

ВИСНОВОК

наукового керівника
щодо виконання індивідуального плану
освітньо-наукової програми доктора філософії
та роботи над дисертацією
Хричова Владислава Сергійовича

на тему

“РАДІОЛОКАЦІЙНА ПОМІТНІСТЬ ОБ’ЄКТІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ ІЗ ПОКРИТТЯМ ТА БЕЗ НЬОГО”

яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
із галузі знань 10 — Природничі науки
за спеціальністю 105 — Прикладна фізика та наноматеріали

Хричов Владислав Сергійович у 2018 році закінчив факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна та вступив до аспірантури на кафедру теоретичної радіофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем. Навчальна складова індивідуального плану виконання освітньо-наукової програми доктора філософії Хричова В.С. виконана вчасно та у повному обсязі.

З моменту початку широкого застосування радіолокаційних станцій, при створенні нової техніки постає задача визначення параметрів радіолокаційних сигналів, які відбиваються від різних об’єктів, що можуть знаходитися на підстильній поверхні й мати певні засоби маскування. Основний інтерес полягає у визначенні ефективної площі розсіювання (ЕПР) об’єкта та її кутової залежності - діаграми зворотного розсіювання. Проведення експериментів для отримання цих даних потребує багато часу та коштів і надає лише обмежену інформацію про розсіювальні властивості об’єкта. Тому теоретичні дослідження розсіювальних характеристик об’єктів складної форми набувають важливості, оскільки вони дозволяють оцінювати радіолокаційні параметри об’єктів в тих випадках, коли експериментальні вимірювання неможливі або дуже складні. Відомі наразі теоретичні методи визначення ЕПР поділяються на строгі та чисельні методи. Можливості застосування строгих методів обмежені лише дуже

невеликою низкою об'єктів із простою (модельною) геометрією — сфера, нескінченний циліндр, різноманітні дифракційні ґратки, тощо. Тому для визначення характеристик розсіяння електромагнітних хвиль на складних об'єктах майже безальтернативним стає використання різноманітних чисельних методів. При цьому зрозуміло, що основну роль у формуванні розсіяного поля відіграє поверхня об'єкта що розглядається (її геометрична форма та електродинамічні характеристики). Тому найкраще для розв'язання цієї задачі чисельно підходять методи, пов'язані із оцінкою внеску до загального розсіяного поля від різних частин поверхні об'єкту, їх називають фацетами. Якщо підходити до розв'язання цієї задачі із врахуванням строгих електромагнітних закономірностей то величина поля, розсіяного кожним таким фацетом повинна визначатися із урахуванням взаємодії поля з усім об'єктом — задача є самоузгодженою й її розв'язання є розв'язанням строгих рівнянь Максвела з відповідними граничними умовами. В такій постановці задача перетворюється на систему лінійних алгебраїчних рівнянь, що пов'язує амплітуду розсіяного поля на різних ділянках поверхні досліджуваного об'єкту. Зрозуміло, що для досить точного розв'язання такої задачі необхідно, щоб вищезгадані ділянки були невеликим у порівнянні з довжиною хвилі падаючого поля. Натомість для типових радіолокаційних об'єктів їх розміри є суттєво більшими за довжину хвилі використовуваного поля, тому задача у вищезгаданій постановці перетворюється на величезну систему рівнянь, розв'язання такої повнохвильової задачі навіть із використанням надсучасних розрахункових комп'ютерних можливостей або вимагає величезних затрат часу, або взагалі є неможливим. Тому розв'язання вищезгаданої задачі випамагає використання різноманітних апроксимаційних методів. Серед таких методів слід згадати метод фізичної оптики, метод геометричної оптики, метод крайових хвиль та геометричну теорію дифракції. Використання даних методів дозволяє спростити досліджувану задачу: при цьому вважається, що досліджуваний об'єкт опромінюється низкою променів, кожен з яких, у випадку якщо він потрапляє на якусь частину поверхні досліджуваного об'єкту дає свій внесок у сумарне

розсіяне поле, цей внесок для кожної окремої ділянки поверхні об'єкту (для кожного фацету) визначається окремо за допомогою методу фізичної оптики. Також враховується розсіяння хвиль на стиках різних фацетах — на ребрах, при цьому використовується фізична теорія дифракції. Окрім вищезгаданих механізмів важливим є врахування перевідбиття хвиль між різними частинами досліджуваного об'єкту: між різними фацетами, між ребрами, а також між фацетами та ребрами, і у разі наявності підстильної поверхні — перевідбиття між нею та елементами поверхні об'єкту.

Задача в такій постановці стає суттєво простішою за вищезгадану повнохвильову задачу, але її розв'язання для типових радіолокаційних довжин хвиль й типових розмірів досліджуваних об'єктів все ще вимагає великих затрат розрахункових ресурсів, що інколи є неприпустимим у сучасному швидкоплинному світі, коли вимагається швидко приймати рішення про помітність тих чи інших об'єктів на тлі різних підстильних поверхонь та про доцільність застосування тих чи інших засобів зменшення помітності при цьому. Таким чином, на сьогоднішній день важливим та актуальним завданням є розробка швидких та менш витратних методів оцінки ЕПР складних об'єктів.

В запропонованій дисертаційній роботі здобувачем проведено системне дослідження щодо вдосконалення та пришвидшення вищезгаданого методу оцінки ЕПР складних радіолокаційних об'єктів. При цьому здобувачем розроблено алгоритм створення та обробки моделі великогабаритного об'єкту складної форми для оцінки його радіолокаційної помітності. Об'єкт може бути розташований на підстильній поверхні, до об'єкту можна застосовувати різні види покриттів в тому числі й килимового типу. Модель створюється для подальшої оцінки радіолокаційної помітності об'єкта на основі конструкторської моделі об'єкту або його креслень й надає можливість врахування електродинамічних характеристик радіопоглинаючого чи маскуючого покриття. Оптимізовано алгоритм обробки цієї моделі перед безпосередньо розрахунком повного відбитого поля. Запропоновано методи зменшення розрахункового навантаження шляхом зберігання даних про розсіяння хвиль на подібних

елементах поверхні об'єкта. Проведено чисельне моделювання розсіяння на великій кількості досліджуваних об'єктів, при цьому для подібних розрахунків здобувачем використовувались власноруч створені програми на мові Python, й лише для верифікації отриманих результатів використано інші програмні інструменти. Проведено порівняння різних підходів до створення моделей об'єкта, проведена оцінка їх ефективності. У якості тестових об'єктів використовувались як відносно прості об'єкти так і моделі реально існуючої техніки. Запропоновано використання КД-дерев із поділом за медіанним фацетом для значного пришвидшення алгоритма пошуку видимих фацетів як для первинного випромінювання так і для вторинного (перевідбиття). Показано, що для довільної підстильної поверхні з заданим коефіцієнтом відбиття можна отримати розсіяне поле у вигляді ступеневого ряду за коефіцієнтом відбиття, де коефіцієнти біля різних доданків (амплітуди напруженості електричних полів перевідбитих хвиль) можна виразити через набір амплітуд напруженості електричних полів для декількох підстильних поверхонь. Запропоновано методи оптимізації моделі об'єкту складної форми для зменшення його радіолокаційної помітності.

Підчас навчання в аспірантурі й розв'язання зазначеної задачі Хричов В. С. набув фахові компетентності, необхідні для самостійної дослідницької роботи. Це здатність до постановки й розв'язання складних сучасних наукових задач, здатність застосування відомих фізичних теорій й їх доопрацювання для розв'язання поставлених завдань, навички з планування й виконання розрахункових експериментів, а також з інтерпретації отриманих результатів. Для проведення числового моделювання Хричов В. С. опанував мову програмування Python. Завдяки участі в численних наукових семінарах й фахових конференціях Хричовим В. С. отримано відмінні навички представлення результатів проведених досліджень, в тому числі отримано навички представлення результатів англійською мовою. При цьому доповіді на деяких міжнародних фахових конференціях отримали відзнаки, як кращі

доповіді молодих вчених, а здобувача було заохочено грошовими винагородами від міжнародних наукових організацій.

Слід відзначити й моральні якості здобувача. Під час роботи над дисертацією Хричов В.С. проявив себе вдумливим, працелюбним, талановитим, високоерудованим дослідником із гарними аналітичними здібностями. Хричов В. С. активно бере участь в громадському та науковому житті кафедри й факультету, він займається підтримкою сайту факультету, проводить профорієнтаційну роботу із потенційними вступниками факультету, веде викладацьку діяльність. При цьому Хричовим В.С. запроновано й вже протягом другого навчального року викладається міжфакультетську вибірккову дисципліну “Мова програмування Java Script для початківців”.

Вважаю, що дисертація Хричова В.С. виконана на високому науковому рівні, у ній розглянуто актуальні задачі сучасної радіофізики. В роботі розроблено нові методи чисельного розрахунку радіолокаційної помітності складних об'єктів із маскувальним покриттям та без нього. Під час роботи над дисертацією Хричов В.С. проявив себе як самостійний сформований науковець, що може ставити та розв'язувати складні задачі сучасної радіофізики. Результати роботи Хричова В.С. викладено у 13 наукових роботах, з яких 7 статей (3 з яких у зарубіжних наукових журналах, 2 з яких - у журналах з кваліфікацією) та 6 тез доповідей, що були представлені дисертантом на міжнародних конференціях англійською мовою. Під час роботи над дисертацією Хричов В.С. також брав участь у виконанні 6 науково-дослідних робіт, що виконувались на кафедрі теоретичної радіофізики, і результати його дисертації увійшли як складова частина до звітів про виконання цих НДР.

У цілому, ця дисертація є закінченою науково-дослідною роботою на актуальну, сучасну тему. В ній отримано низку наукових результатів, що мають практичне значення. Дисертаційна робота за своїм змістом, тематикою, апробацією на конференціях та висвітленню результатів у наукових журналах відповідає вимогам, що висуваються до подібних робіт, отже Хричов Владислав Сергійович

заслуговує на присудження йому вченого ступеню доктора філософії зі спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Доцент кафедри теоретичної радіофізики
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
кандидат фізико-математичних наук, доцент,

 Максим ЛЕГЕНЬКИЙ

Підпис Максима Легенького засвідчую
Начальник відділу кадрів
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна



Олена ГРОМИКО