

**РІШЕННЯ**  
**разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора**  
**філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії Андрій Борисенко, 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара за спеціальністю 113 Прикладна математика, виконав акредитовану освітньо-професійну програму «Інформатика».

Разова спеціалізована вчена рада утворена наказом Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро від «04» червня 2024 року № 532с у складі:

Голови разової ради: Наталія Гук, доктор фізико-математичних наук, професор, в.о. проректора з науково-педагогічної роботи Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Рецензентів: Володимир Габрінець, доктор технічних наук, професор, професор кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Лілія Накашидзе, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник науково-дослідного інституту енергоефективних технологій в матеріалознавстві Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Офіційних опонентів: Павло Гакал, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри аерокосмічної теплотехніки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

Світлана Моїсеєнко, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри загальноосвітніх гуманітарних та природничих дисциплін, секція вищої математики і математичного моделювання Херсонського національного технічного університету

на засіданні «04» вересня 2024 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 11 Математика та статистика Андрію Борисенку на підставі публічного захисту дисертації «Математичне та комп'ютерне моделювання теплообміну в нанорідинному теплоносії сонячних термодинамічних станцій» за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Дисертацію виконано у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро.

Науковий керівник – Людмила Книш, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних технологій Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису.

Здобувач має 9 наукових публікацій за темою дисертації, з них 2 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», 1 стаття у науковому журналі, що входить до наукометричної бази даних Scopus та 6 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях, зокрема:

**Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б:**

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>

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>

**Стаття у науковому виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus**

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>

**Додаткові праці апробаційного характеру**

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>

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>

У дискусії взяли участь голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні та висловили зауваження:

Гук Н.А., доктор фізико-математичних наук, професор (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, в.о. проректора з науково-педагогічної роботи).  
Зауважень немає.

Габрінець В.О., доктор технічних наук, професор (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, професор кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій). Недоліки та зауваження по дисертаційній роботі:

1. В роботі розроблена 3D нелінійна математична модель, що описує конвективний теплообмін у теплоприймачі з нанорідиною. Така модель будувалась на основі класичної системи рівнянь Нав'є-Стокса для нестисливої ньютонівської рідини. В той же час виникає питання, чи залишається виготовлена суспензія саме ньютонівської рідиною? Можливо такий нанорідинний теплоносій має іншу реологічну природу?

2. Автор пропонує для інтенсифікації конвективного теплообміну в теплоприймачі сонячної параболоциліндричної станції використовувати спеціально підготовлену суспензію – нанорідину. В той же час виготовлення та застосування такої суспензії має технологічні особливості, пов'язані зі швидкістю осідання частинок. Вважаю, що ці особливості треба було б враховувати під час проведення досліджень.

3. Створена математична модель є стаціонарною. В той же час сонячні термодинамічні станції функціонують при змінних в часі значеннях щільності сонячного потоку, швидкості вітру та температурі навколишнього середовища. Як ці фактори враховувались при моделюванні?

4. Вважаю, що кількість даних при порівнянні числових та експериментальних результатів треба збільшити.

Водночас слід зазначити, що зроблені зауваження не впливають на науковий рівень дисертації, новизну та достовірність її результатів.

Накашидзе Л. В., доктор технічних наук, старший науковий співробітник (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, провідний науковий співробітник науково-дослідного інституту енергоефективних технологій в матеріалознавстві). Зауваження щодо змісту дисертації:

- В дисертації автор пропонує використовувати в якості нанорідини суспензію, що виготовлена на основі термічної олії Syltherm800 та наночастинок оксиду алюмінію  $Al_2O_3$ . Такий вибір обумовлений наведеними в роботі перевагами силіконової термічної олії Syltherm800 як теплоносія і властивостями наночастинок оксиду алюмінію. В той же час не зрозуміло як ці речовини впливають одна на одну з точки зору хімічної активності, методу виготовлення суспензії, швидкості осідання частинок тощо.

- В другому розділі дисертації розроблена 3D математична модель, що описує конвективний теплообмін у теплоприймачі з нанорідною при граничних умовах другого роду – постійний тепловий потік на стінки. В той же час верифікація такої математичної моделі і отриманих на її основі числових результатах проводилась на основі аналітичного розв'язку, який отриманий при граничних умовах першого роду. Вважаю, що було б



доречним розроблену в розділі 2 математичну модель також розв'язувати з граничними умовами першого роду.

- Числові експерименти при реальних умовах функціонування станції проводились для параболоїдного концентратора відповідної геометрії. Саме для такого концентратора знаходилась функція апроксимації, що описує щільність концентрованого сонячного потоку на поверхні теплоприймача. Виникає питання, чи можна отриману безрозмірну функцію для щільності сонячного потоку використовувати при зміні геометричних параметрів концентратора?

Наведені зауваження та питання, що сформульовані вище, не знижують в цілому високої оцінки виконаної роботи.

Гакал П.Г., доктор технічних наук, доцент (Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», завідувач кафедри аерокосмічної теплотехніки). Зауваження по дисертації:

1. Відсутня інформація щодо похибки експериментальних даних.
2. На стор. 68 не вказано, що таке  $E(0, \Theta, z)$ .
3. Не вказується, як вибирався та обґрунтовувався коефіцієнт  $\beta_k$  в рівнянні (3.9). Також для більшого розуміння цього рівняння було б доцільно навести розрахункову схему з показом напрямку сонячних променів, відповідних кутів тощо.

Слід зазначити, що зроблені зауваження не впливають на науковий рівень дисертації, новизну та достовірність її результатів.

Моїсеєнко С.В., кандидат технічних наук, доцент (Херсонський національний технічний університет, доцент кафедри загальноосвітніх гуманітарних та природничих дисциплін, секція вищої математики і математичного моделювання). В роботі при загальній позитивній оцінці одержаних результатів, присутні деякі недоліки, а саме:

1. В науковій новизні та практичному значенню отриманих результатів роботі сказано «...створений числовий алгоритм та відповідний власний програмний продукт...». Але, на жаль, автор не приділив належної уваги опису власного програмного продукту (мова програмування, структура та ін.).

2. Автор для розв'язку дискретного аналогу вихідних рівнянь використовує розщеплення по радіальній та кутовій координатах. Але як впливає похибка факторизації на одержані результати в роботі не згадується.

3. Отримані автором результати для ламінарного (рис. 2.4) та турбулентного (рис. 3.4) режиму течії важко порівняти в силу різного діапазону довжини каналу (10-20 м для ламінарного, 20-50 м для турбулентного).

4. У дисертації відсутні відомості щодо обчислювальних витрат, зокрема, інформація про тип процесора, час виконання одного розрахунку, обсяг пам'яті та використання розпаралелювання.

5. Не розкритий фізичний зміст механізму суттєвого підвищення температури нанорідного теплоносія у порівнянні із чистим теплоносієм (с.5, с.72).

6. При розгляді гідродинаміки і теплообміну для течій нанорідин в круглій трубі теплоносій є гетерогенним і складається з рідкої і твердої фракції. Рівняння, що описують гідродинаміку записані для гомогенного теплоносія. Незрозуміло як враховується залежність теплофізичних властивостей нанорідини, таких як в'язкість, теплопровідність, густина від концентрації і розмірів наночастинок та інших факторів.

Однак, зазначені зауваження не впливають на загальне гарне враження від дисертаційної роботи і не знижують її високої оцінки.

Результати відкритого голосування:

"За" – 5 членів ради,  
"Проти" – немає.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Андрію Борисенку ступінь доктора філософії з галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.



Голова разової спеціалізованої  
вченої ради  
МП

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Наталія ГУК