

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Курського Юрія Сергійовича «Теоретична модель вимірювань в нелінійних динамічних системах», подану на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Актуальність теми дисертації

Створення приладів та систем, які призначені для проведення досліджень фізичних та біофізичних процесів, що протікають у складних ієрархічних системах із самоорганізацією, є однією із найскладніших задач прикладної фізики та приладобудування. У таких системах спостерігається хаотичні режими функціонування. З іншого боку серед актуальних наукових завдань стоїть завдання розробки систем із хаотичними параметрами, таких як хаотичні лазери, що застосовуються у хаотичних системах зв'язку та лазери, що генерують дисипативні оптичні солітони, а також завдань з досліджень процесу розповсюдження солітонів у середовищах.

Складність створення описаних систем полягає у необхідності коректного врахування нелінійної поведінки таких об'єктів та коректного вимірювання динамічних фізичних величин.

На дослідження складних та хаотичних режимів та систем із нелінійною динамікою - нелінійних динамічних систем (НДС) - спрямовані зусилля авторів низки міждисциплінарних теорій, таких як теорія динамічного хаосу та теорія відкритих систем. Проте ці теорії не пропонують практичні методи та методики досліджень НДС, необхідні для реалізації завдань створення та дослідження НДС.

До основних методів експериментальних досліджень відносяться вимірювання. Незважаючи на інтерес до НДС, теорія та практика вимірювань в таких системах із хаотичною динамікою тривалий час не розвивалися. Зазначені обставини дозволяють вважати створення теорії дослідження НДС,

заснованої на моделях вимірювань в НДС, актуальною теоретико-прикладною задачею, що має важливе значення для розвитку нових методів та методик експериментальних досліджень у галузі фізики, зокрема, при дослідженні процесів у приладах та системах, процесів самоорганізації та динаміки ієрархічних систем, а також для розробки та експлуатації лазерів із хаотичними характеристиками випромінювання, медичних приладів і систем вимірювання та діагностики стану організму людини.

Тому дисертаційна робота Курського Ю. С., спрямована на розробку принципів положень теорії дослідження нелінійних динамічних систем на основі моделей вимірювань в НДС, є, без сумніву, актуальною та своєчасною.

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 279 найменувань та додатка.

У першому розділі обґрунтовано актуальність обраної мети та завдань дисертаційного дослідження. Для цього виконано аналіз наукових публікацій, який показав, що до актуальних завдань світової науки відносяться завдання моделювання, конструювання, застосування та керування складними, ієрархічними фізичними та біофізичними НДС.

Розглянуто процеси та основні властивості НДС, які впливають на вимірювання та мають бути враховані у процесі створення моделей вимірювань і досліджень НДС. В якості умов створення моделей виділено: інтервальність значень вимірюваних величин, їх хаотична динаміка, сильна залежність від початкових умов і шумів, еволюція і самоорганізація.

Проаналізовано методи та інструменти дослідження НДС, найпоширенішими та ефективними з яких є: топологічні дослідження фазового портрета; ентропійний та фрактальний аналіз часових рядів; критерій «S-теорема» і ін. Ці якісні та кількісні методи та інструменти теорій

складних систем вперше запропоновано використовувати при створенні моделі вимірювання. Як математичні інструменти аналізу моделі вимірювань вперше запропоновано використовувати: фазовий портрет, фрактальну розмірність, ентропію Шеннона, час передбачення.

Другий розділ присвячений фізико-математичним основам вимірювань величин із складною, хаотичною динамікою, що характеризують НДС із функцією самоорганізації та еволюцією. В рамках розділу виконано аналіз відповідності фізико-математичних основ класичної теорії вимірювань властивостям та процесам в НДС. Показано, що моделі вимірювань класичної теорії побудовані на постулатах про існування єдиного істинного (дійсного) значення вимірюваної величини і справедливості ергодичної гіпотези.

Обґрунтовано, що на відміну від класичної теорії теоретична модель вимірювань в НДС повинна враховувати наступні умови: вимірювальна величина характеризується не єдиним істинним (дійсним) значенням, а інтервалом значень; гіпотеза про ергодичність підтверджується не завжди; динаміка вимірюваних величин може мати нелінійний, стохастичні або хаотичний характер; часові ряди результатів вимірювань можуть представляти немарковські процеси, мати гаусдорфову розмірність; результат вимірювань повинен бути оцінений за допомогою невизначеності. Як математичні інструменти аналізу результатів вимірювання пропонується використовувати: фазовий портрет, фрактальну розмірність, ентропію Шеннона, показники Ляпунова та час передбачуваності.

Наведено результати досліджень стабільності частоти лазера та напруги в електричній мережі щодо динаміки параметрів цих НДС.

У третьому розділі вперше розроблена адаптивна теоретична модель, яка забезпечує вимірювання динамічних змінних та дослідження нелінійних динамічних систем у випадку детермінованої, стохастичної або хаотичної динаміки, обґрунтовано шляхи подальшого розвитку теорії невизначеності вимірювань для нелінійних динамічних систем.

В рамках розробленої моделі сформульовані нові підходи до вимірювання величин із складною, хаотичною динамікою. Запропоновано математичні інструменти аналізу динаміки нелінійних динамічних систем за результатами вимірювань із використанням фрактального та ентропійного аналізу, фазового портрету, портрету вимірювання.

У цьому розділі отримала розвиток методика оцінювання невизначеності та подання результатів вимірювань динамічних змінних нелінійних динамічних систем, вперше представлена форма оцінювання та подання результатів вимірювання.

У четвертому розділі на основі адаптивної моделі вимірювань в НДС розроблено експериментальні моделі досліджень в фізичних НДС. Моделі враховують динаміку об'єкта дослідження та містять інструменти аналізу процесів в НДС. Застосування моделей дає можливість досліджувати та управляти НДС в умовах хаотичної динаміки

Розроблено модель дослідження параметрів випромінювання лазера як ієрархічної НДС із функцією самоорганізації. Модель може бути використана як для забезпечення стабільності параметрів випромінювання лазера, так і для отримання та управління хаотичним випромінюванням.

Розглянуто задачу застосування нанолазерів в інформаційно-вимірювальних технологіях. Стабілізацію частоти запропоновано здійснювати по лінії поглинання йоду в дефекті фотонного кристалу. Обґрунтовано процедури аналізу параметрів випромінювання та їх динаміки за допомогою моделі дослідження параметрів випромінювання лазера як НДС.

Розроблено модель дослідження процесу лазерного охолодження частинок на основі застосування інформаційно-ентропійного підходу і ентропійної шкали моделі, що дозволяє оцінити температуру ансамблю частинок в процесі лазерного охолодження в будь-який момент часу.

У розділі представлено топологічну модель ідентифікації оптичних систем. Модель заснована на гіпотезі про фрактальну структуру оптичного

сигналу, віддзеркаленого від просвітлюючого покриття оптичних приладів, та на визначенні фрактальної розмірності розподілу інтенсивності в площині перетину відбитого від цілі лазерного імпульсу.

У п'ятому розділі на основі виконаних досліджень розроблена експериментальна модель дослідження стану біофізичних нелінійних динамічних систем із функцією самоорганізації, що еволюціонують. Модель побудована на основі теоретичної моделі вимірювань в НДС, враховує динаміку об'єкта дослідження та містить інструменти аналізу процесів. Застосування моделі дозволяє досліджувати і управляти НДС в умовах хаотичної динаміки.

В цілому текст дисертації викладено грамотною технічною мовою. Матеріал подається логічно, послідовно та доказово.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Основні наукові результати дисертаційної роботи є обґрунтованими та достовірними. Це забезпечується в цілому коректним застосуванням теорії динамічних систем, теорії динамічного хаосу та синергетики. Для розробки фізико-математичних основ вимірювань в НДС коректно та обґрунтовано використані методи теорії вимірювань, математичної статистики, теорії відкритих систем. У ході розвитку теоретичної моделі вимірювань використані методи якісної теорії динамічних систем, теорії інформації, фрактального аналізу та математичного моделювання, лінійної та інтервальної алгебри, топології. Експериментальні моделі досліджень розроблені з використанням методів комп'ютерного аналізу та моделювання, теорії лазерів, лазерного охолодження, топології, методів синергетичної теорії та інших теорій дослідження складних систем.

Наукова методологія та прикладні результати, викладені у дисертаційній роботі, дозволили вирішити важливу проблему дослідження та вимірювання параметрів НДС із хаотичною динамікою.

Наукова новизна роботи

Наукова новизна дисертаційної роботи характеризується такими положеннями:

1. Систематизовані процеси і властивості нелінійних динамічних систем, які впливають на процес і результат вимірювань, для аналізу результатів вимірювань запропоновано використовувати якісні та кількісні методи й інструменти теорій складних систем.

2. Розроблено фізико-математичні основи вимірювань величин із складною, хаотичною динамікою, що характеризують нелінійні динамічні системи з функцією самоорганізації, які еволюціонують.

3. Вперше розроблено адаптивну теоретичну модель, яка забезпечує вимірювання та дослідження нелінійних динамічних систем у випадку детермінованої, стохастичної та хаотичної динаміки.

4. Отримала подальший розвиток теорія невизначеності вимірювань в нелінійних динамічних системах, вперше розроблені принципи оцінювання та подання результатів вимірювань величин із хаотичною динамікою.

5. На основі результатів досліджень вперше розроблено експериментальні моделі дослідження: параметрів випромінювання лазера, процесу лазерного охолодження, стану біофізичної системи, які дозволяють досліджувати нелінійні динамічні системи та керувати процесами в умовах хаотичної динаміки.

Практична цінність дисертаційної роботи

Результати досліджень роблять значний внесок у розвиток основ теорії дослідження НДС. Вони забезпечують вирішення важливого теоретичного та прикладного завдання загальнолюдського значення — дослідження, моделювання, прогнозування та управління НДС. Отримані результати цінні для теоретичних, модельних і експериментальних досліджень фізичних явищ у системах, апаратах і приладах, сприяють створенню нових інформаційно-управлінських систем, методів і методик дослідження, створенню нової та

вдосконаленню існуючої техніки, розвитку фізики процесів самоорганізації та динаміки ієрархічних систем.

Практичне використання принципів, моделей вимірювання і дослідження НДС дозволить підвищити характеристики та ефективність застосування лазерної та оптоелектронної техніки, систем конфіденційного зв'язку, виконувати кількісне оцінювання біофізичних систем.

Результати досліджень важливі для розробки та практичного використання лазерів із хаотичними характеристиками випромінювання, а також для конструювання медичних приладів і систем, призначених для діагностики і вимірювання параметрів організму людини.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях

Основні результати роботи достатньо повно висвітлені в таких 56 наукових працях: 1 монографія; 37 статей в фахових журналах, із них 11 опубліковані у виданнях що індексуються в базах даних Scopus і Web of Science, 8 опубліковані в закордонних виданнях; 18 публікацій опубліковано в матеріалах і збірниках праць міжнародних конференцій. В цілому опубліковані роботи в достатній мірі відображають основні положення дисертації.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації та дозволяє оцінити обсяг і якість виконаної дисертантом роботи. Результати наукових досліджень, за якими дисертант захистив кандидатську дисертацію, не увійшли до положень, які виносяться на захист.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційні дослідження пов'язані з виконанням держбюджетної науково-дослідної роботи з фундаментальних проблем «Розвиток нових оптичних стандартів частоти з використанням фотонних кристалів» (номер державної реєстрації 0115U002434), відповідальним виконавцем якої був здобувач, держбюджетної науково-дослідної роботи під шифром «Промінь» і роботи за державним замовленням «Розробляння конструкторської документації та дослідного зразка лазерної системи реєстрації оптики у відкритому просторі» (номер державної реєстрації 38-2018). Результати роботи використовуються в учбовому процесі ХНУРЕ (спеціалізації: фотоніка та оптоінформатика, лазерна і оптоелектронна техніка).

Зауваження щодо змісту й оформлення роботи

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертації, вона містить недоліки, до яких слід віднести:

1. При розробці модельного рівняння (Розділ 3) не сформульовані конкретні критерії, за якими враховуються ті чи інші фактори, що впливають на структуру рівняння. Цьому питанню не приділено окремої уваги і в Розділі 1, де виконано огляд літератури за темою дисертації.

2. На стор. 61, 62 Розділу 1 наведено результати досліджень динаміки частоти випромінювання лазера виконаних дисертантом в роботах [1] , [38]. Але ці результати доцільно було б надати не в оглядової частині дисертації, а в тих її розділах, які присвячені оригінальним результатам.

3. На стор. 119 не пояснюється, чому параметр μ може набувати значень від 0 до 4.

4. Номера посилань в підрозділах 1.8.3, 1.8.4 не відповідають тематиці робіт, розміщених під цими номерами в Списку використаних джерел. Проблеми з номерами посилань зустрічаються і в інших місцях дисертації: на стор. 64 замість [92] надано [91]; посилання [3.68] на стор. 194 взагалі

відсутнє в Списку використаних джерел; на стор.195 замість [274] - [276] має бути [275] - [277].

5. Не надано пояснень щодо величин, які відображаються по осях координат рис. 1.8 (стор. 75).

6. Не зрозуміло, які саме чисельні розрахунки застосовані для отримання залежності $\ln(R/S)$ від $\ln N$ на рис. 2.1 (стор. 125).

7. Наведені в тексті чисельні значення мінімальної та максимальної напруги не відповідають даним рис. 2.3 (стор.133).

8. На стор. 185 надано посилання на рис 3.8, якого взагалі нема в тексті дисертації.

9. Не завжди послідовно використовуються позначення та символи, які введені в Переліку на стор. 25, 26. Зокрема, згідно з Переліком величина σ – це дисперсія. Разом з тим на стор 181, 190 ця величина трактується як середнє квадратичне відхилення (для якого в Переліку введене окреме позначення S).

Але зазначені недоліки стосуються головним чином оформлення результатів роботи і ніяк не зменшують її наукової цінності.

Висновки

В цілому дисертаційна робота Курського Юрія Сергійовича є завершеною самостійно виконаною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що є суттєвими для розвитку теорії дослідження нелінійних динамічних систем на основі моделей вимірювань в нелінійних динамічних системах.

В роботі поставлена і вирішена актуальна для науки і практики проблема створення адаптивної теоретичної моделі, яка забезпечує вимірювання та дослідження нелінійних динамічних систем у випадку детермінованої, стохастичної та хаотичної динаміки.

Наукові положення, які сформульовані в роботі, повністю обґрунтовані. Актуальність і новизна висновків і рекомендацій не

викликають сумнівів.

Вважаю, що за актуальністю теми, ступеню обґрунтованості і достовірності результатів, їх наукової новизни і практичному значенню, дисертаційна робота Курського Ю. С. «Теоретична модель вимірювань в нелінійних динамічних системах», представлена на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук, відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015), а її автор Курський Юрій Сергійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

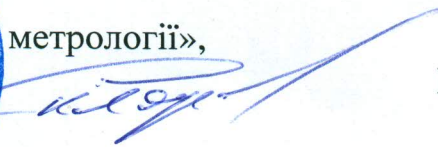
Заступник генерального директора
з науково-метрологічної роботи
ННЦ «Інститут метрології»,
д. ф.-м. н., проф..



О.В. Прокопов

Підпис д. ф.-м. н., проф. Прокопова О.В. засвідчую:

Вчений секретар ННЦ «Інститут метрології»,
К.т.н., с.н.с.



В.В.Склярів