносія в системі прийому сонячної параболоциліндричної станції, XXIV Міжнародна науково-практична конференція “Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті”, м. Київ, 18 – 19 травня 2023 р. С. 209 – 211. Режим доступу до ресурсу: [https://www.ive.org.ua/?page\\_id=4241&lang=uk](https://www.ive.org.ua/?page_id=4241&lang=uk)
- 9. Борисенко А.Г., Книш Л.І. Етапи дослідження конвективного теплообміну в нанорідинному теплоносії сонячних параболоциліндричних станцій, Тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем”, м. Дніпро, 22 – 24 листопада 2023р. С. 80 – 81 Режим доступу до ресурсу: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2023/11/mpzis-2023.pdf>

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація; аналітичні матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** економія енергоресурсів; економія матеріалів

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0119U101053, 0122U001467

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Книш Людмила Іванівна
2. Liudmyla I. Knysh

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3525-4804

**Додаткова інформація:** ;<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55661424300>;  
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/10241831>; <https://scholar.google.com/citations?user=-uxlXFcAAAAJ&hl=en>

**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

**Код за ЄДРПОУ:** 02066747

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, 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. Гакал Павло Григорович
2. Pavlo G. Gakal

**Кваліфікація:** д.т.н., доц., 05.14.06**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3043-2448**Додаткова інформація:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507533259>;  
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/15542548>;  
<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=8ejGLMcAAAAJ>**Повне найменування юридичної особи:** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"**Код за ЄДРПОУ:** 02066769**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Моїсеєнко Світлана Вікторівна
2. Svitlana V. Moiseienko

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.01.01**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5802-3887**Додаткова інформація:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57214836015>;  
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/48013932>;  
<https://scholar.google.com/citations?user=qkGpLyMAAAAJ&hl=en>**Повне найменування юридичної особи:** Херсонський кооперативний економіко-правовий фаховий коледж**Код за ЄДРПОУ:** 01788131**Місцезнаходження:** пр. Ушакова 60, Херсон, 73003, Україна**Форма власності:** Приватна/недержавна**Сфера управління:****Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Габрінець Володимир Олексійович
2. Volodymyr O. Habrinets

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.05.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6115-7162

**Додаткова інформація:** [www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201013066](http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201013066);  
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/14917400>;  
<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=FkdUVHgAAAAJ>

**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

**Код за ЄДРПОУ:** 02066747

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Накашидзе Лілія Валентинівна
2. Liliya V. Nakashidze

**Кваліфікація:** д. т. н., с.н.с., 05.14.08

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3990-6718

**Додаткова інформація:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/633130>;  
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190443398>;  
[https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=\\_yy3SrKAAAAJ](https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=_yy3SrKAAAAJ)

**Повне найменування юридичної особи:** Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

**Код за ЄДРПОУ:** 02066747

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 72, Дніпро, Дніпровський р-н., 49045, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

## **VIII. Заключні відомості**

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

Гук Наталія Анатоліївна

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

Гук Наталія Анатоліївна

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Ходанен Тетяна Володимирівна

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна