

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Філіпковської Марії Сергіївни

на тему «Глобальна розв'язність диференціально-алгебраїчних рівнянь та математичне моделювання динаміки нелінійних радіотехнічних кіл»,

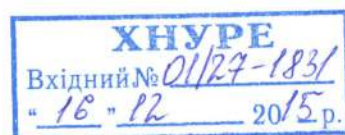
представлену на здобуття наукового ступеня

кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю

01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

1. Актуальність теми дослідження

Науково-технічний прогрес зумовив широке використання у всіх галузях господарства різноманітних типів радіоелектронних засобів (РЕЗ). Подальше впровадження сучасних РЕЗ в практичні розробки потребує добре розвинутих методів їх проектування, створення яких неможливе без наявності коректних математичних моделей, які б, з одного боку, задовольнили потреби практики в точності прогнозуємих параметрів, а з другого боку – сприяли б більш об'єктивному і поглибленому вивченню процесів, що відбуваються в таких пристроях. Ускладнення електромагнітної обстановки, режимів функціонування РЕЗ, що спостерігаються в останній час, призводить до необхідності врахування ще на етапі моделювання різноманітних нелінійних явищ, які виникають через наявність нелінійних елементів у складі таких пристроїв. Тому при моделюванні таких пристроїв особливу важливість набуває питання про відповідність отриманих результатів тим процесам, які відбуваються в реальних пристроях. Для лінійних РЕЗ така відповідність гарантується виконанням теореми єдиності. Для нелінійних пристроїв аналогом теореми єдиності є умова конвергентності, яка отримана для сталого режиму пристрою при періодичному його збудженні. У зв'язку з цим виділення можливо більш широкого класу нелінійних пристроїв та умов їх функціонування, що задовольняють зазначеній вище умові конвергентності, є важливим завданням. Його можна виконати на основі математичного моделювання таких пристроїв, яке призводить до появи напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь та необхідності проведення їх аналізу. Для повноцінного аналізу динаміки радіотехнічної системи важливо мати можливість дослідити поведінку розв'язку відповідного рівняння вздовж усієї часової півосі. У зв'язку з цим виникає задача отримання умов існування та єдиності глобального за часом розв'язку напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння. Важливим питанням при дослідженні еволюційних властивостей глобального розв'язку є визначення умов його обмеженості, що цілком відповідає дослідженню стійкості за Лагранжем відповідного рівняння. Нестійкість за Лагранжем рівняння з певними параметрами та початковими значеннями дозволяє зробити висновок про необмеженість та існування його розв'язку на скінченному відрізку часу, а також про поведінку відповідної системи, що моделюється.



Враховуючи сказане вище, вважаю, що тема дисертаційного дослідження Філіпковської М.С. є безперечно актуальною.

Актуальність теми дисертації підтверджується ще і тим, що робота виконувалась за тематикою наукових досліджень ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Здобувач приймав активну участь як виконавець робіт по НДР «Аналіз еволюційних задач з рівняннями типу Соболева» (номер держреєстрації 0111U010369).

2. Наукова новизна отриманих результатів

Головним науковим результатом роботи є визначення нових класів диференціально-алгебраїчних рівнянь та, відповідно, нових класів нелінійних радіоелектронних пристроїв, для яких існують глобальні за часом розв'язки, у тому числі класи, для яких глобальні розв'язки є обмеженими на всій області визначення.

У межах головного результату отримано низку важливих нових наукових результатів, серед яких слід виділити наступні.

1. Сформульовано і доведено нові теореми існування та єдиності глобального розв'язку задачі Коші для напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь без використання обмежень типу глобальної умови Ліпшиця. Рівняння мають регулярний або сингулярний характеристичний жмуток. Відмова від обмежень типу глобальної умови Ліпшиця дозволяє розширити клас напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь, які допускають існування та єдиність глобального за часом розв'язку.

2. Вперше сформульовано і доведено теореми про стійкість та нестійкість за Лагранжем напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь. Теореми про стійкість дають достатні умови існування, єдиності та обмеженості глобального за часом розв'язку, теореми про нестійкість дають достатні умови, за яких існує єдиний необмежений розв'язок зі скінченим інтервалом визначення. Теореми, що отримано для диференціально-алгебраїчного рівняння з сингулярним характеристичним жмутком включають випадки, коли відповідна система рівнянь є недовизначеною або перевизначеною.

3. Для побудованих еволюційних математичних моделей нелінійних радіотехнічних кіл різних типів вказано обмеження, які гарантують однозначну глобальну розв'язність та стійкість за Лагранжем відповідних напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь. Вказаним обмеженням задовольняють певні нелінійні функції, які не є глобально ліпшицевими, що дозволяє гарантувати існування, єдиність і обмеженість глобальних розв'язків більш широких класів еволюційних рівнянь.

4. Запропоновано новий чисельний метод для розв'язання напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння з регулярним характеристичним жмутком. Доведено теорему про збіжність методу, яка враховує отримані умови існування та єдиності глобального розв'язку. Запропонований метод вимагає більш слабких обмежень на нелінійну частину рівняння у порівнянні з іншими відомими методами. Автором використано спектральні проектори типу Ріса з метою зведення

диференціально-алгебраїчного рівняння до системи із суто диференціального й алгебраїчного рівнянь, що дозволяє повністю реалізувати отриманий чисельний метод на комп'ютері, включаючи обчислення спектральних проекторів.

Разом з цими результатами слід також виділити результати, що є окремими випадками зазначених теорем та спрощують перевірку їх умов для окремих класів напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь: отримано нову теорему існування глобального розв'язку недовизначеної системи і нову теорему існування та єдиності глобального розв'язку перевизначеної системи диференціально-алгебраїчних рівнянь; отримано нові теореми існування та єдиності глобального розв'язку, які враховують специфіку нелінійних частин диференціально-алгебраїчних рівнянь, а саме, наявність доданків, які залежать тільки від часу, і лінійних нестационарних частин.

3. Наукова та практична значущість отриманих результатів

Побудовано математичні моделі низки нелінійних радіотехнічних пристроїв із зосередженими параметрами. Для цих моделей розглянуто імпедансні та гібридну задачі, а також обернену задачу, у якій виникає перевизначена система диференціально-алгебраїчних рівнянь, та задачу в умовах неповних даних, що потребує дослідження недовизначеної системи диференціально-алгебраїчних рівнянь. За допомогою отриманих теоретичних результатів проведено дослідження перехідних процесів у нелінійних радіотехнічних колах щодо виконання умов гладкої детермінованої еволюції та обмеженості станів радіотехнічних кіл вздовж часової півосі. Наведено конкретні класи функцій і величини, які задають параметри радіотехнічних кіл та задовольняють вказані умови, що дозволяє визначити нові класи нелінійних електричних кіл, для яких існують глобальні за часом розв'язки та виконуються умови обмеженості глобального розв'язку.

Практична перевірка отриманих умов глобальної розв'язності та стійкості за Лагранжем є досить ефективною, а отримані обмеження є коректними та фізично обґрунтованими.

Розроблений чисельний метод застосовано до аналізу математичних моделей перехідних процесів у нелінійних радіотехнічних колах, які описуються напівлінійними диференціально-алгебраїчними рівняннями з регулярним жмутком. Знайдено наближені розв'язки рівнянь для різних класів функцій і величин, що задають параметри радіотехнічних кіл. Результати отриманих обчислень проілюстровано на графіках, проаналізовано та виявлено, що вони співпадають з результатами практичної перевірки теорем. Отже, розроблений метод є досить ефективним, обґрунтованим і може бути застосований для моделювання нелінійних процесів в радіотехнічних пристроях різноманітного призначення.

Значимість та напрямок застосування одержаних теорем зумовлено їх новизною, актуальністю задач, що вони вирішують, та можливістю їх використання для аналізу математичних моделей зі звичайними диференціальними та напівлінійними диференціально-алгебраїчними рівняннями, які виникають у різних галузях науки та техніки. Зокрема, розроблені математичні моделі та результати їх дослідження можуть бути

також використані при дослідженні механічних, робототехнічних, економічних та інших систем, зокрема, при вивченні складних механічних систем із зосередженими масами, математичних моделей кристалічних решіток і потоків у мережах.

Результати дисертаційних досліджень використано при підготовці та викладанні дисципліни «Математичне моделювання» та спеціального курсу «Математичні моделі з рівняннями типу Соболева» у ХНУ ім. В. Н. Каразіна (акт впровадження від 27.05.2015).

4. Оцінка обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій

Отримані результати спираються на базові положення математичного, комплексного і функціонального аналізів та теорії чисельних методів. Всі математичні твердження, що отримано у дисертації, чітко сформульовано та строго доведено, а також проілюстровано прикладами. Продемонстровано застосування теоретичних результатів до прикладних задач. Результати обчислювальних експериментів та теоретичних досліджень побудованих математичних моделей є узгодженими і мають чітке фізичне трактування. Достовірність одержаних результатів базується на застосуванні теоретично обґрунтованих методів дослідження необмеженого продовження та стійкості за Лагранжем диференціальних рівнянь, однозначної розв'язності напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь.

Все це підтверджує достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації.

5. Повнота викладу основних результатів дисертації

Основні дисертаційні результати опубліковано у 18 наукових роботах, зокрема, у 7 статтях, серед яких 2 статті у закордонних журналах та 5 статей у фахових виданнях України, та в тезах доповідей і матеріалах 11 міжнародних наукових конференцій та симпозіумів. Публікації розкривають основний зміст дисертації та відповідають її основним положенням і висновкам.

6. Оцінка змісту дисертації та автореферату

Зміст роботи повністю відображає етапи досягнення мети дисертаційного дослідження, яка полягає в отриманні умов однозначної глобальної розв'язності, стійкості та нестійкості за Лагранжем напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь без використання обмежень типу глобальної умови Ліпшиця, розробці методу їх чисельного розв'язання на будь-якому заданому відрізку часу та дослідженні глобальної динаміки математичних моделей нелінійних радіотехнічних кіл. Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовано низку задач, які послідовно розв'язані в дисертації.

Перший розділ містить опис основних математичних моделей з диференціально-алгебраїчними рівняннями та задач, які виникають при їх дослідженні.

В основних розділах (2–6) докладно розглянуто та розв'язано такі задачі: сформульовано і доведено теореми існування та єдиності глобального розв'язку задачі Коші для напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь без застосування обмежень типу глобальної умови Ліпшиця; сформульовано і

доведено теореми про стійкість та нестійкість за Лагранжем напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь; побудовані математичні моделі нелінійних радіотехнічних кіл із зосередженими параметрами та використано отримані теоретичні результати до дослідження їх динаміки; розроблено чисельний метод знаходження розв'язків напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь на будь-якому заданому відрізку часу та проведено чисельний аналіз отриманих математичних моделей.

Огляд літератури та аналіз відомих досягнень і результатів досліджень з теми дисертації також міститься у кількох розділах, що зумовлено різницею у галузях проведених досліджень: математичне моделювання, теорія диференціальних та диференціально-алгебраїчних рівнянь та пов'язані з нею дослідження, чисельні методи.

Загальний висновок цілком відображає основні положення дисертації.

За структурою та оформленням дисертація і автореферат відповідають установленим вимогам. Автореферат повністю висвітлює основні положення та результати дисертації.

7. Зауваження

На жаль, в дисертації є окремі недоліки.

1. Математична модель динаміки, що досліджується в умовах неповних даних, є досить простою і відповідна система диференціально-алгебраїчних рівнянь легко зводиться до системи звичайних диференціальних рівнянь. Для повноцінної демонстрації переваг отриманих результатів слід розглянути більш складну модель.

2. У вступі та п'ятому розділі зазначено, що метод дослідження стійкості за Лагранжем звичайних диференціальних рівнянь є розвитком прямого методу Ляпунова, але не зрозуміло у чому конкретно полягає зв'язок між цими методами, та чи можуть бути використані умови стійкості диференціально-алгебраїчних рівнянь за Лагранжем для дослідження стійкості за Ляпуновим.

3. При розробці чисельного методу розв'язання напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння не проаналізовано можливість підвищення точності отриманих результатів.

4. Розглянуті в роботі математичні моделі справедливі тільки для безінерційних нелінійних елементів (елементів без пам'яті), а результати досліджень в значній мірі отримані для поліноміальних характеристик нелінійних елементів. Було б доцільно навести результати досліджень для більш складніших характеристик нелінійних елементів та вказати межі існування глобальних розв'язків.

5. Не відображено практичне застосування отриманих теоретичних результатів до наведених у першому розділі математичних моделей динаміки міжгалузевого балансу економіки та систем керування, а також застосування до інших нелінійних динамічних систем, математичні моделі яких являють системи напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь.

Слід зазначити, що наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, на наукову цінність основних

результатів роботи і висновків з них, а останні два з них можна вважати, скоріш всього, побажаннями відносно напрямків подальших досліджень.

Висновок

Результати дисертаційного дослідження відповідають паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи за пунктами: «Створення, дослідження та теоретичне обґрунтування коректності класів математичних моделей (дискретних, неперервних, із зосередженими або розподіленими параметрами, статичних, динамічних, логіко-динамічних, ймовірнісних, статистичних та ін.), зокрема в умовах недостовірних неповних даних»; «Розроблення методів і алгоритмів розв'язування дискретних задач: дослідження існування розв'язків, визначення їх стійкості, збіжності до розв'язків математичних задач; дослідження умов збереження фізичного змісту розв'язками дискретних моделей».

Представлена дисертація є завершеною науковою працею, яка містить нові обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують актуальну задачу отримання нових умов існування, єдиності та обмеженості глобальних розв'язків і побудови ефективного методу чисельного розв'язання напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь, а також аналізу еволюційних властивостей математичних моделей динаміки нелінійних радіотехнічних пристроїв.

На підставі викладеного вважаю, що дисертаційна робота «Глобальна розв'язність диференціально-алгебраїчних рівнянь та математичне моделювання динаміки нелінійних радіотехнічних кіл» задовольняє всім вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Філіпковська Марія Сергіївна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

професор кафедри основ радіотехніки
Харківського національного
університету радіоелектроніки,
доктор фіз.-мат. наук, професор



А.І. Лучанінов

Підпис проф. Лучанінова А.І. засвідчую:

Вчений секретар ХНУРЕ,
к.т.н., доцент



І.В. Магдаліна