

## РЕЦЕНЗІЯ

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

За результатами вивчення дисертаційної роботи П.П. Ванкевича, яка є науковою роботою, що подана у вигляді рукопису і складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків, а також ознайомлення з опублікованими роботами здобувача за темою дисертації, слід відзначити наступне.

**Актуальність теми дисертації та зв'язок з науково-технічними програмами.**

На сьогодні удосконалення систем сповіщення військових про небезпеку вогневого ураження під час ведення бойових дій є особливо актуальним. У випадку застосування лазерного випромінювання для наведення при побудові таких систем можна використати волоконні дифракційні сенсори, які легко інтегруються в текстильні структури. Такі сенсори реагують на випромінювання прицільних засобів стрілецької зброї. Опрацювання особливостей їх взаємодії з випромінюванням засобами математичного забезпечення дозволяє визначити місцезнаходження джерела випромінювання.

З огляду на зазначене розроблення математичних моделей поширення світлового випромінювання лазера через елементи волоконних дифракційних сенсорів та відповідного програмного забезпечення, яке в сукупності зі сучасними комп'ютерними технологіями уможливорює фіксацію в реальному часі сигналів від прицільних засобів зброї, є надзвичайно важливими завданням.

Дисертаційна робота Ванкевича П.П. спрямована на розроблення таких засобів математичного і комп'ютерного моделювання взаємодії світлового випромінювання з волоконно-дифракційними елементами сенсорних систем попередження про небезпеку вогневого ураження і виявлення позицій засобів ураження, які застосовують лазерні системи для наведення на ціль.

Дослідження за темою дисертації виконано в Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України у межах

науково-дослідних тем "Виявлення додаткового ресурсу конструкцій енергетичного машинобудування, озброєнь та військової техніки засобами математичного моделювання" (№ держреєстрації 0121U100692, 2021-2023); "Моделювання та розвиток методів розрахунку раціонального функціонування конструкційних елементів і систем різного цільового призначення за комплексних навантажень" (№ держреєстрації 0123U100908, 2023-2024). Обраний напрям досліджень пов'язаний з положеннями Державної цільової оборонної програми розвитку озброєння та військової техніки ЗС України на період до 2022 року, введеної в дію Указом Президента України від 6 червня 2016 року № 240/2016, а також напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період, схвалений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 червня 2017 року № 398.

### **Новизна презентованих теоретичних та/або експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень.**

При вирішенні поставленого в роботі завдання здобувачем отримано ряд нових наукових та практичних результатів.

Щодо наукової новизни, варто відзначити оригінальний підхід до визначення кутових координат джерела лазерного випромінювання на основі явища конічної дифракції на простій волоконній ґратці. Здобувачем

- розроблено математичну модель для кількісного опису взаємодії лазерного випромінювання з одновимірною та двовимірною волоконно-дифракційними ґратками;

- шляхом математичного і комп'ютерного моделювання процесів поширення лазерного випромінювання через дифракційну ґратку із поліанілінових волокон обґрунтовано появу дифракційних картин у вигляді розсіяних кривих другого порядку, форма яких зумовлена явищем конічної дифракції і залежить від кута падіння випромінювання на ґратку, що стало основою для розробки сигнального елемента волоконно-дифракційного сенсора;

- з використанням сигнального елемента сенсора математично визначено кутові положення джерела випромінювання і побудовано системи виявлення джерела випромінювання і його позиціонування;

- досліджено можливість використання полімерного волокна поліаніліну для формування волоконно-дифракційних мікродавачів, здатних виявляти засоби вогневого ураження, які використовують спрямоване лазерне випромінювання як чинник зондування. Обґрунтовано можливість інтегрування сенсорних елементів в текстильні матеріали бойового екіпірування.

**Наукова обґрунтованість і відповідність темі дисертації отриманих результатів та їх достовірність.** У дисертаційній роботі за літературними джерелами проаналізовано сучасний стан проблеми дослідження, чітко сформульовано завдання дослідження, виконано низку експериментів з метою виявлення особливостей взаємодії лазерного випромінювання з волоконно-дифракційними елементами і встановлення експериментальних залежностей спостережуваних явищ від кута падіння лазерного випромінювання на елемент. Сформульовано математичну модель кількісного опису процесів взаємодії випромінювання світлового діапазону з чутливими волоконно-дифракційними елементами та створено відповідне програмне забезпечення, з використанням якого виконано відповідні обчислювальні експерименти, а також виконано порівняльний аналіз натурних і обчислювальних експериментів. Достатню наукову обґрунтованість сформульованих в дисертації наукових положень, висновків, результатів та рекомендацій фактично засвідчила збіжність численних результатів математичного моделювання з результатами експериментальних досліджень. Вона забезпечена фізичною обґрунтованістю вихідних положень математичної моделі, коректною фізичною постановкою задач та використанням достатньо добре апробованих в науковій літературі числових методів. Результати рецензованої роботи безпосередньо використані при розробленні фізичного прототипу відповідних сигнальних елементів для побудови системи виявлення засобів вогневого ураження та їх позиціонування, що також свідчить про достовірність отриманих результатів.

**Рівень виконання поставленого завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.** Поставлені в дисертаційній роботі наукові завдання здобувач повністю реалізував на високому науково-методичному рівні з дотриманням методологічних вимог до наукової діяльності. Дисертант самостійно розробив методику проведення експериментальних досліджень і виконав низку експериментів з метою виявлення особливостей взаємодії лазерного випромінювання з волоконно-дифракційними елементами і встановлення експериментальних залежностей спостережуваних явищ від кута падіння лазерного випромінювання на елемент, розробив методику числової апроксимації результатів експериментів, сформулював математичну модель кількісного опису процесів взаємодії світлового випромінювання з чутливими волоконно-дифракційними елементами і відповідну обернену задачу про визначення кутів падіння випромінювання на дифракційний елемент, запропонував аналітичний алгоритм визначення кутів падіння на ґратку залежно від отримуваних

дифракційних картин. На цій основі здобувач створив відповідне програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання процесів взаємодії лазерного випромінювання з волоконно-дифракційними елементами, яке дає можливість в реальному часі визначати кутові координати джерела лазерного випромінювання. Ним виконано обчислювальні експерименти, які засвідчили збіжність отриманих результатів з відповідними результатами експериментальних досліджень. Здобувач опублікував результати досліджень у співавторстві, де його доробок є основним, а також проаналізував, узагальнив і оформив отримані результати у вигляді дисертації. Створене на основі розробленої математичної моделі програмне забезпечення використано при розробленні фізичного прототипу сигнальних елементів, запропоновано структуру, склад і параметри сигнальних елементів волоконно-дифракційного сенсора перспективної інтегрованої комп'ютерної мережі для виявлення локацій лазерного випромінювання.

Вищезазначене засвідчує, що здобувач успішно опанував методологію наукової діяльності, набув необхідних знань, умінь, навичок, загальних і спеціальних компетентностей самостійного дослідника, необхідних для доктора філософії і визначених стандартом вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

**Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності.** Ознак порушення академічної доброчесності не встановлено. Також при перевірці дисертації не виявлено академічного плагіату, не встановлено фабрикації та фальсифікації даних, чи будь-яких інших порушень академічної доброчесності.

#### **Зауваження до дисертаційної роботи:**

1. В роботі не чітко окреслено в яких випадках використано регресійні методи обробки експериментальних даних, а в яких модифікований метод найменших квадратів.

2. Отримувані дифракційні картини залежать від довжини хвилі лазерного випромінювання. Як виглядатимуть ці картини з її зміною? Як це враховано при реалізації фізичного прототипу сенсорної системи?

3. В роботі запропоновано три підходи до розв'язування оберненої задачі – визначення кутів падіння випромінювання на чутливий елемент за отримуваними дифракційними картинами. Усі вони дають доволі наближені значення цих кутів. Чи не можна було б їх вважати хорошими початковими наближеннями і уточнювати градієнтними методами чи методом Ньютона? Якщо так, то чому такий підхід не конкретизовано в роботі?

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Загальні висновки.**

Дисертаційна робота Ванкевича Петра Петровича "Моделювання поширення світлових променів через елементи волоконно-дифракційних сенсорів" є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, які вирішують важливе науково-прикладне завдання – розроблення математичної моделі та відповідного програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання взаємодії світлового випромінювання із волоконно-дифракційними елементами сенсорних систем попередження про небезпеку вогневого ураження засобами, які застосовують лазерні системи для наведення на ціль

За обсягом виконаних досліджень, новизною і практичною значимістю отриманих результатів, а також мірою їх обґрунтованості дисертація відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, затверджених Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. "Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", а її автор, Петро Петрович Ванкевич, заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 11 "Математика та статистика" за спеціальністю 113 "Прикладна математика".

### **Рецензент**

провідний науковий співробітник  
відділу теорії фізико-механічних полів  
Інституту прикладних проблем механіки  
і математики ім. Я.С. Підстригача  
НАН України,  
доктор фіз.-мат. наук, ст. н. с.

Ростислав ТЕРЛЕЦЬКИЙ