Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000100

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 04-01-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ХНУ імені В. Н. Каразіна № 0302-3к/248 від 22.02.2024 р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хричов Владислав Сергійович
2. Vladyslav Khrychov

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1033-1714

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 31-01-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 3708

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.03.77, 78.25.17.19

Тема дисертації:

1. Радіолокаційна помітність об’єктів складної форми із покриттям та без нього

2. Radar visibility of complex shape objects with and without coating

Реферат/анотація:

1. Дисертаційну роботу присвячено розробці нових методів моделювання електромагнітного розсіяння на об’єктах складної форми, визначенню радіолокаційної помітності таких об’єктів, які можуть бути оснащені різними радіопоглинаючими покриттями, мати геометричні модифікації, розташовуватись на різних підстильних поверхнях. В першому розділі дисертації проведно огляд літератури, показно що створення малопомітної військової техніки є актуальним впродовж багатьох років. Для того, щоб розрахувати дифракцію електромагнітних хвиль на об’єктах необхідно розв’язати відповідну дифракційну задачу. Отримати точні рішення можливо тільки для тіл простої геометричної форми, таких як сфера, сфероїд, тор, тощо. Для багатьох реальних завдань можливо лише використовувати наближені методи моделювання розсіяння електромагнітних хвиль. Проведено огляд основних методів, що використовуються для розрахунку дифракції електромагнітних хвиль на різноманітних об’єктах, в тому числі на об’єктах складної форми. Розглянуто методики розрахунку ЕПР об’єктів в комерційних програмах, таких як CST Microwave Studio , FEKO та Ansys Savant. В другому розділі дисертації було розроблено алгоритм створення та обробки

моделі великогабаритного об’єкту складної форми для оцінки його радіолокаційної помітності. Розглянуто можливість використовувати kd-дерева, щоб прискорити алгоритм SBR. Це дозволило оптимізувати пошук перетинів променів і фацетів об'єкта як для первинного так і «вторинного» випромінювання, при цьому видимі грані зберігаються для всіх необхідних кутів. Також у роботі розглядається можливість повторного використання деяких даних у майбутніх моделюваннях при зміні тих чи інших параметрів моделі або падаючої хвилі. У третьому розділі використано розроблений метод моделювання дифракції електромагнітного поля на складному об'єкті, покритому напівпрозорим наметом, який є моделлю радіопоглинаючого матеріалу. Запропонований алгоритм маю високу числову ефективність: він дозволяє спочатку забезпечити моделювання дифракції хвиль для «голого» об'єкта без маскування (що займає більшу частину часу розрахунку), а потім швидко перерахувати отримані результати для наметів з різними геометричними формами і різними електромагнітними властивостями. Також помічено, що для деяких напрямків спостерігалося деяке підвищення ЕПР об'єкта, коли його вкривали покриттям. Це пов’язано з тим, що розсіяне поле отримується як векторна сума полів, відбитих від фацетів, і для деяких випадків поля з різних граней раніше підсумовувалися з протилежними фазами, але після накривання моделі покриттям, вони змінювали свої фази і підсумовуються з іншими фазами. Більш того, застосування наметів з великим коефіцієнтом відбиття (R) призводить до збільшення реальної площи розсіювача, а отже і до збільшення ЕПР. У четвертому розділі запропоновано для ідентифікації розсіювальних властивостей різних об’єктів доцільно використовувати методи статичного аналізу. У роботі розсіяне поле від об’єкту розглядається як випадковий сигнал по відношенню до кута спостереження, бо навіть при фіксованій позиції радарів кут падіння на об’єкт сильно залежить від багатьох факторів. Для визначення параметрів розподілу використовується метод найменших квадратів (МНК). Наукова новизна результатів дослідження полягає у наступному: - Вперше було розроблено алгоритм створення та обробки моделі великогабаритного об’єкту складної форми для оцінки його радіолокаційної помітності. - Вперше створено та оптимізовано алгоритм обробки цієї моделі перед безпосередньо розрахунком повного відбитого поля. - Вперше описані основні етапи моделювання та зазначено, які дані можна зберігати для подальшого використання у майбутніх моделюваннях, коли змінюються ті чи інші параметри моделі або падаючої хвилі. - Вперше проведено порівняння різних підходів до створення моделей об’єкта, проведена оцінка їх ефективності. У якості тестових об’єктів використовувались як прості об’єкти, так і модель реально існуючої техніки. - Вперше показано, що використання КД-дерев із поділом за медіанним фацетом значно пришвидшує алгоритм пошуку видимих фацетів як для первинного випромінювання, так і для вторинного (перевідбиття). - Вперше запропоновано та доведено ефективність збереження певної інформації на різних етапах моделювання для підвищення ефективності перерахунку розсіяного поля об’єктом складної форми. - Вперше розроблено методику зберігання інформації щодо геометричних та електродинамічних параметрів об’єкту, що аналізується. - Вперше 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 можна виразити через набір амплітуд напруженості електричних полів для декількох підстильних поверхонь. - Вперше було запропоновано методи оптимізації моделі об’єкту складної форми для зменшення його радіолокаційної помітності.

2. The dissertation work is devoted to the development of new methods of modeling electromagnetic scattering on complex shape objects, determining the radar visibility of such objects, which can be equipped with radio-absorbing coatings, have geometric modifications, and be located on different subsurface surfaces. In the first chapter, the conducted review of the literature shows that the creation of inconspicuous military equipment has been relevant for many years. To calculate the diffraction of electromagnetic waves on objects, it is necessary to solve the corresponding diffraction problem. It is possible to obtain accurate solutions only for simple shape bodies, such as a sphere, spheroid, torus, etc. For real tasks, it is only possible to use approximate methods of modeling the scattering of electromagnetic waves. An overview of the main methods used to calculate the diffraction of electromagnetic waves on various complex shape objects, was considered. Methods of RCS calculation of objects via commercial programs such as CST Microwave Studio, FEKO and Ansys Savant are

considered. In the second chapter an algorithm for creating and processing a model of a complex shape object to assess its radar visibility was developed. The possibility of using kd-trees to speed up the SBR algorithm is considered. This made it possible to optimize the search for intersections of rays and facets of the object for both primary and "secondary" radiation, while visible faces are preserved for all necessary angles. The possibility of reusing some data in future simulations when certain parameters of the model or incident wave are changed was considered. In the third chapter the developed method of modeling the electromagnetic field diffraction on a complex object covered with a translucent tent, which is a model of a radio-absorbing material was used. The proposed algorithm has high numerical efficiency: it allows first to provide simulation of wave diffraction for a "naked" object without masking (which takes most of the calculation time), and then to recalculate the obtained results for tents with different geometric shapes and electromagnetic properties. For some directions a certain increase in RCS of the object was observed when it was covered with a coating. The scattered field is obtained as a vector sum of the fields reflected from the facets, and for some cases the fields from different faces previously summed with opposite phases, but after covering the model with a coating, they changed their phases and summed with other phases. Moreover, the use of tents with a large reflection coefficient (R) leads to an increase in the real area of the diffuser, and therefore to an increase in RCS. In the fourth chapter using of the static analysis methods to identify the scattering properties of various objects was suggested. In the work, the scattered field from the object is considered as a random signal in relation to the observation angle, because even with a fixed position of the radars, the angle of incidence on the object strongly depends on many factors. The method of least squares is used to determine the distribution parameters. The scientific novelty of the research results: - For the first time, an algorithm for creating and processing a model of a complex shape object was developed to assess its radar visibility. - For the first time, the algorithm for processing this model was created and optimized before directly calculating the full reflected field. - For the first time, the main stages of modeling are described and what data can be saved for further use in future simulations when certain parameters of the model or the incident wave change. - For the first time, a comparison of different approaches to creating object models was made, and their effectiveness was evaluated. Simple objects and models of real-life equipment were used as test objects.. - For the first time it is shown that the use of kd-trees with division by the median facet significantly speeds up the algorithm for finding visible facets both for primary radiation and for secondary (re-reflection). - For the first time, the effectiveness of saving certain information at different stages of modeling was proposed and proven to increase the efficiency of calculating the scattered field by an object of complex shape. - For the first time, a method of storing information on the geometric and electrodynamic parameters of the object under analysis was developed. - For the first time it is shown that for an arbitrary underlying surface with a given reflection coefficient, a scattered field can be obtained in the form of a power series of the reflection coefficient, where the coefficients near different terms can be expressed through a set of electric field strength amplitudes for several underlying surfaces. - For the first time, methods for optimizing the model of a complex shape object to reduce its radar visibility were proposed.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Cui J., Legenkiy,M., Khrychov V., Shulga S., Sun Z., Zheng, Y. Diffraction properties of azimuthally symmetric gratings in a hollow circular dielectric waveguide (2020) // Results in Physics, Vol. 18, № 103204. DOI: 10.1016/j.rinp.2020.103204
- Legenkiy M, Khrychov V. Numerical modeling of electromagnetic scattering from complex shape object with coating. Frequenz. 2022;76(1-2): 75-82. DOI: 10.1515/freq-2021-0062
- Хричов В.С., Легенький М.М. Фацетна модель об'єкту складної форми для розрахунку електромагнітного розсіяння // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2019. № 28. С. 44-52.
- Khrychov V.S., Legenkiy M.N. Щодо моделювання розсіяння хвиль на об'єкті складної форми // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2018. № 29. С. 50-56.
- Legenkiy M.N., Khrychov V.S. Імпульсна антена на основі неоднорідної конічної лінії // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2019. № 31. С. 59-65.
- Хричов В.С., Легенький М.М. Методика розрахунку ефективної поверхні розсіяння об'єкта складної форми розташованого на підстильній поверхні з довільним коефіцієнтом відбиття // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2021. № 34. С. 48-55.
- Хричов В.С., Легенький М.М., Щодо зменшення помітності складного об'єкту на тлі підстильної поверхні, Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, Серія "Радіофізика та електроніка", випуск 35, 2021.
- Khrychov V., Legenkiy M. Facet Model Processing for Complex Shape Object Scattering Calculation // Proceedings of the IEEE International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, MMET, 2018, PP. 192–195.
- Khrychov V., Legenkiy M. Electromagnetic Scattering for Complex Shape Objects with and without Cloaking // Proceedings of the IEEE international Conference on Ultrawideband and Ultrashort Smpulse Signals (uwbusis- 2018), Odessa – 2019.
- Khrychov V., Legenkiy M. Cloak Modeling for Complex Shape Radar Target // Proceedings of IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv – 2019.
- Khrychov V., Legenkiy M. Different components of the electromagnetic scattering of complex shape objects // Proceedings of the IEEE microwaves, radar and remote sensing symposium (MRRS-2020), 2020.
- Khrychov V., Legenkiy M. Using KD-tree for Algorithm of Electromagnetic Scattering Calculation on Complex Shape Objects // Proceedings of the IEEE 3rd Ukrainian Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv – 2021.
- Khrychov V., Legenkiy M., "Modeling and Data Processing of the Electromagnetic Wave Scattering by Complex Shape Objects," 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Ukraine, 2022, pp. 550-553, doi: 10.1109/UkrMW58013.2022.10037135.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0117U004965, 0118U002022, 0119U002548, 0120U102311, 0121U109884, 0122U001656

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Легенький Максим Миколайович

2. Maxim Legenkiy

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5945-4002

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Луценко Владислав Іванович

2. Vladyslav Lutsenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3753-7074

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534593

Місцезнаходження: вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фесенко Володимир Іванович

2. Volodymyr Fesenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., доц., 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9106-0858

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 02772020

Місцезнаходження: вул. Мистецтв, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хардіков Вячеслав Володимирович
2. Vyacheslav Khardikov

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0339-7616

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Батраков Дмитро Олегович
2. Dmitry Batrakov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6726-8162

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Бердник Сергій Леонідович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Бердник Сергій Леонідович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Шевченко Андрій Олександрович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна