

ЗАТВЕРДЖУЮ



Проректор з наукової роботи
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
професор Ганна ТОЛСТАНОВА

(підпис)

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок
Стійкість та робастність щодо збурень атракторів нелінійних нескінченновимірних систем
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: Спільний конкурс науково-дослідних проєктів ДФФД та DFG (конкурс Ф81)
Реєстраційний номер Проєкту: Ф 81/41743

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) Ф 81/41743 Стійкість та робастність щодо збурень атракторів нелінійних нескінченновимірних систем

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо забезпечення укладання договорів про виконання наукових досліджень і розробок за рахунок грантової підтримки з переможцями спільного конкурсу наукових проєктів (Ф81) протокол від «06» липня 2021 року №26.

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2021 рік – 2021 рік

Тривалість виконання Проєкту у 2021 році

Початок – 26.07.2021
(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)

Закінчення – 15.12.2021

Загальна вартість Проєкту, грн. 1100000,00 грн

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 5 виконавців, з них:

доктори наук - 3;

кандидати наук - 1;

інші працівники - 1.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(І) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Грантоотримувач – Київський національний університет імені Тараса Шевченка

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Дослідження стійкості та робастності глобальних атракторів та побудова наближених керувань нескінченновимірних еволюційних систем щодо імпульсних та зовнішніх збурень

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Одержати результати щодо існування та властивостей притягуючих множин та атракторів асимптотично-компактних імпульсних процесів; результати щодо наближених ефективних керувань в системах зі збуреннями в коефіцієнтах; результати щодо робастної стійкості збурених нескінченновимірних систем, відносно глобальних атракторів відповідних незбурених систем

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

В імпульсних систем є порушення умови неперервної залежності розв'язку від початкових даних, що вимагає створення нових підходів в теорії глобальних атракторів. Важливим є обґрунтувати ефективні методи побудови наближених оптимальних керувань в еволюційних задачах зі збуреннями в коефіцієнтах. Робастність глобальних атракторів щодо зовнішніх сигналів в межах теорії ISS досі не розглядалась

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Новизною є створення комплексу методів дослідження якісної поведінки нескінченновимірних систем з імпульсними та зовнішніми збуреннями, методів наближеного керування систем зі збуреннями в коефіцієнтах, та результати щодо робастної стійкості збурених нескінченновимірних систем, відносно глобальних атракторів відповідних незбурених систем

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

В усіх задачах проєкту використовувались результати теорії нелінійних крайових задач, теорії глобальних атракторів нескінченновимірних динамічних систем, теорії стійкості динамічних систем, якісної теорії імпульсних та стохастичних систем, методи нелінійного та багатовимірного аналізу, теорії усереднення, теорії стійкості від входу до стану.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

В межах проєкту вивчались питання стійкості та робастності притягуючих множин та атракторів, а також питання побудови ефективних наближених керувань, в нелінійних нескінченновимірних системах, що функціонують під дією збурень. Для імпульсно-збурених систем була розвинена якісна теорія рівномірних притягуючих множин. При найбільш загальних умовах на вхідні дані встановлені ефективні достатні умови існування, стійкості та робастності рівномірних атракторів для широких класів імпульсних динамічних систем. Зокрема, одержані результати про існування та властивості рівномірних притягуючих множин для асимптотично компактних імпульсних процесів, породжених нелінійними хвильовими рівняннями з імпульсним збуренням, та результати про існування та стійкість рівномірних атракторів для багатовимірних

компактних імпульсних процесів, породжених імпульсно-збуреними еволюційними системами типу реакція-дифузія. Для еволюційних керованих систем зі збуреннями в коефіцієнтах обґрунтовано методи побудови наближених оптимальних керувань. Розглянуті задачі керування для еволюційних включень з ліпшицевими та напінеперервними правими частинами, а також задачі наближеного керування та синтезу для нелінійних параболічних рівнянь з коерцитивними цільовими функціоналами. Шляхом переходу до усереднених параметрів одержані теореми про збіжність наближених керувань до оптимальних. Для нелінійних нескінченновимірних систем були встановлені результати щодо стійкості по відношенню до зовнішніх збурень. Для систем типу реакція-дифузія були одержані теореми про стійкість розв'язків по відношенню до стохастичних збурень. Для еволюційних дисипативних систем з неавтономними збуреннями була розвинена теорія від входу до стану (ISS) щодо глобального атрактору незбуреної системи. Були доведені теореми про локальну стійкість від входу до стану (LISS) та про асимптотичне підсилення (AG) для компактних та асимптотично компактних збурених нескінченновимірних систем. Одержані теореми були застосовані до збурених нелінійних хвильових рівнянь, параболічних систем типу реакція-дифузія та зв'язаних систем типу PDE-ODE.

Всього за проектом підготовлено 18 наукових публікацій (розділ в монографії, 12 статей, 5 тез конференцій) загальним обсягом 9 друк.арк. Основні серед них такі:

- 1) Капустян О.В., Перестюк Ю.М. Якісна теорія розривних динамічних систем. – Київ: ВПЦ Київський університет, 2021 (підписана до друку 28.10.2021), 182 с.
- 2) Кічмаренко О.Д., Капустян О.А., Касімова Н.В., Жук Т.Ю. «Задача оптимального керування диференціальним включенням зі швидкоколивними коефіцієнтами на півосі» // Нелінійні керування (категорія А) (прийнята до друку)
- 3) Капустян О.В., Станжицький О.М., Фартушний І.Д. Метод усереднення в задачі оптимального керування для збуреного параболічного рівняння // Український математичний журнал (категорія А) (подано до друку)
- 4) Sergey Dashkovskiy, Oleksiy Kapustyan, Olena Kapustyan, Tetyana Zhuk «Asymptotic analysis of optimal control problems on the semi-axes for Caratheodory differential inclusions with fast oscillating coefficients» // Set-Valued and Variational Analysis (Q1) (подано до друку)
- 5) S. Dashkovskiy, O.A. Kapustian, O.V. Kapustyan, N.V. Gorban «Attractors for multivalued impulsive systems: existence and applications to reaction-diffusion system» // Mathematical Problems in Engineering (Q3), 2021, Article ID 7385450
- 6) Капустян О.В., Горбань Н.В. «Притягуючі множини для одного класу асимптотично компактних систем з імпульсним збуренням» // Системні дослідження та інформаційні технології (категорія А), 2021, №2, С.140-148
- 7) Oleksiy Kapustyan, Oleksandr Misiats, Oleksandr Stanzhytskyi «Qualitative analysis of solutions of the bidomain equation with random perturbations» // Stochastics and Dynamics (Q2) (подано до друку)
- 8) Oleksiy Kapustyan, Sergey Dashkovskiy «Robustness of global attractors: abstract framework and application to dissipative wave equations» // Evolution Equation and Control Theory (Q2), 2021, опубліковано онлайн, <http://dx.doi.org/10.3934/eect.2021054>.
- 9) Капустян О.В., Юсипів Т.В., Курилко О.Б. «Робастна стійкість глобального атрактору системи реакція-дифузія» // Вісник Київського університету. Серія: фізико-математичні науки, 2021, № 3, С. 46-50
- 10) Капустян О.В., Юсипів Т.В. «Стійкість щодо збурень для атрактору дисипативної системи типу PDE-ODE» // Нелінійні коливання (категорія А) (прийнято до друку)

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

Всі результати Проекту є новими і дозволили в рамках якісного аналізу охопити принципово нові класи систем зі збуреннями. Зокрема, в теорії систем з імпульсними збуреннями в напрямку теорії атракторів вдалося встановити принципово нові умови існування та стійкості рівномірних атракторів. Ці умови ґрунтуються не на аналізі імпульсних траєкторій в околі фіксованої гіперплощини в фазовому просторі, як в існуючих роботах (Е.М. Bonotto, D.P. Demuner, M.C. Bortolan, М.О. Perestyuk), а на аналізі траєкторій незбуреної системи і властивостей імпульсного

відображення. З огляду на той факт, що траєкторії імпульсної системи мають нескінчену кількість імпульсних збурень, моменти яких невідомі, одержані теореми дали змогу дослідити нові класи імпульсно-збурених нелінійних параболічних та гіперболічних систем. Для еволюційних керованих систем зі збуреннями в коефіцієнтах перевагою одержаних результатів є побудова наближень за умов, що не передбачають існування класичного середнього значення, як в усіх існуючих роботах (G. Smirnov, A. Plotnikov). Задача дослідження робастної стійкості атракторів нелінійних нескінченновимірних систем по відношенню до зовнішніх збурень є принципово новою в межах теорії стійкості "від входу до стану" (input-to-state stability, ISS). В класичній теорії знаходження оцінок відхилення збуреного розв'язку від стійкого положення рівноваги незбуреної системи ґрунтується на методах функцій Ляпунова (E.D. Sontag, Y. Wang, Y. Lin, A. Teel, L. Praly, S. Dashkovskiy, F. Wirth, A. Mironchenko), які не працюють у випадку нетривіальних атракторів. В проекті для встановлення робастності глобальних атракторів розроблений принципово інший підхід, який дозволив дослідити властивості стійкості від входу до стану відносно глобальних атракторів для широких класів нескінченновимірних нелінійних систем з нетривіальною граничною динамікою.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проекту для економіки та суспільства (стосується проектів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проекту в суспільній практиці.

Проект має теоретичний характер і спрямований на одержання нових результатів в теорії стійкості для систем з розподіленими параметрами. Його результати та розроблені методи є суттєвим внеском в загальну теорію глобальних атракторів нескінченновимірних систем, якісну теорію імпульсних систем та теорію робастного керування нелійними еволюційними системами. Вони можуть слугувати теоретичною основою для дослідження стійкості граничних режимів в задачах механіки, економіки, біології, фізики, квантової електроніки та багатьох інших, які характеризуються наявністю імпульсних, стохастичних та неавтономних збурень і моделюються за допомогою нескінченновимірних систем, а також для практично важливої в теорії керування задачі оцінки відхилення збуреного розв'язку керованої системи від асимптотично стійкого положення рівноваги незбуреної системи. Одним з головних завдань Проекту було залучення до наукової роботи талановитої молоді. Зокрема, в межах Проекту було залучено двох молодих учених.

Науковий керівник Проекту
професор кафедри інтегральних
і диференціальних рівнянь
механіко-математичного факультету
Олексій КАПУСТЯН

