

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Масаликіна Станіслава Сергійовича**
**«Статистичне моделювання енергетичних потоків в системах
концентрації енергії Сонця»**, що подана на здобуття ступеня доктора
філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика

Дисертаційна робота Масаликіна Станіслава Сергійовича «Статистичне моделювання енергетичних потоків в системах концентрації енергії Сонця» присвячена розробці моделей, методів та алгоритмів для комп'ютерного моделювання процесу переносу випромінювання в системах концентрації енергії Сонця.

1. Актуальність обраної теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

Підвищення загальної енергетичної ефективності сонячних термодинамічних систем наряду залежить від ефективності їх систем прийому сонячного випромінювання, які складаються із концентратора відповідної геометрії та теплоприймача. Експериментальне дослідження систем прийому можливо лише на основі повномасштабних моделей, що робить такі дослідження занадто коштовними. Крім того, їх результати неможливо перенести на інші подібні системи. Аналітичні методи розрахунку також є малокорисними. Тому математичне та комп'ютерне моделювання процесів радіаційного переносу в системах концентрації стає єдиним адекватним методом дослідження. Таке моделювання можливо проводити лише на основі таких математичних моделей, в яких враховані всі ефекти, що існують в системах концентрації. Саме такі моделі та відповідні їм числові алгоритми та комп'ютерні програми були розроблені в даній роботі, що робить її актуальною та своєчасною.

Тематика роботи повністю відповідає науковому напрямку кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара і знаходиться в рамках ініціативної наукової теми «Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи» (№ держреєстрації 0122U001467, 2022-2024 рр.) цієї кафедри.

2. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану наукової проблеми, в обґрунтуванні та розробленні основної ідеї і теми дисертації; в формулюванні мети і задач дослідження; в теоретичному обґрунтуванні та

розробленні числового алгоритму Монте-Карло для визначення енергетичних параметрів в системах концентрації; в аналізі та виборі методів врахування неточності поверхні концентратора та ефекту розфокусування; в проведенні числових експериментів та формулюванні основних висновків; в отриманні наближеного аналітичного розв'язку та проведенні процедури верифікації числових даних. Результати розрахункових та теоретичних досліджень, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації, які отримані та розроблені автором, базуються на сучасних методах математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема, математичному аналізі, теорії ймовірності та математичній статистиці, алгебрі та векторному аналізі, методах обчислень та об'єктно-орієнтованого програмування.

4. Ступінь новизни результатів, їх теоретичне та практичне значення

В дисертаційній роботі набули подальшого розвитку теоретичні підходи та практичне застосування методів математичного та комп'ютерного моделювання переносу сонячного випромінювання в системах його концентрації.

Вперше:

- створений власний програмний продукт для визначення основних енергетичних характеристик в системах концентрації сонячного випромінювання з урахуванням неточності поверхні концентратора та ефекту його розфокусування;
- визначено вплив сумарних неточностей поверхні реального концентратора на щільність теплового потоку в його фокальній площині при фіксації неточностей в частках кута розкриття Сонця;
- порівняно значення щільності теплового потоку від реального концентратора при рівномірному та нормального законах розподілу неточностей поверхні;
- встановлений факт взаємної компенсації неточності поверхні концентратора та ефекту його розфокусування та доведено, що реальні концентратори із незначними неточностями та розфокусуванням можуть бути більш енергетично ефективні, ніж математично ідеальні з розфокусуванням;
- проведено верифікацію отриманих методом Монте-Карло числових даних для щільності теплового потоку шляхом порівняння їх із даними

знайденого аналітичного розв'язку, в якому неточність поверхні враховується на основі значення інтегральної ймовірності.

Дістали подальшого розвитку:

- узагальнена математична модель процесу концентрації, в якій враховані всі ефекти, що впливають на енергетичні показники системи «Сонце – концентратор – теплоприймач»;
- метод побудови числового алгоритму Монте-Карло для визначення енергетичних потоків в системах концентрації;
- метод визначення кількості випробувань під час реалізації числового алгоритму Монте-Карло;
- наближений аналітичний метод розв'язання математичної моделі процесу концентрації в системі «Сонце – параболоїдний концентратор – теплоприймач».

Запропоновано:

- класифікацію методів спрощення узагальненої математичної моделі процесу концентрації для подальшого її розв'язання числовими та аналітичними методами;
- вибір кутів, що характеризують ефект розфокусування концентратора.

Досліджено:

- вплив сумарної неточності поверхні реального концентратора на його енергетичні показники;
- вплив ефекту розфокусування на енергетичні показники ідеального та реального концентраторів;
- взаємний вплив неточності поверхні та ефекту розфокусування на енергетику системи «Сонце – параболоїдний концентратор – теплоприймач».

5. Практичне значення отриманих результатів

Вважаю, що дисертація має велике практичне значення. Створене в роботі власне програмне забезпечення, яке базується на методі Монте-Карло, може бути використане для розрахунку концентраторів різної геометрії, що дозволяє проводити порівняння їх енергетичних показників і здійснювати вибір оптимального дизайну.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес та використовуються при виконанні курсових та дипломних робіт студентами кафедри комп'ютерних технологій факультету прикладної математики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

6. Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації

Матеріали дисертації висвітлені в 3 наукових статтях, серед яких 2 статті опубліковані у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus, 1 стаття опублікована в науковому фаховому виданні України категорії Б. Зазначені публікації з достатньою повнотою розкривають основний зміст дисертаційної роботи.

Результати досліджень автора пройшли апробацію та дістали позитивну оцінку на 5 міжнародних науково-практичних конференціях.

7. Аналіз основного змісту роботи

У вступі висвітлено актуальність роботи, мету та задачі дослідження, об'єкт та предмет дослідження, методи та підходи, що використовувались під час дослідження, а також його результати.

У першому розділі показані основні переваги термодинамічного способу перетворення енергії Сонця, показано ключову роль системи прийому сонячного випромінювання в реалізації термодинамічного сонячного циклу, визначена фізична модель системи концентрації для подальшого дослідження.

У другому розділі перелічені властивості об'єктів, які приймають участь у процесі концентрації; показано етапи створення узагальненої математичної моделі процесу концентрації та проведена класифікація можливих припущень для її розв'язання; обрано метод врахування неточності поверхні та розроблено на основі відповідних припущень математична модель процесу переносу випромінювання в системі «Сонце – параболоїдний концентратор – теплоприймач».

У третьому розділі презентовані етапи розробки числового алгоритму Монте-Карло для визначення розподілу енергетичних показників в системах концентрації; визначено метод розрахунку кількості статистичних випробувань; представлені результати комп'ютерного моделювання та проведений їх аналіз для реальних та математично ідеальних концентраторів із розфокусуванням та без розфокусування; сформульовані важливі висновки щодо взаємного впливу неточностей поверхні та ефекту розфокусування.

У четвертому розділі знайдений наближений аналітичний розв'язок задачі концентрації сонячного випромінювання в системі «Сонце – параболоїдний концентратор – теплоприймач»; проведено порівняння результатів числового та наближеного аналітичного розв'язків, яке показало їх задовільний збіг.

Робота завершується висновками, які впливають з її змісту, є логічними та віддзеркалюють її основні результати.

8. Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення

Робота має традиційну структуру і складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу дисертації є логічним і відповідає вимогам до наукових праць, а зміст роботи висвітлює основні результати наукових досліджень.

9. Зауваження щодо змісту дисертації

- В огляді наукових публікацій головну увагу приділено використанню систем концентрації в термодинамічному перетворенні енергії Сонця. В той же час системи концентрації можуть використовуватись і при реалізації фотоелектричного перетворення. Чи можливо застосувати запропонований в роботі підхід для дослідження та розрахунку систем концентрації в фотоелектричних системах?

- В дисертації проведена систематизацію методів спрощення узагальненої математичної моделі та обраний один з цих методів для подальшого моделювання. Вважаю, що було б доречним провести порівняльний аналіз отриманих в роботі даних із даними, які розраховувались іншими авторами на основі інших припущень.

- Автор детально описує реалізацію методу Монте-Карло, в тому числі вибір оптимальної кількості випробувань. Але в роботі не наведена кількість цих випробувань та інші кількісні показники, що виникають про комп'ютерної реалізації алгоритму Монте-Карло.

10. Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота Масаликіна С. С. «Статистичне моделювання енергетичних потоків в системах концентрації енергії Сонця» повністю відповідає спеціальності 113 Прикладна математика.

11. Загальні висновки

В цілому, дисертаційна робота Масаликіна Станіслава Сергійовича є завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Отримані науково обґрунтовані теоретичні та числові результати утворюють нову ланку досліджень в галузі розробці та удосконаленню:

- математичних моделей для опису процесів переносу випромінювання в системах концентрації енергії Сонця;

- методу Монте-Карло для числового дослідження розподілу енергетичних потоків в системах концентрації;

- числових алгоритмів для проведення комп'ютерного моделювання та розрахунку енергетичних потоків в системах концентрації із параболоїдними концентраторами.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість та достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, вважаю, що дисертаційна робота Масаликіна Станіслава Сергійовича «Статистичне моделювання енергетичних потоків в системах концентрації енергії Сонця», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика, відповідає встановленим вимогам відповідно наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. зі змінами від 21.03.2022), а її автор Масаликін Станіслав Сергійович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Рецензент

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

Лілія НАКАШИДЗЕ

Підпис Лілії НАКАШИДЗЕ
засвідчую:

Вчений секретар вченої ради
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент

Тетяна ХОДАНЕН