

ВІДГУК

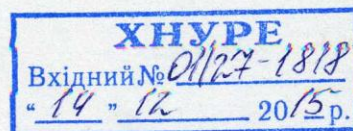
офіційного опонента на дисертаційну роботу Філіпковської Марії Сергіївни «Глобальна розв'язність диференціально-алгебраїчних рівнянь та математичне моделювання динаміки нелінійних радіотехнічних кіл», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації. Економічні, виробничі та технологічні процеси, а також фізичні й технічні системи, які здатні сприймати зовнішні впливи і реагувати на них зміною величин, що характеризують їх стан і поведінку, є динамічними об'єктами. Для побудови різноманітних класів адекватних моделей динамічних об'єктів необхідно враховувати зв'язки між змінними стану та зв'язки між цими змінними і зовнішніми впливами. Відповідні динамічні об'єкти описуються системами диференціальних та алгебраїчних рівнянь. Систему диференціально-алгебраїчних рівнянь, що у векторній формі має вигляд напівлінійного диференціального рівняння (тобто рівняння, у яке невідома функція входить як лінійно, так і нелінійно, а її похідна входить лінійно) з необоротним (виродженим) оператором (матрицею) при похідній, називають напівлінійним диференціально-алгебраїчним рівнянням. Рівняння даного типу називають також алгебро-диференціальним, дескрипторним рівнянням, виродженим або сингулярним диференціальним рівнянням. Велика кількість робіт як зарубіжних, так і вітчизняних авторів присвячена математичному моделюванню з використанням диференціально-алгебраїчних рівнянь, проблемам розв'язності диференціально-алгебраїчних рівнянь та розробці чисельних методів. До задач, які слабо досліджені та потребують глибокого аналізу, можна віднести задачі знаходження умов глобальної розв'язності та стійкості відповідних рівнянь. Незважаючи на наявність різноманітних методів чисельного розв'язання різних класів диференціально-алгебраїчних рівнянь, отриманих результатів недостатньо для коректного і повноцінного чисельного аналізу їх глобальної динаміки.

У зв'язку з наявністю надзвичайно широкого класу математичних моделей, що описуються напівлінійними диференціально-алгебраїчними рівняннями, дослідження умов їх глобальної розв'язності та стійкості, а також розробка ефективних чисельних методів є актуальними задачами, що допускають практичне застосування у радіотехніці, економіці, теорії керування, робототехніці, механіці та інших галузях.

Результати дисертації застосовано у науково-дослідній роботі «Аналіз еволюційних задач з рівняннями типу Соболева» (№ ДР 0111U010369, 2012–2014 рр.), у якій автор приймала участь у якості виконавця.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. Усі результати дисертаційних досліджень обґрунтовано теоретично на основі методу продовження розв'язків, методів математичного та функціонального



аналізу, теорії різницевих схем, методів з використанням спеціальних блокових структур операторів сингулярного жмутка та спектральних проекторів типу Ріса.

Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукова новизна основних результатів полягає в тому, що:

– удосконалено метод продовження розв'язків звичайного диференціального рівняння, що використовує диференціальні нерівності і функції типу Ляпунова та Ла-Салія; розвиток методу полягає в ослабленні обмежень на нелінійну частину рівняння;

– отримано нову блокову структуру операторних коефіцієнтів напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь, у яких лінійна частина характеризується сингулярним операторним (матричним) жмутком; відповідні результати доповнюють дослідження щодо блокових структур сингулярного жмутка у скінченновимірних просторах;

– отримано нові теореми існування та єдиності глобального розв'язку звичайного диференціального рівняння та напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння, лінійна частина якого характеризується регулярним або сингулярним операторним (матричним) жмутком; теореми не містять обмежень типу глобальної умови Ліпшиця, що у порівнянні з іншими відповідними теоремами дозволяє визначати глобальну розв'язність еволюційних рівнянь при більш загальних припущеннях щодо їх нелінійної частини;

– вперше отримано теореми про стійкість та нестійкість за Лагранжем напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь з регулярним і сингулярним характеристичними жмутками, які надають умови існування та єдиності обмеженого глобального розв'язку та розв'язку зі скінченим часом визначення;

– розроблено новий метод чисельного розв'язання напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння на будь-якому заданому відрізку часу (припускається, що рівняння має регулярний характеристичний жмуток). Переваги методу полягають у більш слабких порівняно з іншими методами обмеженнях на нелінійну частину рівняння та її частинні похідні, а також у можливості чисельно знаходити спектральні проектори типу Ріса, за допомогою яких вихідне рівняння зводиться до системи із суто диференціального й алгебраїчного рівнянь.

Достовірність дисертаційних висновків підтверджується коректністю доведень теорем, а також узгодженням результатів теоретичних досліджень та чисельних експериментів. Також підтверджує достовірність результатів дисертації те, що вони доповідалися, обговорювалися та дістали схвалення на більш ніж десяти міжнародних наукових конференціях та семінарах.

Практичне значення та рекомендації щодо використання результатів дисертаційних досліджень. Отримані теоретичні результати застосовано для дослідження еволюційних властивостей побудованих математичних моделей нелінійних радіотехнічних пристроїв, що дозволило вказати умови існування, єдиності та обмеженості глобальних розв'язків відповідних еволюційні рівнянь. Доведено, що вказаним обмеженням задовольняють певні нелінійні функції, які не

є глобально ліпшицевими, що дозволяє гарантувати існування і обмеженість глобальних розв'язків рівнянь динаміки для більш широких класів нелінійних систем.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено в навчальний процес Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна.

При дослідженні реальних систем та процесів практичне значення отриманих теорем існування та єдиності полягає у тому, що виконання їх умов гарантує наявність єдиних глобальних розв'язків рівнянь динаміки та, як наслідок, достатньо довгий термін безперебійного функціонування відповідних реальних систем. Теореми про стійкість та нестійкість за Лагранжем можуть бути використані для аналізу еволюційних властивостей станів математичних моделей конкретних систем і процесів, які описуються напівлінійними диференціально-алгебраїчними рівняннями.

Розроблений чисельний метод дозволяє знаходити наближені розв'язки напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння на будь-якому заданому відрізку часу, а виконання умов теореми про збіжність методу гарантує його коректність та обґрунтованість отриманих результатів.

Отримані результати становлять інтерес для теоретичних досліджень у комбінаториці, оскільки твірні функції для багатьох комбінаторних послідовностей задовольняють певні диференціальні рівняння.

Результати дисертації можуть бути використані для дослідження нелінійних математичних моделей з диференціальними рівняннями та диференціально-алгебраїчними рівняннями, в яких лінійна частина характеризується регулярним або сингулярним операторним (матричним) жмутком. Такі моделі виникають при дослідженні динаміки нелінійних радіотехнічних кіл, аналізу виробництва корпорації підприємств, вивчення міжгалузевого балансу економіки, а також при дослідженні робототехнічних, механічних і керованих систем тощо.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій у публікаціях. Всі результати дисертаційної роботи, які отримано автором особисто, опубліковано у 18 наукових працях (15 – без співавторів), з яких 7 – статті у журналах (5 статей у журналах, які включені до переліку наукових фахових видань України, 2 статті у закордонних журналах), інші – тези доповідей та матеріали наукових конференцій.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

Оцінка змісту дисертації та завершеності в цілому. Дисертаційна робота складається з переліку умовних позначень, вступу, шести розділів із висновками, загального висновку, списку використаних джерел і додатку. У першому розділі надано огляд предметної галузі та наведено основні математичні моделі з диференціально-алгебраїчними рівняннями. У другому розділі здійснено аналіз сучасного стану проблеми глобальної розв'язності та стійкості диференціально-алгебраїчних рівнянь; надано постановку задачі, розглянуто та проаналізовано методи її розв'язання; удосконалено метод продовження розв'язків; отримано спеціальну блокову структуру операторів сингулярного жмутка, доведено теорему про глобальну розв'язність звичайного

диференціального рівняння. У третьому та п'ятому розділах отримано теореми існування та єдиності глобального розв'язку, а також теореми про стійкість та нестійкість за Лагранжем задачі Коші для напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь з регулярним і сингулярним характеристичними жмутками. У четвертому та п'ятому розділах побудовано математичні моделі п'яти типів нелінійних радіотехнічних пристроїв і досліджено глобальну динаміку їх станів. У шостому розділі розглянуто сучасний стан проблеми чисельного розв'язання та розроблено новий чисельний метод знаходження розв'язків напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння з регулярним характеристичним жмутком, доведено теорему про збіжність методу, здійснено чисельні експерименти у рамках побудованих математичних моделей.

Основні розділи змістовно розкривають суть і шлях розв'язання поставлених задач, а також містять докладний аналіз і чітке обґрунтування одержаних результатів. У цілому дисертаційні дослідження виконані на належному теоретичному та науково-технічному рівні, написані грамотною та зрозумілою математичною мовою і мають завершений характер.

Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації. Оформлення дисертації відповідає вимогам МОН України.

Зауваження.

1. У першому розділі надано огляд предметної галузі та основних математичних моделей з напівлінійними диференціально-алгебраїчними рівняннями, у другому розділі надано огляд з питань глобальної розв'язності та стійкості цих рівнянь, а також методів дослідження. Доцільніше було б об'єднати ці розділи.

2. Друге зауваження є логічним продовженням першого. Огляд чисельних методів розв'язання диференціально-алгебраїчних рівнянь надано у шостому розділі. Слід зазначити, що аналіз сучасного стану задач дисертаційного дослідження та огляд літератури з теми дисертації є достатньо докладним та повноцінним, але його розбиття за розділами може створювати певні незручності для читача.

3. Не розглянуто математичні моделі зі звичайними диференціальними рівняннями, хоча отримано нові результати стосовно існування та єдиності глобальних розв'язків цих рівнянь та зазначено практичну цінність отриманих результатів.

4. У роботі розроблено новий чисельний метод та виконано його комп'ютерну реалізацію, тому бажано було б навести у додатку текст програми.

5. Бажано було б оцінити трудомісткість чисельного методу розв'язання напівлінійного диференціально-алгебраїчного рівняння.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам. Зазначені зауваження не знижують рівня та наукової цінності отриманих автором результатів і висновків. Дисертаційна робота є завершеною працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують наукову задачу знаходження умов однозначної глобальної розв'язності та стійкості напівлінійних диференціально-алгебраїчних рівнянь, розробки чисельного методу їх розв'язання, дослідження глобальної динаміки

нелінійних радіотехнічних кіл. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Вважаю, що дисертаційна робота «Глобальна розв'язність диференціально-алгебраїчних рівнянь та математичне моделювання динаміки нелінійних радіотехнічних кіл» відповідає вимогам п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Кабінетом Міністрів України, 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:

зав. кафедри економічної кібернетики

Полтавського університету

економіки і торгівлі

к.ф.-м.н., професор

Є.М. Ємець



Особистий підпис Ємець Є.М.
ЗАВІРЯЮ
Начальник відділу кадрів ПУЕТ
Вайцева