

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Жданка Євгена Геннадійовича

**«Динамічні процеси в іоносферному радіоканалі: результати дистанційного
радіозондування іоносфери»,**

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 10 Природничі науки

за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали

**1. Оцінка роботи здобувача у процесі підготовки дисертації та виконанні
індивідуального плану навчальної та наукової роботи.**

Аспірант Жданко Євген Геннадійович виконав у повному обсязі індивідуальний план виконання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня програма в обсязі 40 кредитів ECTS виконана у повному обсязі. Він успішно склав наступні дисципліни:

Заліки:

- 1) «Філософські засади та методологія наукових досліджень» – 100 балів;
- 2) «Підготовка наукових публікацій та презентацій результатів досліджень» – 97 балів;
- 3) «Інформаційні технології у прикладній фізиці» – 95 балів;

Іспити:

- 4) «Іноземна мова для аспірантів (англійська мова)» – 99 балів;
- 5) «Актуальні проблеми сучасної прикладної фізики та наноматеріалів» – 92 бали;
- 6) «Актуальні проблеми сучасної радіофізики та електроніки» – 95 балів;

Всі заплановані види робіт були виконані своєчасно. Здобувач плідно співпрацював з науковим керівником протягом усього терміну навчання в аспірантурі.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Іоносфера дотепер залишається основним каналом поширення радіохвиль різних діапазонів (від вкрай низьких до надвисоких частот). Особливістю цього каналу є залежність його параметрів від стану космічної погоди. Космічна погода формується, перш за все, процесами на Сонці та, в меншій мірі, процесами на Землі. Певний внесок у стан космічної погоди можуть давати й високоенергетичні процеси техногенного походження. Вплив джерел енерговиділення різної фізичної природи на іоносферу зумовлює її динаміку. Вивчення динамічних процесів у іоносфері є важливим, як для радіофізики геокосмоса, прогнозування параметрів каналу поширення, так і для отримання відомостей про джерела енерговиділення. В цьому полягає актуальність досліджень.

Динамічні процеси в іоносфері досліджуються багатьма наземними та супутниковими методами. Супутникові методи проводять вимірювання як *in situ*, так і шляхом просвічування іоносфери. Останнім часом набула значного розвитку GPS-технологія вивчення динаміки іоносфери. Серед наземних методів найбільш інформативним є метод некогерентного розсіюння. Через високу вартість радарі некогерентного розсіюння не можуть вести безперервний моніторинг іоносфери. Найбільший обсяг інформації про іоносферу (принаймні до максимуму шару F2) отримано за допомогою мережі іонозондів, які використовують вертикальне зондування іоносфери. Іонозонди розташовані на земній кулі вкрай нерівномірно. Крім того, вони дають інформацію про динамічні процеси в іоносфері переважно над місцем розташування іонозонда.

Більше можливостей для дослідження в галузі радіофізики геокосмоса, вивчення каналу поширення радіохвиль і динамічних процесів в іоносфері мають засоби похилого зондування. В цьому випадку можуть використовуватися як власні радіопередавальні пристрої так і мережа радіомовних станцій. За допомогою похилого зондування вдається охопити значні регіони Земної кулі (аж

до глобальних), і тим самим вивчати динамічні процеси в геокосмосі над цими регіонами.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є експериментальні дослідження характеристик радіосигналів і параметрів динамічних процесів на прикладі природних (сонячні затемнення, сонячний термінатор, геокоsmічні бурі) та техногенних (старти ракет і потужне радіовипромінювання) джерел.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються наступні задачі:

– Експериментальні дослідження та отримання кількісних варіацій характеристик радіохвиль та параметрів іоносфери, викликаних сонячними затемненнями.

– Експериментальні дослідження та отримання кількісних варіацій характеристик радіохвиль і параметрів іоносферних процесів, викликаних стартами та польотами важких ракет у спокійних і збурених умовах.

– Експериментальні дослідження та отримання кількісних варіацій характеристик радіохвиль та параметрів великомасштабних збурень в іоносфері під впливом потужного радіовипромінювання.

– Експериментальні дослідження параметрів іоносферних процесів, викликаних геокоsmічною бурею та їх впливу на варіації характеристик радіохвиль.

– Фізична інтерпретація отриманих результатів і уточнення механізмів поширення іоносферних збурень від високоенергетичних джерел.

Об'єкт дослідження – динамічні процеси в іоносферному радіоканалі.

Предмет дослідження – характеристики радіосигналів і збурень іоносферного радіоканалу, визначення основних параметрів динамічних процесів.

Методи досліджень. У дисертації використовуються відомі методи статистичної радіофізики та математичної статистики, експериментальний метод

вертикального та похилого радіозондування, статистичний аналіз, числові методи комп'ютерної математики, а також фізичне моделювання.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

У дисертації наведено результати досліджень, виконаних автором з його науковим керівником протягом 2021–2024 рр. відповідно до перелічених нижче науково-дослідних робіт кафедри космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

1. Дистанційний вплив електромагнітного випромінювання на електронні, радіотехнічні засоби та канали телекомунікацій (2021–2023 рр.), номер держреєстрації 0121U109881 (виконавець напрямку).

2. Великомасштабні та глобальні фізичні процеси в системі Земля–атмосфера–іоносфера–магнітосфера природного та техногенного походження (2022–2024 рр.), номер держреєстрації 0122U001476 (виконавець напрямку).

3. Проєкт Національного фонду досліджень України 2020.02/0015 “Теоретичні та експериментальні дослідження глобальних збурень природного і техногенного походження в системі Земля – атмосфера – іоносфера” (2020–2021 рр.) (виконавець напрямку).

4. Особистий внесок дисертанта в отриманих наукових результатах та їхня новизна.

Всі наукові публікації написано у співавторстві. Особистий внесок здобувача полягає в обробці значного масиву експериментальних даних похилого та вертикального доплерівського радіозондування (2009–2021 рр.), їхньому аналізі, проведенні розрахунків, написанні розділів статей і тез, безпосередній участі в обговоренні та фізичному тлумаченні отриманих результатів. Результати робіт представлено на конференціях здобувачем особисто.

1. Для похилого ВЧ зондування іоносфери отримано скоригований закон секанса, а також співвідношення для оцінки максимальної застосовної частоти,

відносної амплітуди квазіперіодичних збурень і величини аперіодичних збурень концентрації електронів у іоносфері. Продemonстровано застосовність співвідношень при використанні на практиці.

2. З застосуванням багаточастотного багатотрасового когерентного радіотехнічного комплексу ВЧ діапазону для просторово рознесеного похилого радіозондування іоносфери розроблено методику визначення параметрів рухомих іоносферних збурень: періоду, горизонтальної довжини хвилі, горизонтальної швидкості й азимуту приходу. Підтверджено, що рухомі іоносферні збурення з відповідними періодами викликаються генерацією та поширенням АГХ. Визначено відносну амплітуду збурень концентрації електронів у хвилі та напрямок її переміщення. Успішне функціонування розробленого багаточастотного багатотрасового радіотехнічного комплексу похилого зондування іоносфери продемонстровано під час дослідження динамічних процесів, викликаних різними джерелами енерговиділення.

3. Комплекс потенційно здатний виявляти відносно ДЗЧ $\sim 10^{-10}$, зсув фази в НЧ діапазоні $\sim 0.1^\circ$, варіації амплітуди сигналу не менше 2–3%, збурення концентрації електронів з відотною амплітудою не менше, ніж $\sim 10^{-2} \%$ та динамічні процеси, які супроводжуються вертикальним рухом зі швидкістю не меншою $\sim 0.02\text{--}0.05$ м/с.

4. Проаналізовано параметри іоносферних збурень, що послідували за стартами 81 ракети *Союз* та 53 ракет *Протон* з космодрому Байконур у 2009–2021 рр. Підтверджено існування декількох груп часів запізнювання можливої реакції іоносфери на старт і політ ракет. Значення цих часів змінювалися від ~ 10 до ~ 300 хв. Їм відповідає декілька груп удаваних горизонтальних швидкостей поширення збурень ($\sim 100\text{--}200$ м/с; 390 ± 23 м/с; 0.97 ± 0.10 км/с; 1.28 ± 0.13 км/с; 1.68 ± 0.13 км/с; 2.07 ± 0.13 км/с, а також ~ 8 км/с). Такі швидкості мають повільні АГХ, АГХ техногенного походження, ударні хвилі густини, повільні та звичайні МГД хвилі. Виникаючі збурення, як правило, були квазіперіодичними. Період

становив від ~ 5 до ~ 20 хв, а амплітуда ДЗЧ – $0.1\text{--}0.3$ Гц. Відносна амплітуда квазіперіодичних варіацій концентрації електронів зазвичай становила $\sim 1\text{--}10\%$, рідше досягала $\sim 20\%$. Встановлено, що виявлення реакції іоносфери на віддалений на ~ 2000 км старт і політ великої ракети на фоні геокосмічної бурі доплерівським методом зазвичай можливе за індексу $K_{p\max} \leq 5$, а за більших його значень дуже ускладнено або взагалі неможливе. У ряді випадків навіть за індексу $K_{p\max} = 4$ визначення реакції ускладнено. Обґрунтовано, що для підвищення надійності виявлення реакції на старт і політ ракети доплерівський радар повинен одночасно працювати на низці частот у діапазоні від $1.5\text{--}2$ до $4\text{--}6$ МГц. Підтверджено існування декількох груп горизонтальних удаваних швидкостей поширення збурень: $1.7\text{--}3$ км/с і більше, $700\text{--}1000$, $300\text{--}700$, $150\text{--}260$ м/с.

5. Виконано радіофізичні спостереження за динамічними процесами в іоносфері протягом СЗ 10 червня 2021 р. і в контрольні дні. Встановлено, що часові варіації ДЗЧ на вертикальних і похилих радіотрасах в цілому були подібними. На похилих радіотрасах помітніше позначалася багатомодовість. СЗ супроводжувалося посиленням хвильової активності в атмосфері й іоносфері. Спостерігалось не менше трьох хвильових цугів. Значення періодів ($T \approx 5\text{--}12$ хв) і відносних амплітуд ($\delta_N \approx 0.3\text{--}0.6\%$) свідчили про те, що хвильові збурення викликані атмосферними гравітаційними хвилями. Аперіодичний ефект СЗ виявився занадто малим (менше 0.01 Гц), аби його можна було впевнено спостерігати. Малисть ефекту зумовлена незначною фазою часткового затемнення над Харковом (не більше 0.11).

6. Вперше за допомогою ГНСС-технологій досліджено реакцію ПЕВ на сонячне затемнення 25 жовтня 2022 р., що мало місце перед проходженням та в період проходження вечірнього термінатора. Встановлено, що реакція іоносфери на СЗ спостерігалася у глобальних масштабах (від станції Рейк'явік до станції Новосибірськ), а саме СЗ запускає фізико-хімічні та динамічні процеси в системі

ЗАІМ, які забезпечують продовження реакції іоносфери і після закінчення затемнення та після заходу Сонця на поверхні Землі. Вперше отримано статистичні характеристики збурень ПЕВ, викликаних затемненням на різних широтах та довготах. Своєрідною була поведінка варіацій ПЕВ під час та після заходу сонця. Зменшення ПЕВ досягало 1.0–19.0 TECU, а максимальне відносне зменшення приблизно -0.32 . Зміни всіх параметрів збурення ПЕВ складним чином залежали від відносної площі покриття диску Сонця. Це може пояснюватися немонотонними змінами концентрації електронів у денний час, активізацією іоносферно-плазмосферної взаємодії протягом СЗ, збуренням системи іоносферних струмів, вертикальним дрейфом плазми, а також впливом великомасштабних збурень концентрації електронів, що генеруються затемненням. Час запізнювання максимальної реакції іоносфери відносно максимальної фази затемнення становив 15–25 хв. Тривалість реакції іоносфери на СЗ дещо перевищувала тривалість дії збурюючого джерела і сягала 120–180 хв. Є підстави вважати, що мала місце синергетична взаємодія сонячного затемнення та термінатора.

7. Вперше показано, що в період мінімуму сонячної активності реєстровані збурення в іоносфері на відстані близько 960 км від нагрівного стенда можуть виникати при ефективній потужності, рівній 25 МВт. Під впливом моноімпульсу на іоносферну плазму тривалість реакції іоносфери співпадала з тривалістю моноімпульсу. При цьому квазіперіодичні варіації ДЗЧ тільки починали генеруватися. Удавана горизонтальна швидкість поширення збурень становила від ~ 300 до ~ 420 м/с. Важливо, що зі збільшенням висоти від ~ 110 до ~ 170 км ця швидкість збільшувалася від 296 до 320 м/с. Таку швидкість мають рухомі іоносферні збурення, пов'язані з АГХ. Періодичний режим випромінювання нагрівного стенда супроводжувався генерацією квазіперіодичних збурень концентрації електронів з відносною амплітудою $\sim 1\%$ і періодом, близьким до періоду Брента–Вяйсяля.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертації Жданка Є. Г. забезпечена використанням для вимірів комплексу відомих та перевірених за багато років методів, які включають вертикальне та похиле доплерівське радіозондування, супутникові дослідження, для обробки та аналізу даних вимірювань застосовувалися добре відомі методи математичної статистики та аналітичні розрахунки, що базувалися на теорії поширення радіохвиль у іонізованих середовищах. Результати аналітичних розрахунків у граничних випадках переходять у відомі з літератури результати. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано в наукових фахових журналах і журналах, що індексуються наукометричною базою Scopus та доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими.

6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Результати дисертації представляють безсумнівну значущість, оскільки іоносфера широко використовується в якості каналу в радіозв'язку, радіонавігації, радіолокації, дистанційному зондуванні Землі з космосу, а також в радіоастрономії. Вона рідко буває спокійною і збурюється низкою природних і техногенних потужних джерел енерговиділення. Виникаючі в атмосфері та геокосмосі збурення істотно залежать від стану атмосферно-космічної погоди, часу доби, сезону та фази циклу сонячної активності. Такі збурення принципово обмежують тактико-технічні характеристики радіосистем різного призначення. Для послаблення впливу збурень бажана адаптація до змін параметрів радіоканалу. За допомогою похилого радіозондування іоносфери вдається проводити моніторинг збурень і їх параметрів практично в глобальних масштабах. Вивчення таких збурень також дозволяє краще зрозуміти механізми

їх поширення на глобальні відстані, взаємодію підсистем у системі Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера.

Отримано кількісні оцінки збурень параметрів іоносферного радіоканалу та характеристик радіосигналів ВЧ діапазону, викликаних дією високоенергетичних джерел різної фізичної природи. Розроблено практичні рекомендації, спрямовані на послаблення впливу високоенергетичних джерел на іоносферний радіоканал та функціонування засобів радіозв'язку, радіолокації, радіонавігації, радіоастрономії, дистанційного радіозондування тощо. Значна частина результатів дисертації увійшла в підсумкові звіти за науково-дослідними роботам кафедри космічної радіофізики, для яких отримані акти про впровадження результатів досліджень.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

Матеріали дисертації опубліковані у 21 науковій праці, серед яких 8 статей у наукових фахових виданнях України (4 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus), 2 – праці в зарубіжних наукових спеціалізованих виданнях (входять до наукометричної бази Scopus), 11 – матеріали доповідей на конференціях (зокрема 2 тези, що входять до наукометричної бази Scopus).

Наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації.

Наукові праці у наукових фахових виданнях України:

1. Черногор Л. Ф., Гармаш К. П., Guo Q., Жданко Є. Г., Пушин В. Ф., Цимбал А. М., Zheng Yu. Параметри рухомих іоносферних збурень: результати просторово рознесеного похилого ВЧ радіозондування. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2023. Т. 37. С. 47-59. DOI: <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2022-37-04>.

(Особистий внесок здобувача: Участь в обробці експериментальних даних. Опис стану космічної погоди. Розрахунок основних параметрів рухомих іоносферних збурень. Участь у фізичній інтерпретації отриманих результатів.

Особистий внесок Чорногора Л.Ф.: Постановка задачі. Написання окремих розділів, обговорення та основних результатів, їх аналіз.

Особистий внесок Гармаша К.П.: Розробка комплексу. Проведення випробувань його працездатності.

Особистий внесок Guo Q.: Здійснення вимірювань.

Особистий внесок Zheng Yu.: Здійснення вимірювань.

Особистий внесок Пушина В.Ф.: Розробка математичної моделі.

Особистий внесок Цимбала А.М.: Участь в обробці експериментальних даних.)

2. Чорногор Л. Ф., Жданко Є. Г. Допплерівське зміщення частоти ВЧ радіохвиль у іоносфері на похилих радіотрасах. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2023. Т. 39. С. 60-68. DOI: <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2023-39-05>.

(Особистий внесок здобувача: Виконання аналітичних обчислень та розрахунків. Написання окремих розділів, участь в обговоренні результатів.

Особистий внесок Чорногора Л.Ф.: Постановка задачі. Написання окремих розділів, обговорення та заключних висновків.)

3. Чорногор Л. Ф., Дорохов В. Л., Жданко Є. Г., Милованов Ю. Б., Цимбал А. М. Особливості іоносферних ефектів часткового сонячного затемнення 25 жовтня 2022 р. поблизу вечірнього термінатора. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка». 2023. Т. 39. С. 69-78. DOI: <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2023-39-06>.

(Особистий внесок здобувача: Написання окремих розділів. Аналіз часових варіацій ПЕВ. Участь у фізичному тлумаченні отриманих результатів.

Особистий внесок Черногора Л.Ф.: Постановка задачі. Фізичне тлумачення. Написання обговорення та основних результатів.

Особистий внесок Дорохова В.Л.: Збір експериментальних даних.

Особистий внесок Милованова Ю.Б.: Обробка експериментальних даних.

Особистий внесок Цимбала А.М.: Обробка експериментальних даних.)

Наукові праці в наукових виданнях, які індексуються в наукометричній базі SCOPUS:

4. Chernogor L. F., Mylovanov Y. B., Zhdanko Y. H. Response of total electron content to the October 25, 2022 partial solar eclipse from high to low latitudes in the Euro-Asian region. *Advances in Space Research*. Vol. 74, No. 4. P. 1793-1809. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.05.020>.

5. Черногор Л. Ф., Гармаш К. П., Жданко Є. Г., Леус С. Г., Luo Y. Особливості іоносферних ефектів часткового сонячного затемнення над Харковом 10 червня 2021 р. *Радіофізика і радіоастрономія*. 2021. Т. 26, № 4. С. 326-343. DOI: <https://doi.org/10.15407/rpra26.04.326>.

6. Luo Y., Черногор Л. Ф., Жданко Є. Г. Іоносферні ефекти ракет, що стартують на фоні геокосмічних бур. *Космічна наука і технологія*. 2022. Т. 28, № 3 (136). С. 62-85. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit2022.03.062>.

7. Черногор Л. Ф., Жданко Є. Г., Luo Y. Особливості генерації великомасштабних збурень в іоносфері під дією моноімпульсного та періодичного радіовипромінювання нагрівного стенда. *Радіофізика і радіоастрономія*. 2022. Т. 27, № 3. С. 188-202. DOI: <https://doi.org/10.15407/rpra27.03.188>.

8. Luo Y., Chernogor L. F., Zhdanko Y. H. Geospace perturbations that accompanied rocket launches from the Baikonur cosmodrome. *Kinematics and physics*

of celestial bodies. 2022. Vol. 38, No. 6. P. 287-299.
DOI: <https://doi.org/10.3103/S0884591322060046>.

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. Chernogor L. F., **Zhdanko Y. H.** Analytical theory of the Doppler shift of HF radio waves along oblique propagation paths in the isotropic ionosphere. Proceedings of the International Conference “Astronomy and Space Physics in the Kyiv University” in part of the World Science Day for Peace and Development. October 18–21, 2022, Kyiv. P. 86-87.
2. Chernogor L. F., Garmash K. P., Leus S. G., Podnos V. A., Tsymbal A. M., **Zhdanko Y. H.** Multifrequency Doppler Software-Controlled Receiving System for Space Weather Monitoring. Proceedings of the 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). October 10–14, 2022, Kyiv. P. 606-611. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO54667.2022.9927064>.
3. Chernogor L. F., Rozumenko V. T., **Zhdanko Y. H.** Doppler (HF) Radar Facility for Monitoring Dynamic Processes in Geospace. 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). October 10–14, 2022, Kyiv. P. 600-605. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELNANO54667.2022.9927090>.
4. Chernogor L. F., Garmash K. P., Guo Q., Rozumenko V. T., **Zhdanko Y. H.**, Zheng Yu. Features of the ionospheric radio wave characteristics over China observed during the solar eclipse of June 21, 2020. Proceedings of the International Scientific Conference “Electronics and Applied Physics”, APHYS 2022. October 18–22, 2022, Kyiv. P. 132-133.
5. Chernogor L. F., Garmash K. P., Guo Q., Pushin V. F., Tsymbal A. M., **Zhdanko Y. H.**, Zheng Yu. Parameters of traveling ionospheric disturbances: from spaced oblique HF sounding data. Proceedings of the International Scientific Conference “Electronics and Applied Physics”, APHYS 2022. October 18–22, 2022, Kyiv. P. 128-129.

6. Chernogor L. F., Pushin V. F., **Zhdanko Y. H.** Methodology and results of the study of traveling ionospheric disturbances parameters from spaced oblique HF sounding data. Proceedings of the International Conference “Astronomy and Space Physics in the Kyiv University” in part of the World Science Day for Peace and Development. October 18–21, 2022, Kyiv. P. 87-88.

7. Chernogor L. F., Garmash K. P., **Zhdanko Y. H.** Features of ionospheric effects from the partial solar eclipse over the city of Kharkiv on 10 June 2021. Proceedings of the International Conference “Astronomy and Space Physics in the Kyiv University” in part of the Science Day in Ukraine. May 23–26, 2023, Kyiv. P. 127-128.

8. Chernogor L. F., **Zhdanko Y. H.** Ionospheric perturbations that accompanied rocket launches from the Baikonur cosmodrome during solar cycle 24. Proceedings of the International Conference “Astronomy and Space Physics in the Kyiv University” in part of the Science Day in Ukraine. May 23–26, 2023, Kyiv. P. 128-130.

9. Chernogor L. F., **Zhdanko Y. H.** Effects of rocket launches in the ionosphere during geospace storms. Proceedings of the XIX International Scientific Conference Electronics and Applied Physics APHYS 2023. October 17–21, 2023, Kyiv. P. 105-107.

10. Chernogor L. F., **Zhdanko Y. H.**, Guo Q., Zheng Y., Wang J. Effects from the 23–24 April 2023 geospace storm over the People’s Republic of China. Proceedings of the International Conference “Astronomy and Space Physics in the Kyiv University” in part of the Science Day in Ukraine. May 28–31, 2024, Kyiv. P. 70-72.

11. Chernogor L. F., Pushin V. F., **Zhdanko Y. H.** The impact of ionospheric disturbances on decameter radio wave trajectories. Proceedings of the XX International Scientific Conference Electronics and Applied Physics APHYS 2024. October 22–25, 2024, Kyiv. P. 212-213.

8. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу оригінальності (перевірки наявності тестових запозичень виконано

в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що виявлені в роботі запозичення, є правомірними, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

9. Апробація результатів дисертації.

Представлені в роботі результати доповідалися на 3 міжнародних конференціях:

– 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) (Kyiv, Ukraine, 10–14 October 2022).

– Astronomy and Space Physics in the Kyiv University (Kyiv, Ukraine, 18–21 October 2022; 23–26 May 2023, 28–31 May 2024).

– XVIII International Conference “Electronics and Applied Physics” (APHYS) (Kyiv, Ukraine, 18–22 October 2022; 17–21 October 2023).

10. Оцінка структури, мови та стилю дисертації.

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступний для сприйняття. Дисертація написана науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає алгоритму здійсненого автором дослідження. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам відповідно постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 21.03.2022 року № 341), Наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України від 31.05.2019 року № 759).

11. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значущістю дисертаційна робота Жданка Є. Г. «Динамічні процеси в іоносферному радіоканалі: результати дистанційного радіозондування іоносфери» повністю відповідає спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

12. Результати обговорення та проведення презентації. Рекомендація дисертації до захисту.

Здобувач представив основні результати досліджень своєї дисертаційної роботи на розширеному засіданні кафедри космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (Витяг з протоколу № 12 від 16 червня 2025 року) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. Враховуючи високий рівень виконаних досліджень, а також актуальність теми роботи, наукову новизну результатів, їхнє наукове і практичне значення, на розширеному засіданні кафедри було одностайно ухвалене рішення про рекомендацію дисертації Жданка Є. Г. «Динамічні процеси в іоносферному радіоканалі: результати дистанційного радіозондування іоносфери» до захисту в спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Головуючий,

доктор фіз.-мат. наук, професор
кафедри космічної радіофізики

Віктор РОЗУМЕНКО