

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради PhD 13669
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Сергій ЩУКІН, 1971 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 1993 році Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича за спеціальністю Обчислювальні машини, комплекси, системи і мережі, виконав акредитовану освітньо-наукову програму 38608 «Фізика та астрономія».

Разова спеціалізована вчена рада PhD 13669, утворена наказом Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича від «01» травня 2026 року № 184, у складі: Голови разової

спеціалізованої вченої ради - **Олександра УШЕНКО**, доктора фізико-математичних наук, професора, завідувача кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій науково-навчального інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Рецензентів - **Ігоря МОХУНЯ**, доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри кореляційної оптики науково-навчального інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Олександра ДУБОЛАЗОВА, доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій науково-навчального інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Офіційних опонентів - **Дмитра АДАМЕНКО**, доктора фізико-математичних наук, старшого дослідника, старшого наукового співробітника Інституту фізичної оптики імені О.Г. Влоха Львівського національного університету імені Івана Франка

Галини БОГАТИРЬОВОЇ, кандидата фізико-математичних наук, доцента, старшого наукового співробітника відділу оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України.

На засіданні «17» липня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» Сергію ЩУКІНУ на підставі публічного захисту дисертації «Генерація оптичних потоків енергії для досягнення надроздільної здатності в оптиці» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Дисертацію виконано у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці.

Науковий керівник Петро МАКСИМЯК доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри кореляційної оптики науково-навчального інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису є самостійним, завершеним дослідженням, має наукову новизну, практичну значущість і відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) 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 від 12 січня 2022 р. № 44. (із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №341 від 21.03.2022 р.).

Здобувач має 10 наукових публікацій за темою дисертації, з них 8 статей опубліковано в наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus, три з яких опубліковані у виданнях, віднесених до другого квартиля (Q2), 1 стаття засвідчує апробацію і одна додатково відображає наукові результати дисертації:

1. Angelsky O. V., Maksymiak P. P., Shchukin S. P. Comparative Analysis of Graded-Index and Step-Index Optical Fibers for STED Microscopy. *Ukrainian Journal of Physical Optics*. 2026. Vol. 27, No. 1. P. 01027–01039. (Scopus, Q2– <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=11400153315&tip=sid&clean=0>)
2. Angelsky O. V., Shchukin S. P. Supersymmetry Approach for Describing Optical Vortex Generation in Fibers. *Ukrainian Journal of Physical Optics*. 2025. Vol. 26, No. 4. P. 04058–04065. (Scopus, Q2– <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=11400153315&tip=sid&clean=0>)
3. Shchukin S. P., Maksymyak A. P. Formation of energy flows of structured light using a biaxial crystal. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering: Seventeenth International Conference on Correlation Optics*. 2025. Vol. 13813. P. 239–253. (ISSN:0277786X, Scopus)
4. Maksymyak A. P., Maksymyak P. P., Shchukin S. P. Investigation of the stability of optical vortices in a low-mode optical fiber. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering: Sixteenth International Conference on Correlation Optics*. 2024. Vol. 12938, 129382B. (ISSN:0277786X, Scopus)
5. Angelsky O. V., Bekshaev A. Y., Zenkova C. Y., Gavrylyak M. S., Maksymyak P. P., Maksymyak O. P., Shchukin S. P., Zheng J., Cai J. Plane-wave scattering by asymmetric mesoscale semicylinder: Controllable formation of multiple interrelated photonic nanojets. *Frontiers in Physics*. 2026. Vol. 14. Art. 1744525. (Scopus, Q2– <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100831025&tip=sid&clean=0>)

У дискусії взяли участь голова, рецензенти, офіційні опоненти та висловили зауваження:

Олександр УШЕНКО, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій науково-навчального інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича – голова ради:

Ви використовували в вашому моделюванні суперсиметричну селекцію. Чим був обумовлений вибір цього підходу, які він має переваг, можливо існують інші варіанти?

Дмитро АДАМЕНКО, доктор фізико-математичних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник Інституту фізичної оптики імені О.Г. Влоха Львівського національного університету імені Івана Франка – офіційний опонент:

1. Більш відповідним заявленій основній меті дисертаційного дослідження є використання терміну "Формування структурованих оптичних полів" замість терміну "Генерація оптичних потоків енергії" у назві цієї дисертаційної роботи. Адже загальне поняття "оптичний потік енергії" не несе жодної інформації про специфічні особливості цього потоку. Натомість поняття "структуроване оптичне поле" (або "структуроване світло") позначає світловий пучок, характеристики якого (а саме, амплітуда, фаза, поляризація, просторовочасовий розподіл тощо) штучно формуються за допомогою тих чи інших оптичних елементів зі світлового пучка, згенерованого лазером.

2. У дисертаційній роботі відсутній аналіз такої актуальної проблеми, як принципова можливість керування ефектом Гоос-Генхен за допомогою асиметричних діелектричних мікроструктур. Так, зокрема, на сьогоднішній день це питання досліджувалося для таких метаструктур, як нанопорожнини на основі графену (graphene-based nanocavities), анізотропні двовимірні атомні кристали (anisotropic two-dimensional atomic crystals), фотонно-кристалічні гетероструктури, що містять анізотропний графен (photonic crystal heterostructure containing anisotropic graphene), тощо. Це було б достатньо логічним кроком є огляду на те, що результати досліджень ефекту Гоос-Генхен включені до розділу дисертаційної роботи, в якому розглядаються питання формування структурованих оптичних полів за допомогою асиметричних діелектричних мікроструктур.

3. До недоліків оформлення ілюстративного матеріалу цієї дисертаційної роботи можна віднести те, що джерела походження рисунків у підписах до рисунків не вказані, за виключенням Рисунків 1.3, 1.4 та 1.5. Це створює певні незручності для читача дисертаційної роботи, який має легко відокремлювати власні рисунки здобувача, що публікуються вперше в цій дисертаційній роботі, від власних рисунків здобувача, які вже були опубліковані ним раніше, а також від рисунків, запозичених з тим чи іншим ступенем модифікації з джерел інших авторів. Серед інших недоліків оформлення ілюстративного матеріалу цієї дисертаційної роботи, які погіршують сприйняття цього матеріалу читачем дисертаційної роботи, можна назвати, зокрема, занадто дрібний розмір цифр на осях даних в Рисунках 3.2, 3.4, 5.5 та 5.10; відсутність назви Рисунку 1.5; відсутність літерних позначень кожного з 10 рисунків, які в сукупності складають Рисунок 5.4; а також однакове нумерування як Рисунку 5.13 двох окремих рисунків, розділених між собою текстом.

4. Обсяг основного тексту цієї дисертаційної роботи, як вже вказувалося, становить 152 сторінки, тоді як відповідною освітньо-науковою програмою, затвердженою вченою радою (протокол № 3 від 3 квітня 2023 року) Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (далі – ОНП-2023), встановлюється, що дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня доктора філософії повинна мати обсяг основного тексту від 108 сторінок до 144 сторінок. Вочевидь, відсутність перевищення обсягом основного тексту встановленої максимальної межі робить дисертаційну роботу більш лаконічною та більш зосередженою на власних наукових результатах здобувача.

Галина БОГАТИРЬОВА, кандидат фізико-математичних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України – офіційний опонент:

1. Автор описує різні методи досягнення надроздільної здатності у оптичній мікроскопії, але не наводить їх порівняльну характеристику, обмеження у використанні або складнощі реалізації. Аналогічна ситуація і з методами генерації сингулярних пучків, оскільки одні з описаних методів є легкими для виконання та широко вживаними (як синтезована голограма), а інші (наприклад рідкокристалічна Q-комірка) є і зараз предметом наукових досліджень.

2. Серед методів діагностування сингулярних пучків є маловідомий метод, розроблений на кафедрі кореляційної оптики ЧНУ. Він дозволяє визначати ОКМ пучка без використання складних інтерференційних схем, працює для частково когерентних та частково поляризованих пучків і базується на принципі інтерферометра Юнга. Використання цього методу дозволило б автору покращити представлення експериментальних результатів.

3. П'ятий розділ трохи виокремлюється з загальної канви дисертаційного дослідження, хоча видається цікавою ідея імплементації методу фотонних наноструменів у STED-мікроскопію.

4. У дисертаційному дослідженні трапляються окремі граматичні неточності, які, загалом, не впливають на розуміння змісту роботи.

Ігор МОХУНЬ, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри кореляційної оптики науково-навчального інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича – рецензент:

1. Автором на основі відповідного аналітичного дослідження показано, що вихрові пучки можуть розповсюджуватися навіть у волокнах із ступінчастим профілем показника заломлення. Особисто мені відомо, що це не зовсім вірно. Такі хвильові структури дійсно можуть розповсюджуватися в хвилеводному середовищі але у волокнах спеціального типу, наприклад, скручених волокнах (див. наприклад, N. Bozinovic, Y. Yue, Y. Ren, M. Tur, P. Kristensen, H. Huang, A.E. Willner, S. Ramachandran, "Terabit-scale orbital angular momentum mode division multiplexing in fibers", Science, Vol. 340, pp. 1545-1548, (2013)). Як мені здається в дисертації варто було присвятити більше місця для фізичного обґрунтування цього положення, більш детально розглянути фізичні умови, коли такий процес може відбуватися.

2. У висновку до дисертації під номером 3 стверджується - "... Встановлено, що формуються сингулярності з топологічним зарядом ± 1 при сумарному індексі $+2$". Відносно

формулювання цього висновку є такі зауваження: На мій погляд, варто було би замість терміну сингулярність застосувати термін оптичний, або фазовий вихор. Кінцівка фрази "... при сумарному індексі +2. ..." мені здається зайвою, оскільки індекс Пуанкаре вихорю не залежить від знаку топологічного заряду і дорівнює +1. Як наслідок, якщо вихорів два, то незалежно від їх топологічних зарядів індекс такого хвильового утворення автоматично дорівнює +2.

3. У другому розділі при редукції хвильового рівняння до рівняння Шредінгера доцільно детальніше пояснити фізичні межі застосування параксіального наближення, щоб підкреслити коректність моделі.

4. У параграфі 3.2.2.2. присвяченому експериментальній реалізації генерації вихорів за допомогою двовісного кристалу наведені відповідні експериментальні результати. В цілому результати отримані дисертантом не викликають сумнівів. Разом з тим, як мені здається, такі кінцеві твердження як "отримані два вихори із зарядом +1 та - 1" повинні бути підтверджені за допомогою інтерференційного експерименту, оскільки аналіз розподілу інтенсивності поля не дає однозначної відповіді маємо вихор, або "глибокий" мінімум. Автором це не зроблене.

5. У п'ятому розділі при аналізі локальних потоків енергії та ефекту Гуса-Хенхена варто уточнити методику нормування величин та межі застосування отриманих результатів у практичних системах.

6. В дисертації іноді зустрічаються певні стилістичні неточності та невірне використання фізичних термінів. Наприклад: Дуже часто автор замість терміну пучок застосовує термін промінь (наприклад, стор. 91 і далі). Це неправильно, оскільки поняття промінь (лінія в просторі "нульової товщини") це абстрактне математичне поняття, яке застосовується в геометричній оптиці для індикації напрямку розповсюдження світлового потоку. момент. Не має терміну орбітальний кут моменту (стор. 22) - є термін орбітальний кутовий момент.

Олександр ДУБОЛАЗОВ, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій науково-навчального інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича – рецензент:

1. У розділі, присвяченому формуванню структурованих світлових полів та вихрових мод, доцільно більш явно розмежувати загальні фізичні механізми перенесення орбітального кутового моменту та конкретні реалізації у волоконних системах, щоб підсилити логічний перехід від вільного простору до хвилеводних структур.

2. При викладенні модового аналізу GRIN-волокон із використанням суперсиметричних перетворень бажано детальніше пояснити фізичну інтерпретацію ізоспектральності та її вплив на стійкість модової структури при практичній реалізації.

3. У частині, що стосується формування фазових сингулярностей в анізотропних середовищах, варто більш чітко пов'язати чисельні результати з умовами виникнення топологічних зарядів у реальних оптичних кристалах.

4. При аналізі вихрових пучків для STED-мікроскопії доцільно розширити обґрунтування вибору параметрів волоконних джерел з точки зору стабільності «нулів інтенсивності» в деполяризованому профілі.

5. У розділі, присвяченому наноструктурам та нанофотонним ефектам (зокрема фотонним нанорезонаторам і зворотним потокам енергії), бажано більш детально розкрити зв'язок між локальною поляризаційною структурою поля та виникненням оптичних сил у субхвильовому масштабі.

6. У тексті дисертації в окремих місцях спостерігається змішування рівнів опису (модового, фазового та енергетичного), що іноді ускладнює сприйняття єдиної фізичної картини взаємодії структурованих полів із середовищем.

Також на роботу, до разової ради надійшли два звернення, загалом вони позитивні, але містять певні дискусійні моменти:

Васнецов Михайло, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу оптичної квантової електроніки Інституту фізики НАН України:

Разом із беззаперечними перевагами, дисертація містить окремі уточнювальні моменти,

що стосуються деталізації фізичної інтерпретації окремих процесів та більш чіткого розмежування рівнів опису. Зокрема, доцільним було б більш явно розмежувати загальні механізми перенесення орбітального кутового моменту та їх реалізацію у волоконних системах, а також детальніше пояснити фізику інтерпретації ізоспектральності при модовому аналізі. Проте зазначені зауваження мають уточнювальний характер і не знижують загальної високої оцінки роботи.

Ніцук Юрій, доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету математики, фізики та інформаційних технологій Одеського національного університету імені І. І. Мечникова :

Попри вагомі наукові результати, дисертаційна робота має окремі дискусійні аспекти, пов'язані насамперед із використанням ідеалізованих теоретичних моделей та обмеженістю розглянутих параметричних діапазонів у частині експериментальних досліджень. Окремі результати могли б бути додатково підкріплені розширеним статистичним аналізом та порівнянням з альтернативними підходами. Водночас зазначені зауваження носять уточнювальний характер і не впливають на загальну високу наукову цінність роботи.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,
«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада PhD 13669 присуджує Сергію ЦУКІНУ ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»

Голова разової спеціалізованої вченої ради PhD 13669, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича



Олександр УШЕНКО