

ВІДГУК

офіційного опонента Фітьо Володимира Михайловича на дисертаційну роботу **Бугайчук Світлани Анатоліївни** “Дисипативні солітони взаємодії хвиль в динамічних нелінійно-оптичних середовищах”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізики

Дифракційна оптика з використанням голограм і періодичних структур є методом, що себе добре зарекомендував для вирішення багатьох практично важливих задач при роботі з лазерним випромінюванням. Цей метод широко застосовується в різноманітних оптико-електронних приладах: інтерферометрах, системах маніпуляції формою лазерних імпульсів, інтерференційних дзеркалах, оптичних кореляторах для модуляції світла, різних типах оптичних фільтрів, тощо. В той же час залишається багато викликів і відкритих питань, які пов'язані в першу чергу з розширенням областей використання лазерного випромінювання, зокрема для передачі зображень в телекомунікаційних системах, отримання і обробка зображень біологічних об'єктів, а також з розвитком квантової оптики, які запозичують багато ідей і методів розроблених в когерентній дифракційній оптиці. Впровадження в практику новітніх матеріалів на базі полімерів і хвилеводів надає додаткові можливості для розробки нових методів для трансформацій лазерних пучків.

Дисертаційна робота Бугайчук С.А. присвячена дослідженню дифракційних ефектів в системах динамічної голографії, що виникають при взаємодії лазерних пучків в реверсивних нелінійно-оптичних матеріалах. Цікавість роботи полягає в тому, що здобувач застосовує новий, не традиційний підхід, а саме обґрунтовує виникнення в системі самодифракції хвиль просторово-локалізованих структур – дисипативних солітонів. Вважалося, що солітони – це досить рідкісні явища, які можуть реєструватися в окремих, спеціально організованих нелінійних системах. В той же час в останнє десятиліття набуває розвитку напрямок досліджень дисипативних солітонів, які виникають в результаті самоорганізації в нелінійних системах. В дисертації Бугайчук С.А. показує, що такі дисипативні солітони формуються і в системах динамічної голографії. Показано, що стаціонарні і стійкі нестаціонарні (періодичні у часі) дисипативні солітони формуються всередині нелінійного середовища для інтерференційної інтенсивності взаємодіючих хвиль. Вони визначають модуляцію обвідної амплітуди динамічної ґратки, яка приймає форму солітона, світлого або темного, або періодичних у часі пульсацій. Дифракція взаємодіючих хвиль на такій неоднорідній ґратці призводить до нових ефектів, пов'язаних з трансформаціями лазерних пучків. В дисертації здобувач показала на прикладах, що розраховані для динамічних систем неоднорідні структури ґраток типу солітонів можуть бути перенесені на дифракційні елементи зі стаціонарними ґратками. Це стосується дзеркала на бреггівським ґратках з оптичним керуванням (підрозділ 5.4) та голографічного підсилювача на базі тонких узгоджених ґраток (підрозділ 5.5). Отже показано, що формування різних типів дисипативних солітонів всередині нелінійного середовища призводить до нових дифракційних ефектів, які можуть реєструватися для вихідних хвиль. В цьому полягає **актуальність** дисертаційної роботи Бугайчук С.А., а також її новизна.

Дисертаційна робота Бугайчук С.А. охоплює великий об'єм матеріалу, що включає глибокі теоретичні та піонерські експериментальні дослідження. Розроблено математичний апарат, який описує формування дисипативних солітонів при самодифракції хвиль в нелінійно-оптичних середовищах. В той же час ця робота є прикладом міждисциплінарних досліджень, що поєднують теоретичну фізику в області досліджень солітонів, динамічну голографію на тонких і товстих ґратках, скалярну теорію дифракції на періодичних структурах, нелінійно-оптичні механізми в різних середовищах, та експериментальні дослідження дво- і чотирипучкової взаємодії в системах динамічної голографії і в оптичних кореляторах.

Тому наукові результати теоретичних і експериментальних досліджень, а також числового комп'ютерного моделювання по даній проблематиці, які відображені в дисертації

Бугайчук С.А., є актуальними та своєчасними, і мають як фундаментальне так і прикладне значення.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з планами наукової діяльності відділів оптичної квантової електроніки і фізики кристалів Інституту фізики НАН України в рамках наступних тем:

1. “Дослідження процесів формування генераційних характеристик вимушеного випромінювання у лазерах з керованими параметрами для застосування при розв’язуванні науково-технічних та прикладних задач” Національної академії наук України (номер держреєстрації 0198U00632).
2. “Нелінійна лазерна динаміка оптичних вихорів, фоторефрактивних взаємодій та біосистем” Національної академії наук України (номер держреєстрації 0198U002138).
3. “Фізична оптика когерентних світлових полів, створених за допомогою взаємодій в нелінійних середовищах, комп’ютерносинтезованих голограм і оптичних волокон, лазерна фотохімія біооб’єктів” Національної академії наук України (тема № В/66).
4. “Структура складних світлових полів та світлоіндуковані процеси в конденсованому стані” Національної академії наук України (тема № В/107).
5. “Дослідження фототрансформацій бактеріородопсину та його мутантів для динамічної голографії і оптичної обробки інформації у реальному часі” Фонд цивільних досліджень та розвитку США (CRDF) (грант UB2-2427-KV-02).
6. “Нелінійно-оптичні, електричні та рентгеноструктурні дослідження багатофункціональних композитів на основі електропровідності рідких кристалів з фотоактивними центрами” Національної академії наук України (номер держреєстрації 0107U002352).
7. “Нові наноструктуровані композитні матеріали на мезоморфних солях алканоатів металів для електронних та фотонних інформаційних систем” Українського науково-технічного центру (УНТЦ) (проект № 7 – 4914/08).
8. “Структура та нелінійно-оптичні властивості нових композитів алканоатів металів з фото-чутливими центрами органічного та неорганічного походження (барвники, нанонапівпровідники та ін.) для застосувань в приладах швидкісної фотоніки” Національної академії наук України (номер держреєстрації 0112U002508).
9. “Оптичні, електрофізичні, магніто-транспортні властивості атомно-молекулярних систем та твердотільних об’єктів з різним типом провідності та структурної організації” Національної академії наук України (номер держреєстрації 0112U001716).
10. “Електричні, магнітні та нелінійно-оптичні властивості нанодисперсій частинок різної природи в орієнтованих рідких кристалах” Національної академії наук України (номер держреєстрації 0117U002482).
11. “Фундаментальні процеси, що визначають властивості новітніх фізичних об’єктів та матеріалів для електроніки, оптоелектроніки, фотоніки та спінтроніки” Національної академії наук України (номер держреєстрації 0117U002612).
12. “Рідкокристалічні колоїди: властивості та застосування”, Національної академії наук України (номер держреєстрації 0118U003381).

Тобто дисертант має великий досвід у проведенні наукових досліджень в Україні так і за кордоном. Також враховуючи те, що наукові дослідження/. Результати яких наведені в дисертаційній роботі, проводились практично на протязі 18 років, можна стверджувати, що Бугайчук С.А. є провідним спеціалістом у важливому напрямку фізики нелінійної оптики.

В **першому розділі** дисертації проведено огляд літератури по двом напрямки фізики. Перша частина присвячена основам динамічної голографії. Причому акцент зроблена на ефекті перекачування енергії та на умові виникнення нелокальних динамічних ґраток (підрозділи 1.1 і 1.2). У другій частині проводиться огляд досліджень в області оптичних дисипативних солітонів у сучасній нелінійній фотоніці (підрозділ 1.3). Слід відмітити, що

досі не було проведено систематичних досліджень дисипативних солітонів в системах динамічної голографії. Були відомі тільки поодинокі роботи окремих авторів (див., наприклад, M. Jehanathan, et.al. Evolution and propagation of grating envelopes during erasure in bulk photorefractive media, *J. Opt. Soc. Am. B*, **12**, 1370, (1995); J.H. Hong & R. Saxena, Diffraction efficiency of volume holograms written by coupled beams, *Opt. Lett.*, **16**, 180, (1991)).

У **другому і третьому розділах** дисертації розглядається самодифракція лазерних пучків в динамічних нелінійно-оптичних середовищах з нелокальним відгуком з точки зору формування в цій нелінійній системі дисипативних солітонів. В більшості робіт, присвячених теорії зв'язаних хвиль, нелінійне середовище розглядалося як “чорний ящик”, де ураховувались тільки параметри вхідних і вихідних хвиль. Теоретичний підхід, розвинутий в дисертації Бугайчук С.А., показує нелінійну взаємодію всередині нелінійного середовища. Показано, що в динамічному середовищі взаємодія світлового інтерференційного поля і середовища може розглядатися як нелінійна взаємодія двох зв'язаних ґаток: світлової решітки інтерференційного поля і динамічної ґратки фотоіндукованих змін показника заломлення.

Вважаю, що основні результати дисертаційної роботи викладені в розділі 3, де представлено виведення нелінійних рівнянь Шредингера (НРШ) і комплексного рівняння Гінзбурга Ландау (КРГЛ) для випадку самодифракції лазерних пучків в нелінійно-оптичному середовищі. Для цього використовувався метод багатьох масштабів. Але, згідно літературних даних, цей метод раніше застосовувався для трансформації нелінійного еволюційного рівняння синус-Гордона в нелінійне рівняння Шредингера (див., наприклад, T.Daunhois & M.Peyrard, *Physics of solitons*, (2006)). Безсумнівним досягненням даної дисертації є те, що було показано яким способом, використовуючи метод багатьох масштабів, систему декількох нелінійних рівнянь звести до традиційних нелінійних еволюційних рівнянь – НРШ або КРГЛ, або їх модифікованих різновидів. Ці отримані результати демонструють, що даний підхід може бути застосований для нелінійних систем в інших галузях наук. Це дозволить використовувати відомий математичний апарат, розроблений для НРШ і КРГЛ, для нових нелінійних систем.

У другому розділі дисертації отримані аналітичні стаціонарні розв'язки дисипативних солітонів, що формуються в нелінійній системі самодифракції хвиль. Це світлі солітони для пропускної геометрії взаємодії хвиль і темні солітони типу кінка для відбиваючої геометрії. Досліджуються властивості цих солітонів в залежності від параметрів нелінійної системи. Для вихідних інтенсивностей хвиль отримано розв'язки, що визначаються величиною фазового набігу для сформованої динамічної ґратки. Причому показано особливість даного підходу – цей фазовий набіг визначається площею під солітонним профілем для обвідної амплітуди динамічної ґратки в межах нелінійного середовища.

Також у другому розділі отримані рівняння синус-Гордона і тангенс-Гордона, що включають затухаючу складову по просторовій z -координаті для огинаючої амплітуди динамічної ґратки. Приведені результати експериментальних досліджень чотиріпучкової взаємодії в фоторефрактивних кристалах, де вперше показано формування просторової локалізації для обвідної динамічної ґратки. Експериментально показано, що профіль для обвідної динамічної ґратки змінюється в залежності від співвідношення інтенсивностей вхідних хвиль.

Четвертий розділ присвячений вивченню нестационарних розв'язків дисипативних солітонів, що виникають при самодифракції хвиль. При цьому проводились теоретичні розрахунки для взаємодії лазерних імпульсів в динамічних середовищах (підрозділи 4.2 і 4.3). В підрозділі 4.1. розглядається виникнення багатосолітонних розв'язків типу бризерів. Хочеться відмітити теоретичні і експериментальні дослідження розв'язків типу “екстремальних подій” в динамічній голографії, які проведені в дисертаційній роботі вперше (підрозділ 4.3). Вивчення не традиційних солітонних розв'язків, зокрема “екстремальних подій” і “хвиль-убивць”, викликають великий інтерес в сучасній фізиці. Найпоширеніший підхід полягає в тому, що окремий розв'язок НРШ, який носить назву солітон Піріґріна, може

описувати оптичні “хвилі-убивці”. Однак слід відзначити, що досі, основним методом досліджень “хвиль-убивць”, який застосовується для дослідження таких хвиль на поверхні океану, є побудова статистики виникнення імпульсів різної інтенсивності і співставлення цієї статистики з класичною статистикою ймовірних подій. Розрахунок статистики вихідних інтенсивностей імпульсів при взаємодії імпульсної серії з неперервним накачуванням в нелінійно-оптичних комірках рідких кристалів представлено вперше в дисертаційній роботі.

В п'ятому розділі дисертації запропоновані і розглядаються конкретні практичні застосування системи з нелінійною взаємодією хвиль. Розрахунки цих систем ґрунтовані на формуванні дисипативних солітонів всередині середовища, що мають різні параметри – максимальну амплітуду солітона та ступінь його локалізації. Розглядаються такі системи: оптимізація обернення хвильового фронту для досягнення великих значень коефіцієнту підсилення; перемикачі інтенсивності з оптичним керуванням; оптичні логічні елементи “АБО” та “АБО-НІ”; інтерференційні дзеркала з оптичним керуванням; розроблення оптичного корелятора, що містить системи узгоджених голографічних ґраток для підсилення когерентних пучків. Отже на конкретних розрахунках показано, що керування дисипативними солітонами в залежності від параметрів системи призводить до передбачень нових ефектів, корисних для практичних застосувань.

Окремою лінією досліджень, проведених в дисертаційній роботі, є самодифракція на тонких зразках – в режимі Рамана-Ната (підрозділи 2.6, 5.6). Слід відмітити, що проведені піонерські теоретичні розробки, так і ціла низька експериментальних досліджень нових матеріалів. Отримана аналітична формула для інтенсивності в m -му дифракційному порядку для самодифракції в режимі Рамана-Ната. В цю формулу входить нелінійно-оптичний коефіцієнт – нелінійний показник заломлення для середовищ з керрівською нелінійністю n_2 . Метод розрахунку нелінійно-оптичних констант при вимірюванні дифракційної ефективності в перших дифракційних порядках в режимі Рамана-Ната здобувач застосовувала для визначення нелінійно-оптичних констант різних нових матеріалів. Цей метод є альтернативним традиційному методу z -сканування.

Отже, хоча відмітити, на мою думку, основні положення наукової новизни дисертаційної роботи Бугайчук С.А.:

- Вперше для самодифракції хвиль в динамічних середовищах отримана математична модель, що описує новий різновид просторового дисипативного солітону. На відміну від традиційних просторових солітонів, в яких просторова локалізація відбувається в поперечній площині (x, y) , у даного солітона просторова локалізація іде вздовж продольного напрямку розповсюдження хвиль, тобто вздовж просторової координати z .

- Обґрунтовано основні умови виникнення дисипативних солітонів взаємодії хвиль при самодифракції лазерних пучків. Це формування нелокальної динамічної ґратки, яка є просторово зсунутою відносно діючої інтерференційної картини, причому підсилення динамічної ґратки пропорційне інтерференційній інтенсивності діючого світла та часовій релаксації ґратки.

- Обґрунтовано зв'язок між дифракційною ефективністю перекачування енергії та формування дисипативного солітону для обвідної динамічної ґратки з різним ступенем просторової локалізації.

- Теоретично отримано різні типи дисипативних солітонів взаємодії хвиль, в тому числі багато-солітонні розв'язки, типу близерів.

- Показано, що формування бризерів призводить до автоосциляцій вихідних інтенсивностей хвиль. Теоретично отримано, що автоосциляції виникають під дією шумових фазових флуктуацій для взаємодіючих хвиль. Ці висновки узгоджуються з підходом І.Пригожина, який описаний в його монографії “Г. Николис, І. Пригожин, *Самоорганізація в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации*. (1979)”.

- Теоретично і експериментально вперше досліджено можливість формування “екстремальних хвиль” при двопучковій взаємодії в динамічній голографії.

– Теоретично і експериментально показана можливість виконання умов брегівської дифракції на системі двох узгоджених тонких фазових ґраток, розташованих на відстані одна від одної.

– Отримано математичну модель самодифракції Рамана-Ната, яка може використовуватися для визначення нелінійно-оптичних констант в тонких зразках різних матеріалів.

Проведені теоретичні розрахунки запропонованих нових елементів представляють інтерес для подальших теоретичних і експериментальних досліджень для розробки реальних елементів і систем. В цьому полягає **практична цінність** результатів дисертаційної роботи. Також слід зазначити, що дисертація вносить значний внесок в розвиток теоретичної нелінійної фізики, оскільки продемонстровано метод, як нелінійну систему, що як правило включає декілька нелінійних рівнянь в частинних похідних, можна звести до “стандартних” нелінійних еволюційних рівнянь. Цей підхід може застосовуватися в теоретичних моделях для різних галузей наук.

Достовірність отриманих в дисертації результатів забезпечується використанням загальноприйнятих моделей теоретичної фізики, строгими математичними перетвореннями відповідних рівнянь, комп’ютерні розрахунки проводились чисельними стійкими методами, для яких розроблені відповідні програми, використанням сучасних експериментальних методів досліджень за допомогою сертифікованого обладнання. Було досягнуто добре узгодження результатів експериментальних досліджень у відповідності до теоретичних передбаченнями. Також підтверджує достовірність отриманих результатів те, що дисертантка співпрацювала з відомими зарубіжними науковими установами, які займаються відповідною тематикою, зокрема:

Дослідження проводились у міжнародній співпраці з експериментаторами з: Дослідницького Інституту фізики твердого тіла і оптики (Угорщина), TEDA Коледжу Університету Нанкаї (Китай); а також з математиками і з фізиками-теоретиками з: Інституту Макса Планка фізики комплексних систем (Дрезден, Німеччина), факультету теоретичної фізики Університету Байройта (Німеччина), Інституту Аналізу Університету ім. Дж. Кеплера (Лінц, Австрія).

Основні результати досліджень доповідались на семінарах Інституту фізики НАН України і на низці міжнародних наукових конференції високого рівня, деякі з них:

1. S. Bugaychuk, E. Tobisch, V. Gnatovskyy, V., P. Yezhov, Holographic model of longitudinal photonic nonlinear medium, Book of Abstracts of the 4-th International Conference on Wave Interaction, April 3-7, Linz, Austria. pp. 20-23, (2018).
2. S. Bugaychuk, A. Iljin, V. Pinchuk, E. Tobisch, Longitudinal solitons in time-delayed nonlinear systems, 675. WE-Heraeus-Seminar: Delayed Complex Systems, abstracts, July 2-5, 2018, Bad Honnef, Germany, P. 44, (2018).
3. V. Gnatovskyy, A. Sidorenko, A. Negriyko, S. Bugaychuk, Beam shaping of soliton-like wavefronts in the correlation technique, 618. WE-Heraeus-Seminar Extreme Events and Rogue Waves, May 30 – June 3, 2016, Bad Honnef, Germany, P-01, (2016).
4. S. Bugaychuk, Formation of extreme events during wave interaction in nonlinear evolving medium with dissipation, Waves, Solitons and Turbulence in Optical Systems, abstracts, October 12-14, 2015, Berlin, Germany, P. 17, (2015).
5. S. Bugaychuk, S. Slussarenko, S. Pinchuk, O. Kolesnyk, R. Kravchuk, A. Iljin, A. Shumelyuk, Electrically controlled dynamic energy transfer in pure liquid crystal cells, Book of Programmes and Abstracts PR’13, International Conference on Photorefractive Effects, Materials and Devices, September 4-6, 2013, Winchester, UK, P. 94, (2013).
6. S. Bugaychuk, Modeling of extreme waves produced by beam mixing in optical cavity, International workshop “Rogue Waves”, November 7-11, Dresden, Germany, P-04, (2011).
7. S. Bugaychuk, Localized structures of wave coupling in dissipative nonlocal media, Proceeding of International workshop “Localized structures in dissipative nonlinear systems”, October 18-20, 2010, Berlin, Germany, P. 13, (2010).
8. S. Bugaychuk, G. Klimusheva, Yu. Garbovskiy, T. Mirnaya, Fast nonlinear optical materials

based on ionic liquid crystals and glasses of metal alkanoates, Abstracts of Advanced photonics and renewable energy, OSA Optics & Photonics Congress, June 21-24. 2010, Karlsruhe, Germany, Abstract NTuC13-1-2 (2010).

9. S. Bugaychuk, Solitons of wave nonlinear interaction in media with non-local response, List of Abstracts of FPU+50: Nonlinear waves 50 years after Fermi-Pasta-Ulam. June 21-25, Rouen, France, P-3, (2005).

Повтона викладення здобувачем основних результатів. За матеріалами дисертації опубліковано 39 статей у провідних фахових наукових виданнях, в тому числі в міжнародних журналах з високим імпакт-фактором, таких як: Physical Review E, Nanoscale Research Letters, Journal of Molecular Liquids, Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, Molecular Physics, та інших, з них 33 індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science, 4 статті одноособові. Додатково деякі результати дисертації висвітлено в матеріалах провідних міжнародних конференцій.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації й автореферату. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел що налічує 308 посилань. Загальний обсяг дисертації складає 315 сторінок, 4 таблиці та 84 рисунки. В цілому дисертаційна робота написана нормативною українською. Застосована наукова термінологія є загальноживаною, стиль викладу результатів наукових досліджень, наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечує адекватне сприйняття прочитаного. Результати об'ємних досліджень викладені стисло та конкретно.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації, написаний згідно нормативів української мови та з використанням сучасної наукової термінології. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає всім вимогам пп. 9, 11-13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 липня 2013 р. № 567.

Поряд із загальним позитивним враженням від роботи, хочеться висловити ряд

зауважень:

1. Отримано параметричні нелінійні рівняння Шредингера і комплексне рівняння Гінзбурга-Ландау, але вони не досліджені в повній мірі.
2. Запитання відноситься до підрозділу 5.5, де досліджується оптичний корелятор. Чи можливе визначення чіткого критерію для розмежування між «динамічністю», пов'язаною із системою саме дифракційних решіток (як механічних елементів), і нелінійними властивостями середовища, де вони утворюються?
3. Згідно означення: *“Солітон – структурно стійка усамітнена хвиля, що розповсюджується в нелінійному середовищі. Солітони поведуться подібно до частинок: при взаємодії один з одним або з деякими іншими збудженнями вони не руйнуються, а рухаються, зберігаючи свою структуру незмінною. Вікіпедія”*. В дисертації на с. 109 написано: *“Тільки в тому випадку, коли співвідношення вхідних інтенсивностей рівні між собою ($I_{10}/I_{20}=I_{4d}/I_{3d}$) максимум солітону буде розташований саме в центрі кристала. Коли це співвідношення порушено ($I_{10}/I_{20}\neq I_{4d}/I_{3d}$), максимум солітону зміщується до однієї з вхідних граней кристалу”*. Тобто в дисертації статичний максимум поля у ґратці також вважається солітоном.
4. В пункті 2.6.1 “Дослідження нелінійно-оптичних властивостей нових матеріалів методом динамічної голографії” наведені умови цілого ряду експериментів, проте не наведено результатів експеримента в цифровій формі.
5. Доцільно було б на багатьох графіках залежностей від відносного часу t/t навести значення t , наприклад рис. 4.10, 4.11.
6. Нічого не сказано про швидкодії перемикача світла та логічних елементів.
7. Складається враження, що в нерівностях 2.3 і 2.111 не співпадають розмірності в правій та лівій частинах, хіба що амплітуди A_m є безрозмірними.
8. Стиль тексту дисертації іноді важкий для читання, що ускладнює сприйняття матеріалу. Наприклад: “... посилення шуму в різних науках, включаючи фізику, хімію, техніку та

біологію”, с. 62; “Добре відомо, що рівня синус-Гордона разом з рівняннями нелінійного Шредінгера та Кортевега-Фріса” мають своїми розв’язками солітони”, с. 81; “... захоплення імпульсів на звільненні на вимогу, ...”.

9. Також досить часто трапляються граматичні помилки в тексті дисертації.

Проте ці зауваження не є принциповими, і не зменшують загальне позитивне враження від роботи. В цілому робота гарно структурована та ілюстрована, матеріал викладено доступно і логічно. Автореферат і публікації за матеріалами роботи правильно відображають зміст та структуру дисертації.

Дисертація виконана на високому науковому рівні, містить оригінальні результати, що достатньою мірою обґрунтовані, апробовані й надруковані у фахових виданнях. Зокрема, основні результати дисертації (50 праць) відомі фахівцям та своєчасно опубліковані у 39 фахових високореєтингових виданнях, у тому числі у міжнародних журналах з високим імпакт-фактором, таких як: *Physical Review E*, *Nanoscale Research Letters*, *Journal of Molecular Liquids*, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, *Molecular Physics* та інших.

Дисертаційна робота Бугайчук С.А. є завершеним науковим дослідженням, яке в сукупності розв’язує важливу наукову проблему утворення стійких просторово-локалізованих станів (дисипативних солітонів) в нелінійних системах, що вперше теоретично і експериментально отримано і досліджено в системах динамічної голографії; направлене на прогнозування практичних застосувань цих дисипативних структур в системах оброблення і перетворення інформації.

Вважаю, що дисертаційна робота “Дисипативні солітони взаємодії хвиль в динамічних нелінійно-оптичних середовищах” задовольняє всім вимогам пп. 9, 11-13 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 липня 2013 р. № 567 (зі змінами внесеними постановою Кабінету Міністрів України № 656, від 19.08.2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р. та № 567 від 27.07.2016 р.), які висуваються до докторських дисертацій, і тому, Бугайчук Світлана Анатоліївна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Офіційний опонент

Лауреат премії ім. І.П. Пулюя Президії НАН України,
доктор фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри фотоніки
Національного університету “Львівська політехніка”

В.М. Фітьо

Підпис Фітьо засвідчую
Вчений секретар
Національного університету “Львівська політехніка”

Р.Б. Брилинський