

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Донецького Сергія Вікторовича  
на тему «Нові типи атракторів в неідеальних динамічних системах»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань ІІ Математика та статистика  
за спеціальністю ІІІ Математика

### **Актуальність теми дисертації.**

При математичному моделюванні коливальних процесів досить типовою є ситуація, коли математична модель порівняно простої, за формальним описом, фізичної динамічної системи успішно використовується для вивчення динаміки значно більш складних систем. Це дає змогу при збереженні адекватності опису динаміки спростити математичне дослідження складних систем та подолати значні труднощі при розв'язуванні відповідних математичних рівнянь. Характерним прикладом такого підходу є широке використання маятникових моделей для дослідження динаміки машин, механізмів, технологічних пристроїв, конструкцій, біологічних систем, та навіть фінансових ринків.

Проблеми глобального енергозбереження вимагають максимальної мінімізації потужності тих чи інших джерел збудження коливальних систем. У зв'язку з цим в багатьох системах, що мають відношення до інженерних застосувань, об'єкт «коливальна система – джерело збудження коливань» принципово повинен трактуватися як неідеальна динамічна система (або система з обмеженим збудженням), в якій треба обов'язково брати до уваги наявність зворотного впливу коливальної системи на функціонування джерела збудження коливань. У таких системах можливо виникнення ефекту Зомерфельда, коли в системі з'являється режим резонансних коливань з великими амплітудами, і енергія джерела збудження коливань витрачається на підтримку зазначених коливань.

Зазначимо також, що відкриття явища детермінованого хаосу відноситься до найбільш значних наукових відкриттів другої половини двадцятого сторіччя. Як з'ясувалося у подальшому, явища детермінованого хаосу зустрічаються як у природі, так і при функціонуванні різноманітних технічних механізмів, пристроїв та систем. Детерміновані хаотичні режими суттєво та часто непередбачено змінюють та ускладнюють роботу таких об'єктів. Тому нагальною необхідністю є детальне дослідження можливості виникнення хаотичних режимів при функціонуванні того чи іншого технічного пристрою чи системи.

Зважаючи на це, тема дисертаційної роботи Донецького С.В., де досліджується перехід від регулярної до хаотичної динаміки саме неідеальних систем, є безумовно актуальною.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Для неідеальної системи «генератор – п'єзокерамічний випромінювач»:

1. Вперше виявлено нетипове чергування сценаріїв Фейгенбаума та Манневілья-Помо при переходах від регулярних режимів до хаотичних.
2. Знайдено значення параметрів за яких у системі співіснують два атрактори один із яких розташований в області локалізації іншого, що є пріоритетним результатом.
3. Встановлено можливість співіснування в системі таких пар усталених режимів: квазіперіодичний і періодичний; періодичний і періодичний; хаотичний і періодичний.
4. Проведено ідентифікацію співіснуючих атракторів розглянутої системи в термінах «рідкості» та «прихованості».
5. Проаналізовано вплив запізнення на існування та класифікацію співіснуючих атракторів.

Для неідеальної системи «сферичний маятник електродвигун»:

1. Знайдено ізольовані та неізольовані положення рівноваги. Доведено теореми про стійкість ізольованого положення рівноваги та існування сімейства неізольованих положень рівноваги.
2. Знайдено регулярні та нерегулярні сімейства неізольованих граничних множин, що мають притягуючі властивості та не є атракторами в «класичному» розумінні, але відповідають означенню так званих максимальних атракторів.
3. Встановлено, що сценарії переходу до хаосу максимальних атракторів відбувається за сценаріями, що є аналогічними до сценаріїв переходу до хаосу, притаманним «класичним» атракторам.



Всі отримані результати є достовірними про що свідчить логічність та повність їх викладення у дисертації, а також рівень наукових публікацій здобувача. Відзначу також вміле використання дисертантом кількох ефективних чисельних процедур, що є важливих для детального аналізу атракторів розглянутих систем.

Отже, можна зазначити, що в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання успішно виконано, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Донецького Сергія Вікторовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 111 Математика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Математика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Детермінований хаос.

Звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння свідчить, що дисертаційна робота Донецького Сергія Вікторовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана грамотною українською мовою. Результати викладені у логічній послідовності з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації складає 124 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, об'єкт, предмет, завдання і методи дослідження, зазначено наукову новизну отриманих результатів, їх практичне значення, зв'язок роботи з науковими темами й особистий внесок здобувача, вказано, де було апробовано та опубліковано результати дисертації.

У першому розділі розглянуто історію розвитку досліджень з нелінійної динаміки та теорії коливальних систем з обмеженим збудженням.

У другому розділі наведено та детально висвітлено основні поняття, методи та підходи загальної теорії динамічних систем, що використовуються в дисертаційному дослідженні.



У третьому розділі було проведено дослідження динамічної системи «LC-генератор – п'єзокерамічний випромінювач», де автором було знайдено пари співіснуючих атракторів та проведено їх класифікацію відносно нових понять «рідкісні», «приховані», «самозбуджуванні».

У четвертому розділі було проведено дослідження динамічної системи «сферичний маятник – електродвигун», де автором було доведено теореми про положення рівноваги системи; знайдено нові типи притягувальних множин («максимальні атрактори»), що узагальнюють класичне поняття «атрактор».

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 5 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, з яких 2 статей у виданнях, віднесених до третього квартиля (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank.

Також результати дисертації були апробовані на 3 провідних закордонних конференціях з регулярної та хаотичної динаміки. Результати доповідей на конференціях опубліковані у трьох статтях періодичної книжкової серії Праць цих конференцій. Ці статті також входять до профілю здобувача в наукометричній базі Scopus.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

До дисертаційної роботи є кілька зауважень та побажань.

1. Зазначу, що визначення рідкісного атрактора не є строго математичним, оскільки спирається на дещо невизначений термін «мала ймовірність». Вважаю, що в подальшому це означення має бути удосконаленим.
2. Вважаю, що з методичної точки зору опис сценаріїв Фейгенбаума, Манневілля-Помо та узагальненої переміжності при переходах від регулярних режимів до хаотичних, доцільно було би представити у другому розділі за рахунок скорочення описів деяких відомих понять теорії динамічних систем.
3. В розділі 3.2, де представлено перші чисельні результати, доцільно було би більш детально описати відповідні процедури. Також не вказано обраний шаг сітки.
4. Робота містить описки, наприклад:



«ідетифікацію» (с.6), «стабілізації» (с.17), «по потужність» (с.19), «стікій» (с.27), «траєкторії навпаки віддаляються» (с.49), «характеристичних» (с.52), «почнімо» (с.56) та ін.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Донецького Сергія Вікторовича на тему «Нові типи атракторів в неідеальних динамічних системах» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 11 Математика та статистика. Робота містить низку пріоритетних результатів. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Вважаю, що здобувач Донецький Сергій Вікторович безумовно заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 111 Математика.

### **Офіційний опонент:**

професор кафедри прикладної математики  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»,  
д.ф.-м.н., проф.

Юрій МІХЛІН

Підпис проф. Ю.Міхліна підтверджую.

Директор Навчально-наукового інституту комп'ютерного моделювання,  
прикладної фізики та математики

Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Професор



Олексій ЛАРІН

М.П.

« 26 » 12 2023 року