

ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертаційну роботу Стешенка С. О. «Узагальнення та розвиток чисельно-аналітичних методів електродинаміки в задачах з кусково-координатними границями»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Актуальність теми дисертації. Сучасний розвиток науки та обчислювальної техніки характеризується все більш зростаючим рівнем використання комп'ютерних моделей. Але більш ніж піввіковий досвід наукової спільноти по використанню комп'ютерів показує, що без аналітичного підходу неможливо не тільки створити ці моделі, але і зрозуміти та проаналізувати отримані результати. Кожна модель має аналітичне підґрунтя у вигляді системи рівнянь та чисельний базис, який реалізується в комп'ютерний код. В галузі електромагнетизму першорядною аналітичною основою є рівняння Максвела, на базі яких і розробляється аналітичне підґрунтя моделі. Тому всі електродинамічні моделі є по суті чисельно-аналітичні. Але є негласний розділ моделей на чисельні, в яких розраховуються безпосередньо рівняння Максвела, та чисельно-аналітичні, в яких рівняння Максвела з використанням специфіки задачі трансформуються в простішу та підконтрольну аналізу модель. На мій погляд, можливість контролювати моделювання або розрахунок є найбільш важливою перевагою чисельно-аналітичного підходу. Тому подальший розвиток чисельно-аналітичного підходу та його узагальнення, які виконані автором та викладені в дисертації, є безумовно актуальними. Це також підтверджується тим, що наукові видання з високими рейтингами публікували результати досліджень автора. Крім того, дослідження автора проводились в рамках тематики Інституту радіофізики та електроніки ім.О.Я.Усикова НАНУ, яка є важливою та актуальною для розвитку вітчизняної радіофізики. Актуальність отриманих дисертантом результатів значно посилюється тією обставиною, що вони є серйозним внеском в науковий напрям, який можна назвати «Метод часткових областей і швидкі моделі координатних об'єктів довільної конфігурації», який протягом тривалого часу розвивається під керівництвом А.О.Кириленка. Аналіз сучасного стану робіт у напрямку використання чисельно-аналітичного підходу також підтверджує актуальність робіт, результати яких викладені в дисертації.

Дисертація в основному побудована по класичній для електродинаміки схемі: хвилевід - неоднорідність у хвилеводі – кінцеві та нескінченні послідовності неоднорідностей у хвилеводі. Трохи осторонь стоїть Розділ 6 (Власні режими періодичних ґраток з плазмонних нанокуль)

Наукова новизна дисертації. Наукова новизна роботи визначається такими новими (на мій погляд) напрямками досліджень та результатами, які отримав автор в ході їх проведення:

1. Узагальнення методу часткових областей з метою отримання універсального алгоритму розрахунку матриць розсіяння неоднорідностей з кусково-координатними границями в циліндричній системі координат, їх ступінчаста апроксимація у разі некоординатних або комбінованих границь.
2. Розвиток алгоритмів розрахунку хвилевідних неоднорідностей з координатними границями в декартовій та циліндричній системах координат за допомогою методів часткових областей і методу узагальнених матриць розсіяння.
3. Дослідження розповсюдження хвиль у хвилеводах з плоско-кіральними діафрагмами. Демонстрація існування ефекту «оптичної активності».
4. Дослідження електродинамічних характеристик напівскінченної періодичної системи з розсіювачів з відомими узагальненими матрицями розсіяння.
5. Дослідження випромінювання відбивної ґратки типу «гребінка» і діаграм спрямованості, що формується у розкритті плоско-паралельного хвилеводу зі скінченними гребінками на фланцях.
6. Розвиток методу чисельного синтезу антени витічних хвиль.
7. Дослідження дисперсійних характеристик власних мод періодичних ґраток із плазмонних нанокіль та ефектів посилення ближнього поля і субхвильового фокусування.

Наукова та практична значущість дисертації. Наукова та практична значущість дисертаційної роботи полягає у тому, що запропоновані методи та викладені результати можуть широко застосовуватися при створенні та оптимізації приладів, що використовують хвилеводи складної конфігурації, зокрема:

- Шляхом оптимізації знайдено низку конструкцій ширококутового поляризатора на поздовжній вставці в коаксіальному хвилеводі з різним числом секцій.
- Запропонована конструкція надкомпактного обертача площини поляризації в круглому хвилеводі, що може перебудовуватися на потрібний кут обертання площини поляризації при фіксованій частоті шляхом обертання однієї з діафрагм відносно іншої.
- Запропоновано конструкцію обертача поляризації в круглому хвилеводі, що не має резонансних елементів типу щілин, смужок тощо.

Результати досліджень дозволяють надати рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів таких приладів. Запропоновані алгоритми реалізовано в системі моделювання MWD, що розробляється в лабораторії обчислювальної електродинаміки. Отримані автором

результати представляють перспективну основу для подальшого розвитку методів дослідження складних хвилевідних систем

Необхідно підкреслити важливість розвитку робіт, особливо експериментальних, у напрямку вивчення характеристик систем на базі наноматеріалів, які знаходять все більш використання в НВЧ техніці.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень і висновків. Обґрунтованість і достовірність наукових положень і висновків дисертації зумовлюється використанням для рішення задач добре апробованих методів та кодів для розрахунку характеристик електродинамічних об'єктів, та тим, що здобуті результати є фізично прозорими і не суперечать фізичним уявленням про процеси, які вивчаються. В усіх випадках, коли це було можливим, автор здобув результати, які співпадають з такими, що були отримані раніше.

Основні матеріали та результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені в опублікованих наукових роботах автора. Судячи зі списку робіт автора, його особистий внесок суттєвий. Рівень отриманих і опублікованих результатів досить високий, що підтверджується статусом тих журналів, в яких вони опубліковані.

Повнота викладу результатів досліджень. Результати досліджень Стешенко С. О., які викладені в дисертації, достатньо повно опубліковані у 2-х главах монографій та у 22 наукових статтях у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України та у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку дисертації, з яких 11 у різних періодичних виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України, або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus, 6 робіт у виданнях, віднесених до першого і другого квартилів. Апробація результатів досліджень була проведена на 24 міжнародних конференціях.

Зауваження. Дисертація та автореферат, на мій погляд, не вільні від недоліків:

1. Для більшості чисельних задач зменшення розмірів матриць є найважливішою вимогою. При розгляданні задачі знаходження власних мод хвилеводів довільного складного поперечного перерізу з координатними границями в циліндричній системі координат (розділ 2) вказано, що у якості повних систем функцій повинні (можуть) бути обрані функції з особливостями, які точно або приблизно задовольняють умові на ребрах. Але невідомо, як автор реалізував цю вимогу (побажання). У розділі 2.1.4. немає виду базисних функцій. З розділу 2.2.5. незрозуміло, чи використовував автор поліноми Гегенбауера та тригонометричні функції з вагою, що відповідають прямокутному ребру.

2. Автор робить висновок (розділ 2), що узагальнення методу часткових областей для хвилеводів підіймають універсальність методу часткових областей майже не рівень прямих

кінцево-різницевих методів. Але не приведено ні одного порівняння. Наприклад, в Табл.2.1 (Частоти відсікання у ГГц власних мод коаксіального хвилеводу, розраховані з точного рівняння та алгоритмом ступінчастої апроксимації) хотілося бачити стовбець з розрахунком на основі кінцево-різницевих методів.

3. На наш погляд у розділі 3 введено невдале розділення методів на традиційний та запропонований. Краще було б використати термін «використаний нами», оскільки метод інтегрального рівняння (method of Integral Equations and Coupled Integral Equations) широко використовується різними авторами при дослідженні хвилевідних неоднорідностей

4. На наш погляд підхід до розгляду періодичних хвилеводів, які використовуються як уповільнюючі системи в електронних пристроях та прискорювачах, повинен дещо відрізнитися від підходу в аналізі пасивних систем, оскільки в першому випадку треба мати значно більшу точність розрахунку дисперсійних характеристик, а також не тільки знати розподіл поля вздовж області взаємодії пучка та хвилі, а й створювати його з необхідною точністю. Наприклад, у прискорювальній секції відхилення фаз від заданих не повинно перевищувати долі градусів. Автор не приділив цьому питанню належної уваги.

5. Автор недостатньо повно встановив зв'язок між результатами його досліджень характеристик з'єднання регулярного хвилеводу і сповільнювальної системи та результатами, отриманими іншими авторами, які розробляли трансформатори типу хвиль, що широко використовуються в прискорювальних НВЧ сповільнювальних системах. Також не проаналізовано можливість практичної реалізації отриманих результатів оскільки основні труднощі виникають при налаштуванні реальних елементів трансформаторів типу хвиль.

6. У розділі 6 викладені результати досліджень характеристик періодичних ґраток з плазмонних нанокул. Автором розглянуто випадок коли діелектрична проникність середовища $\varepsilon = 1$. Але нанокул не можуть бути розміщені у вакуумі. Наявність же діелектрика, особливо меж розділу, може змінити результати.

7. В кожному розділі (особливо в 3-6) є вступна частина, яка написана у монографічному стилі з викладенням загальної та отриманої другими авторами інформації. Це затрудняє розуміння, які результати належать авторіві. Хотілося, щоб ця інформація була викладена в окремому розділі, а в розділах були б викладені тільки результати автора та їх зрівняння з результатами інших авторів.

8. Не всі висновки в розділі «Висновки» автореферату та дисертації викладені належним чином, є тільки з отриманими результатами, але відсутні висновки, які з них витікають.

9. Є стилістичні неточності та описки.

В цілому, вказані недоліки не зменшують загального позитивного враження від дисертаційної роботи, яка є завершеною науковою працею.

Автореферат відповідає змісту й основним положенням дисертації.

Дисертаційна робота Стешенко С. О. «Узагальнення та розвиток чисельно-аналітичних методів електродинаміки в задачах з кусково-координатними границями» виконана на високому науковому рівні і присвячена рішення важливої наукової проблеми – створенню фізичного та математичного підґрунтя для використання складних хвилевідних систем у мікрохвильовій техніці.

За актуальністю, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота «Узагальнення та розвиток чисельно-аналітичних методів електродинаміки в задачах з кусково-координатними границями» повністю відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (зокрема пп. 9, 10,12) до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук. Вважаю, що Стешенко С. О. заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика (фізико-математичні науки).

Офіційний опонент,

Заступник директора Науково-дослідного комплексу "Прискорювач"

Національного наукового центру "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України,

доктор фізико-математичних наук, професор

М.І. Айзацький

14.09.2021

