

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Гнатюка Максима Олександровича «Розвиток методу інтегральних рівнянь часткових областей, що перетинаються, для розв'язання хвилеводних задач дифракції»**, яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 — радіофізика

### 1. Актуальність теми дисертації

Інтенсивний розвиток та практичне освоєння техніки мікрохвильового діапазону потребує створення ефективних та теоретично обґрунтованих методів аналізу електродинамічних структур. Такі методи адекватно описувати фізичну природу процесів, що відбуваються при поширенні радіохвиль у подібних структурах. На сьогоднішній день при розв'язанні задач електродинаміки надвисоких частот широко застосовується метод інтегрального рівняння, який є математично строгим і дозволяє отримувати розв'язання, адекватні фізичним процесам.

Існуючі методи чисельного аналізу, в основі яких лежить метод інтегрального рівняння, а саме метод «зшивання» та метод часткових областей, що перетинаються, є ефективними, але громіздкими на етапі складання інтегрального рівняння, що особливо помітно при розв'язанні тривимірних задач у випадку розбиття всієї складної області визначення електромагнітного поля на велику кількість часткових областей.

В дисертаційній роботі Гнатюка М. О. пропонується підхід, що дозволяє значно зменшити вплив зазначеного недоліку на ефективність застосування ітераційного методу Шварца та заснованого на ньому методу інтегрального рівняння часткових областей, що перетинаються. Представлено розвиток даних методів для розв'язання як двовимірних задач електродинаміки НВЧ на прикладі аналізу фазованих антенних решіток (ФАР) з пласкопаралельних хвилеводів з узгоджувальними структурами, так і тривимірних задач: з'єднання двох прямокутних хвилеводів та хвилеводний трансформатор, що утворений послідовним з'єднанням трьох прямокутних хвилеводів. Результати дисертаційної роботи пов'язані з науково-дослідною роботою «Взаємодія електромагнітних хвиль мікрохвильового та терагерцового діапазонів з об'єктами складної структури», яка виконувалася в Дніпровському національному університеті ім. О. Гончара на кафедрі прикладної і комп'ютерної радіофізики і відноситься до пріоритетних напрямків розвитку науки й техніки, визначеними Верховною Радою України.



Із викладеного слідує, що дисертаційна робота Гнатюка М. О., яка присвячена розвитку ефективних методів електродинамічного аналізу пристроїв надвисоких частот, є безумовно актуальною.

## **2. Наукова новизна одержаних результатів**

Наукова новизна дисертаційної роботи визначається наступним:

– Набув подальшого розвитку ітераційний метод Шварца для дослідження пласкошаруватих діелектричних неоднорідностей у нескінчених ФАР з пласкопаралельних хвилеводів з кінцевою товщиною стінок, у зв'язку з чим розроблена методика покращення збіжності методу Шварца для вказаного класу задач.

– Представлено підхід, який дозволяє зменшити кількість та складність аналітичних перетворень у методах Шварца та часткових областей, що перетинаються, на етапі складання інтегрального рівняння при виділенні великої кількості (трьох і більше) часткових областей. Це дозволило підвищити ефективність цих методів при розв'язанні дифракційних задач.

– Чисельно досліджено частотні характеристики та проведено оптимізацію параметрів хвилеводного трансформатора, утвореного співвісним з'єднанням трьох прямокутних хвилеводів. Показана ефективність застосування такого трансформатора як для вузькосмугового, так і для широкосмугового узгодження хвилеводних трактів.

## **3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації**

Обґрунтованість і достовірність викладених результатів обумовлена застосуванням строгих електродинамічних методів і математичних моделей. Адекватність запропонованих моделей підтверджується збіжністю з відомими результатами попередніх досліджень, а також застосуванням граничних переходів при аналізі неоднорідностей у ФАР та прямокутних хвилеводах. Наукові результати автора роботи пройшли апробацію на міжнародних конференціях високого професійного рівня.

## **4. Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях**

Основні результати дисертації достатньо повно викладені в 15 наукових публікаціях, з них 5 статей надруковані у спеціалізованих фахових виданнях, що належать до переліку МОН України за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика, у тому числі дві статті опубліковані у науковому журналі «Telecommunications and Radio Engineering», що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, 10 публікацій видано у збірниках наукових праць конференцій, дві з яких індексуються базою Scopus.

## **5. Оформлення дисертації та автореферату, ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації**

Дисертація та автореферат написані зрозумілою мовою за стилем, що вживається у науково-технічній літературі. Викладення матеріалу дисертації та автореферату логічне і послідовне. Автореферат повністю відображає основний зміст дисертації. Оформлення дисертації та автореферату цілком задовольняє вимогам, що пред'являються МОН України.

**6. Практичне значення результатів** дисертаційної роботи полягає у розробці простих в реалізації швидкодіючих чисельних алгоритмів, які дозволяють аналізувати нескінчені хвилеводні ФАР з апертурними неоднорідностями, а також електродинамічні структури, утворені прямокутними хвилеводами зі стрибкоподібною зміною поперечних розмірів. Крім того, запропоновані в роботі підходи дають можливість ефективно застосовувати метод Шварца та метод інтегральних рівнянь для розв'язання тривимірних задач дифракції електромагнітної хвилі. Отже, отримані в дисертації результати можуть бути використані для широкого класу прикладних задач електродинаміки надвисоких частот.

## **7. Зауваження та недоліки дисертаційної роботи**

У якості зауважень по роботі зазначимо наступне:

1. З роботи не зовсім зрозуміло, у чому полягають особливості і переваги ітераційного методу Шварца у порівнянні з методом часткових областей, що перетинаються.

2. Для величини  $kbsin\theta$  використовуються різні визначення: «кут сканування» по всьому тексту роботи, а у підписах до рисунків 2.2, 2.3, 4.2 та 4.3 – «керуючий зсув фаз». Доцільно використовувати тільки одне з цих визначень.

3. Деяким питанням приділяється надмірна увага, наприклад, процедура отримання інтегральної теореми векторної теорії дифракції розглянута занадто детально.

4. У третьому і четвертому розділах досліджуються структури, що утворені з'єднаннями прямокутних хвилеводів, було б цікаво дослідити характеристики таких структур для випадків наявності діелектричного заповнення хвилеводів, як це зроблено у розділі 2 для нескінчених ФАР.

Однак, зазначені недоліки не впливають принципово на суть роботи та кінцеві результати досліджень, не ставлять під сумнів основні висновки, отримані в роботі та не знижують загальної позитивної оцінки наукового рівня дисертаційної роботи.

## **8. Висновки по роботі в цілому**

Представлена дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в

якій одержано нові наукові результати в області радіофізики, що розв'язують актуальну науково-прикладну задачу розвитку чисельно-аналітичних методів аналізу хвилеводно-резонаторних систем. Розроблені алгоритми та отримані результати мають практичне значення для розробки та дослідження ряду пристроїв надвисоких частот.

Дисертаційна робота в цілому за отриманими результатами, змістом і оформленню відповідає паспорту спеціальності 01.04.03 – радіофізика та задовольняє вимогам пунктів 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 р., а її автор Гнатюк Максим Олександрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри прикладної електродинаміки

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

доктор фізико-математичних наук професор,

лауреат Державної премії України

в галузі науки й техніки

 Микола Горобець

«\_\_» березня 2021 р.

Підпис Миколи Миколайовича Горобця засвідчую

Начальник служби управління персоналом

доктор педагогічних наук, професор



  
Сергій Куліш