

Відгук

офіційного опонента **Малинича Сергія Захаровича**

на дисертаційну роботу **Ванкевича Петра Петровича**

"Моделювання поширення світлових променів через елементи волоконно-дифракційних сенсорів",

подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – Математика та статистика за спеціальністю 113 – Прикладна математика

Актуальність теми дисертації та зв'язок з науково-технічними програмами. В умовах масштабної війни, яку Україна веде проти російських загарбників, питання збереження життя і здоров'я військовослужбовців має першочергове значення. Широке впровадження високоточної зброї, оснащеної лазерним наведенням, лазерних віддалемірів змушує шукати відповідні засоби протидії. Одним із важливих аспектів захисту особового складу є пристрої сповіщення, які у режимі реального часу здатні не лише виявляти сам факт застосування противником зброї з лазерним наведенням, але й повідомляти про це військового та вказувати сектор прицілювання. Новітній характер згаданого виду озброєння вимагає негайного розроблення нестандартних, простих та відносно дешевих засобів для вирішення даної проблеми. Цілком очевидно, що такі засоби повинні бути доволі компактними, придатними до індивідуального використання, ще краще, коли їх можна поєднати з елементами польового військового одягу. Перспективним напрямом є використання текстильних тканин, у які певним чином інтегровано сенсори лазерного випромінювання, які разом із допоміжними елементами здатні визначати кут падіння лазерного променя і, таким чином, вказувати напрямок, з якого відбувається прицілювання.

Незважаючи на активні дослідження, які проводяться у передових країнах, станом на сьогодні відчувається явний брак таких простих та ефективних засобів, а також теоретичного моделювання процесів взаємодії лазерних променів зі структурними елементами сповіщувачів. Дисертаційна робота П. П. Ванкевича "Моделювання поширення світлових променів через елементи волоконно-дифракційних сенсорів" якраз присвячена розробленню засобів математичного та

комп'ютерного моделювання взаємодії когерентних світлових променів із волоконними дифракційними елементами сенсорних систем попередження про небезпеку вогневого ураження і виявлення позицій засобів ураження, які застосовують лазерні системи для наведення на ціль. Таким чином, дослідження, проведені під час виконання дисертаційної роботи, поза сумнівом є **актуальними** як з теоретичної, так і з практичної точки зору.

Слід зазначити, що дослідження за темою дисертації проводилися в рамках наступних науково-дослідних тем Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України: "Виявлення додаткового ресурсу конструкцій енергетичного машинобудування, озброєнь та військової техніки засобами математичного моделювання " (2021-2023, № держреєстрації 0121U100692); "Моделювання та розвиток методів розрахунку раціонального функціонування конструкційних елементів і систем різного цільового призначення за комплексних навантажень" (2023-2024, № держреєстрації 0123U100908).

Новизна презентованих теоретичних та експериментальних результатів, проведених здобувачем досліджень. Під час виконання дисертаційної роботи здобувачем отримано низку нових вагомих результатів, серед яких можна виділити наступні:

1. Здобувачем розроблено математичну модель для кількісного опису взаємодії лазерного випромінювання з одно- та двовимірними дифракційними ґратками, утвореними періодично розташованими полімерними волокнами.

2. Засобами математичного і комп'ютерного моделювання процесів проходження когерентного випромінювання крізь дифракційну ґратку із поліанілінових волокон **вперше** обґрунтовано і практично підтверджено появу дифракційних смуг у вигляді розсіяних кривих другого порядку. Форма цих кривих зумовлена явищем конічної дифракції і залежить від кута падіння променя на ґратку, що дало можливість розробити сигнальний елемент волоконно-дифракційного сенсора.

3. Уперше з використанням сигнального елемента волоконно-дифракційного сенсора математично визначено кутові положення джерела

випромінювання, що дало можливість використати розроблені сигнальні елементи для побудови системи виявлення джерела випромінювання та його позиціонування.

4. Досліджено характеристики полімерного волокна поліаніліну за допомогою адаптованих під вирішення поставленого завдання теоретико-експериментальних методів, показано можливість використання такого волокна для виготовлення волоконно-дифракційних мікродавачів, здатних виявляти засоби вогневого ураження, в яких використовується спрямоване лазерне випромінювання як чинник зондування та вказувати напрямок на ворожу вогневу позицію. Обґрунтовано можливість інтегрування дифракційних волоконних елементів у текстильні матеріали бойового екіпірування військовослужбовця та експериментально продемонстровано їх придатність до виконання поставлених задач.

Наукова обґрунтованість і відповідність темі дисертації отриманих результатів та їх достовірність. Усі наукові результати і висновки дисертаційної роботи достатньо повно обґрунтовані шляхом сукупного використання сучасних комп'ютерних методів дослідження дифракції електромагнітних хвиль на волоконних елементах, ретельним аналізом отриманих даних, обґрунтованістю моделі, узгодженню теоретичних розрахунків з експериментальними даними, отриманими у даній роботі. Сукупність використаних методів, узгодженість отриманих результатів безперечно вказують на їх достовірність та свідчать про високу ступінь обґрунтованості наукових положень. Результати, отримані під час виконання дисертаційних досліджень, повністю відповідають темі дисертаційної роботи.

Рівень виконання поставленого завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Метою дисертаційної роботи було розроблення засобів математичного і комп'ютерного моделювання процесів взаємодії лазерних променів з волоконно-дифракційними сенсорами, призначеними для попередження про небезпеку вогневого ураження зброєю із лазерним наведенням. Для досягнення мети дисертантові необхідно було здійснити аналіз сучасного стану розвитку сенсорних систем попередження про

небезпеку; виконати низку експериментальних досліджень та встановити залежність спостережуваних явищ від кута падіння лазерного променя на елемент; дослідити придатність волокон поліаніліну для формування волоконно-дифракційних мікродавачів, здатних виявляти спрямоване лазерне випромінювання як чинник зондування; розробити методику числової апроксимації результатів експериментальних досліджень для довільних кутів повороту волоконно-дифракційних елементів відносно променя; розробити математичну модель для кількісного опису процесів взаємодії лазерних променів з волоконно-дифракційними елементами сенсорних систем; створити відповідне програмне забезпечення, яке дає можливість отримувати інформацію про кут падіння світлового променя на чутливий елемент сенсорної системи у реальному часі.

Аналіз дисертації П. П. Ванкевича підтверджує успішне виконання здобувачем поставлених завдань. У дисертації повною мірою представлено сучасний стан проблеми, детально описано побудову математичної моделі кількісного опису процесів взаємодії світлових променів з чутливими волоконно-дифракційними елементами сенсорних систем з використанням теорії дифракції при похилому падінні лазерного променя на дифракційну ґратку. Здійснено апроксимацію оцифрованих зображень із застосуванням методів градієнтів, найменших квадратів і регресії ортогональних відстаней; використано методику екстремального планування експерименту. Викладення матеріалу виконано належним чином, супроводжується детальними висновками. Все вище зазначене засвідчує, що здобувач успішно опанував методологію наукової діяльності.

Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності.

Аналіз тексту дисертації, перелік публікацій дисертанта, декларація його особистого внеску у спільні публікації та посилання на роботи інших авторів дають підстави стверджувати про відсутність порушень академічної доброчесності. Всього за темою дисертації здобувачем разом зі співавторами опубліковано 22 наукові праці, серед яких 2 статті у виданнях, індексованих у наукометричній базі Scopus, 1 стаття у науковому виданні країн-членів ЄС та 4 статті у фахових наукових виданнях. Здобувачем отримано патент на корисну

модель. Результати дисертації апробовано на 14-и науково-технічних і науково-практичних конференціях.

Практичне значення результатів роботи і рекомендації щодо їх використання. На основі отриманих у роботі результатів здобувачем розроблено реальний фізичний прототип сигнального елемента системи виявлення та сповіщення про застосування противником засобів лазерного наведення з можливістю визначення кутових координат даних засобів. Додатковим підтвердженням практичної важливості дисертаційної роботи є акти впровадження результатів у ТзОВ «Техприлад» та у Національній академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. Теоретичні розрахунки та комп'ютерні моделі, представлені у дисертації, будуть корисними при подальшій роботі над створенням лазерних сповіщувачів.

Зауваження до дисертаційної роботи:

Дисертаційна робота, на мою думку, має деякі недоліки, тому варто зробити кілька зауважень та рекомендацій щодо викладення тексту дисертації.

1. Дисертант доволі вільно використовує термін «оптичне волокно» (наприклад, «тканина з оптичного волокна», стор. 4 і далі у тексті). У науково-технічній літературі під цим терміном розуміють тонке волокно з прозорого матеріалу, оточене іншим прозорим матеріалом із меншим показником заломлення. Така конструкція призначена для передавання світла вздовж волокна на значну відстань завдяки повному внутрішньому відбиванню. У даній же роботі волокно виконує роль дифракційного елемента. Доцільно було б у всьому тексті дисертації притримуватися коректних термінів, щоб уникнути непорозумінь.
2. На стор. 31-32 дисертант пише про «дифракційно-розсіювальну здатність системи паралельних оптичних волокон» і тут же «Світловий сигнал, що потрапив у колектор далі передаватиметься оптичними волокнами до фотоперетворювача». Тобто знову відбувається змішування понять, крім того, не зовсім зрозуміло, яким чином при цьому буде передане двовимірне зображення кривої 2-го порядку.

3. Дисертант часто використовує термін «розсіяні криві». Хоча з подальшого тексту стає зрозуміло про що йде мова, такий термін звучить надто жаргонно.
4. На стор. 32 присутня неточність, а саме, вжито термін «кремнієві волокна». Мабуть все ж таки має бути «кварцові волокна», а неточність виникла під час перекладу з англійської?
5. Дисертант розглядає три механізми розгортання променя точкового перерізу у 2D картину (стор. 35): дифракція, розфокусування та оптоволоконний ефект. Під останнім дисертант, мабуть, розуміє поширення світла вздовж волокна, але при цьому світло від лазера потрапляє у волокно крізь його бічну поверхню. Тим часом, у реальних світловодах, випромінювання заводять крізь торець волокна ще й за допомогою фокусувальної системи. В інших випадках переданий сигнал буде дуже слабким. Цей момент варто було б уточнити.
6. У Розділі 2, стор. 67, стверджується, що «отримані зображення можна використати для оцінки чутливості запропонованого сигнального елемента». Про яку саме чутливість йде мова – чутливість до інтенсивності світла чи до зміни кута падіння? Яким чином дифракційні картини можна використати для оцінки чутливості?
7. На Рис. 3.2. не підписано, яка з кривих відповідає куту ϕ , а яка θ .
8. При описі конструкції сигнальної системи (розділ 5, стор. 131) згадано, що робоча поверхня світлочутливих елементів контактує з поверхнею тканини гнучкої оболонки. У той же час виникнення дифракційної картини вимагає певного проміжку між дифракційним елементом і екраном або поверхнею світлочутливого елемента.
9. У тексті дисертації трапляються друкарські помилки та некоректні терміни: «датчики», «існуючий».

Однак, висловлені зауваження і побажання переважно стосуються оформлення дисертаційної роботи, вони не призводять до хибного сприйняття змісту дисертації, інтерпретацію результатів та у жодному разі не зменшують

наукову та практичну цінність дисертації, не впливають на її високий науковий рівень

Загальні висновки

Дисертаційна робота Ванкевича Петра Петровича "Моделювання поширення світлових променів через елементи волоконно-дифракційних сенсорів" є завершеним, цілісним та аргументованим дослідженням, яке за своїм змістом, актуальністю, новизною отриманих результатів цілком відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», затверджених Наказом МОНУ № 155/30023 від 03.02.2017 р. та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022 року (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 507 від 03.05.2024 р.). Текст дисертації оформлено відповідно до чинних вимог, виклад змісту чітко структуровано та подано на належному науковому рівні.

На підставі наведених мною вище міркувань та зауважень вважаю, що автор дисертації, Ванкевич Петро Петрович, безперечно заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – Математика та статистика за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Офіційний опонент

професор кафедри електромеханіки та електроніки

факультету ракетних військ і артилерії

Національної академії сухопутних військ

імені гетьмана Петра Сагайдачного

доктор фізико-математичних наук, професор



Сергій МАЛИНИЧ

Підпис С.З. Малинича засвідчую:

Заступник начальника Національної академії

сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

з наукової роботи, доктор технічних наук, професор

полковник



Володимир ГРАБЧАК