

ВІДГУК

офіційного опонента Ячина Володимира Васильовича
на дисертаційну роботу Стешенка Сергія Олександровича
*«Узагальнення та розвиток чисельно-аналітичних методів у задачах
електродинаміки з кусково-координатними границями»*,
яку подано до захисту на здобуття наукового ступеня доктора фізико-
математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

У дисертаційній роботі розглянуто **актуальну задачу** радіофізики - розробки універсального підходу до розрахунку характеристик розсіяння на неоднорідностях із кусково-координатними границями, перш за все, на основі методів часткових областей і узагальнених матриць розсіяння.

Попри широке застосування цих методів, в даний час вони в основному використовуються для аналізу конкретних геометрій. Кожна окрема топологія вимагає розробки нової версії методу часткових областей, що включає розбиття на часткові області, що допускають розділення змінних, розрахунок інтегралів зв'язку між сусідніми областями та формування матричних операторів, чия структура, знову ж таки, визначається топологією структури, що розглядається.

У відділі (нині в лабораторії) обчислювальної електродинаміки ІРЕ ім. О. Я. Усикова НАН України протягом багатьох років розробляється програмне забезпечення для автоматизації цих алгоритмів. Особистий внесок здобувача в цій роботі полягає у розробці та реалізації алгоритмів із розрахунку площинних зчленувань хвильоводів складних координатних перерізів і базисів складних хвильоводів із координатними межами в циліндричній системі координат. Опис цих алгоритмів становить істотну частину дисертаційної роботи.

Побудовані узагальнення методу часткових областей разом із запропонованим здобувачем алгоритмом ступінчастої апроксимації гладких границь складають підхід, по своїй універсальності близький до кінцево-різницевого методів. Теоретично вони дозволяють аналізувати довільно складні хвильовідні неоднорідності з єдиною вимогою ідеальної провідності границь. При цьому, оскільки метод часткових областей враховує більшу частину граничних умов на аналітичному рівні, запропонований

підхід має явну перевагу в порівнянні з кінцево-різницеvими методами як по точності, так і по ефективності.

Другу частину дисертаційної роботи присвячено застосуванням розроблених методів до розв'язання практично важливих задач радіофізики. Автору вдалося отримати нові конструкції для ряду пристроїв, серед яких поляризатори, обертачі площини поляризації й антени. Низка запропонованих здобувачем фільтрів і переходів вже використовуються у хвилевідному тракті радіотелескопа, що знаходиться у м. Золочів Львівської обл.

Інтерес представляє розглянута в останньому розділі задача про збудження одним чи кількома диполями багаточарової ґратки з плазмонних нанокуль. У строгій постановці це складна задача. У розглянутих діапазонах частот і параметрів автор обґрунтував можливість використання наближення електричного диполя для розсіяного на окремій нанокулі поля, що дозволило побудувати дуже ефективний метод на основі методу Евальда прискорення збіжності періодичної функції Гріна та методу сканувальних ґраток.

Про актуальність теми дисертаційної роботи свідчить і її зв'язок з держбюджетною програмою «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень», а також високий рейтинг журналів, в яких опубліковано результати, серед яких Physical Review E, Optics Express, IEEE Transactions on Antennas and Propagation і IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques.

Слід відзначити високу ступінь **обґрунтованості** наукових результатів дисертації. Знайдені та всебічно досліджені ефекти в роботі пояснюються наявністю власних режимів розглянутих структур. Явище повороту площини поляризації об'єктами, що мають дієдральну симетрію, пояснено особливістю розподілу полів власних коливань таких структур, а форма діаграм спрямованості в структурах зі скінченними фрагментами гребінок, а також ефекти посилення ближнього поля та надроздільної здатності багаточарових ґраток із плазмонних нанокуль пов'язані з власними модами, що підтримуються відповідними нескінченними періодичними ґратками.

Достовірність отриманих результатів підтверджується в одних випадках порівнянням з експериментом, а в інших - порівнянням із результатами, отриманими з використанням комерційних пакетів.

Із **нових** результатів я б виділив три узагальнення методу часткових областей:

- для пошуку власних мод складних хвильоводів із координатними границями в циліндричній системі координат,
- для розрахунку площинного зчленування круглого хвильоводу та складного хвильоводу з координатними границями в декартовій системі координат,
- для розрахунку матриці розсіяння напівнескінченної періодичної системи з розсіювачів, для яких матриці розсіяння відомі.

Ці методи роблять істотний внесок у розвиток методів дослідження електродинамічних процесів у хвильовідних і періодичних структурах.

Новими також є запропоновані конструкції обертачів площини поляризації зі спряженими діафрагмами та з гофрованими фланцями.

Повнота викладення в опублікованих роботах

Результати дисертації в основному (див. зауваження 1) повністю викладено в публікаціях. Всього здобувачем за темою дисертації опубліковано 39 робіт. З них 2 глави в монографіях, 22 статті та 15 тез на міжнародних конференціях. П'ять статей опубліковано у виданнях, що відносяться до квартиля Q1.

Текст дисертації повністю відповідає змісту автореферату й основним положенням, що виносяться на захист.

До основних **зауважень** можна віднести наступне:

- 1) Не усі деталі, важливі для використання запропонованих методів, викладено в публікаціях. Так, узагальнення методу часткових областей для розрахунку базисів мод хвильоводів із кусково-координатними границями в циліндричній системі координат опубліковано тільки в тезах. На мій погляд, ці результати мають бути опубліковані в журналі. Те ж стосується і методу розрахунку площинних зчленувань круглого хвильоводу з хвильоводами з координатними границями в декартовій системі координат.
- 2) У роботі не наведено алгоритм розрахунку *ТЕМ*-мод хвильоводів із кусково-координатними границями в циліндричній системі координат, що пояснюється автором обмеженням на кількість сторінок дисертації.
- 3) Автор широко використовує в тексті деякі терміни англійською мовою без їх перекладу українською. Наприклад, PEW, PMW для ідеальної електричної та магнітної стінок.

Попри зауваження дисертація є закінченою роботою, в якій отримано нові обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які роблять істотний внесок у обчислювальну електродинаміку та поповнюють елементну базу пристроїв хвилевідної й антенної техніки. Автор дисертації заслуговує на присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 - радіофізика.

Опонент

доктор фізико-математичних наук,
старший дослідник, завідувач відділу
теоретичної радіофізики

Радіоастрономічного інституту НАН України



В. В. Ячин

Підпис д. ф.-м. н. Ячина В. В. засвідчую:

Вчений секретар Радіоастрономічного інституту
НАН України

кандидат фізико-математичних наук



Ю. В. Антоненко

“13” вересня 2021 р.