

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна
професору Валерію ЛІСОВСЬКОМУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.03 радіофізика), професора кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, старшого наукового співробітника Бердника Сергія Леонідовича на дисертаційну роботу **Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака»** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

У роботі в якості предмету дослідження обрано поширення електромагнітних полів у йонному циклотронному діапазоні частот і швидких магнітозвукових хвиль у холодній неоднорідній плазмі без зіткнень за останньою замкненою магнітною поверхнею; зміна характеру хвиль від таких, що поширюються (просторово осцилюють), до таких, що просторово загасають (чия амплітуда експоненційно зменшується з координатою при віддаленні від певної точки) залежно від параметрів плазми та від градієнтів цих параметрів; поширення електромагнітних сигналів у йонному циклотронному діапазоні частот поблизу Альфвенового резонансу за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

Тематика даного дослідження та здобуті результати становлять інтерес і для фундаментальної науки – фізики термоядерної плазми та математики звичайних диференціальних рівнянь; а також є актуальними для розуміння процесів за

останньою замкненою магнітною поверхнею токамака, що може допомогти підвищити ефективність роботи токамаків і досягти кращої ефективності протікання термоядерних реакцій у плазмі, що знаходиться в магнітному полі, у принципі. Тому можемо зробити висновок, що тема дослідження є актуальною та важливою, як з точки зору науки, так і з точки зору практичної діяльності людини у сфері термоядерної енергетики.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатку. Загальний обсяг роботи складає 127 сторінок, з них 97 сторінок основного тексту. Дисертація містить 22 рисунки та 5 таблиць. Список використаних джерел містить 86 найменувань.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету та основні задачі, об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результатів, описано методи, які були використані у дослідженні та особистий внесок здобувача.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан досліджень за обраною тематикою та зазначено їхні недоліки.

У другому розділі виведено умови визначення точок повороту компонент електромагнітного поля швидкої магнітозвукової хвилі.

У третьому розділі проведено числове моделювання здобутих співвідношень і проведено детальний аналіз результатів моделювання.

У четвертому розділі дисертаційної роботи здобуто просторовий розподіл полів електромагнітної хвилі в околі Альфвенового резонансу за останньою магнітною поверхнею токамака. Для отримання просторового розподілу використано метод вузького шару та інші асимптотичні методи.

У п'ятому розділі виведено дисперсійне співвідношення на основі здобутих у четвертому розділі співвідношень та проведено його числове моделювання.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Дисертація є заведеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про

присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

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

Дисертаційна робота має зв'язок з наступними науковими програмами:

- НДР 19-13-19 МОН України «Фізичні механізми взаємодії електромагнітного випромінювання та потоків заряджених частинок із компонентами плазмово-технологічних пристроїв». № ДР 0119U002526.
- НДР № 17-13-22 МОН України «Магнітні властивості мезоскопічних систем із внутрішніми ступенями вільності». № ДР 0122U001575.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено коректним використанням фундаментальних підходів і методів математичної фізики, методів чисельного моделювання та асимптотичних методів з теорії диференціальних рівнянь.

Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів забезпечується:

- використанням відомих та апробованих підходів до аналітичного розв'язання рівнянь Максвелла;
- використанням відомих та апробованих методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь;
- використанням відомих та апробованих асимптотичних методів;
- апробацією отриманих наукових результатів на 3 міжнародних та 4 всеукраїнських конференціях.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій, знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, серед яких: 2 публікації у

міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science; 7 праць у матеріалах і тезах конференцій. Додатково результати дисертації відображають 4 публікації у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science.

Дисертант отримав наступні наукові результати:

1. Уперше було отримано рівняння для знаходження точок повороту для швидкої магнітозвукової хвилі у наближенні холодної неоднорідної плазми без зіткнень у магнітному полі токамака на основі диференційного рівняння другого порядку з ненульовим коефіцієнтом при першій похідній.

2. Уперше було застосовано метод вузького шару для знаходження просторового розподілу електромагнітних полів зв'язаних швидкої та повільної мод у йонному циклотронному діапазоні частот у неоднорідній холодній плазмі без зіткнень у магнітному полі токамака поблизу Альфвенового резонансу за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

3. Уперше до отриманих рівнянь було застосовано чисельне обчислення з використанням реальних параметрів плазми токамака та отримано відповідні значення координат точок повороту компонент швидкої магнітозвукової хвилі, побудовано просторовий розподіл електромагнітного поля сигналу в йонному циклотронному діапазоні частот, локалізованого поблизу Альфвенового резонансу за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака, та знайдено власні частоти таких сигналів.

6. Дотримання академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

7. Практичне значення одержаних результатів

Вивчення положення точок повороту становить фундаментальний науковий інтерес, як для фізики плазми, так і для теорії диференціальних рівнянь. Запропонована у роботі методика дає можливість покращити точність у знаходженні точок повороту і при цьому не є надто складною для розуміння та впровадження в розрахунки на існуючих токамаках. Це, а також і вивчення власних електромагнітних сигналів у діапазоні йонної циклотронної частоти, локалізованих

поблизу Альфвенового резонансу за останньою магнітною поверхнею токамака, мають допомогти в аналізі процесів у розрідженій плазмі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака та відповідно підвищити ефективність нагрівання плазми та роботи токамаків у цілому.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Як на мій погляд, є певні аспекти, які в роботі здобувача залишилися або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні:

1. У роботі продемонстровано детальний вивід диференціальних рівнянь для знаходження компонент електромагнітного поля швидкої магнітозвукової хвилі, а перехід від цих рівнянь до умов знаходження точок повороту дуже стислий.

2. З тексту роботи не зрозуміло, чому в якості параметрів числового моделювання обрано параметри плазми, які характерні для токамака ASDEX Upgrade, а не іншого.

3. У розділі 5 дисертації пояснено, що є на вході числового моделювання, а що на виході. А у розділі 3 відповідні пояснення відсутні.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно та доступно викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе наукове завдання, яке полягає в дослідженні поширення електромагнітних сигналів в неоднорідній термоядерній плазмі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

Зміст дисертації засвідчує, що дисертація О. В. Труша являє самостійну завершену наукову працю, в якій представлено авторське розв'язання окреслених завдань. Висловлені автором гіпотези, висновки, узагальнення підтверджуються отриманими результатами дослідження.

Вважаю, що дисертаційна робота Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака» повністю відповідає вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 №40 (зі змінами, внесеними згідно з Наказом МОН України № 759 від 31.05.2019) «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» 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 (зі змінами, внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024), а її автор, Труш Олександр Вікторович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний рецензент,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
професор кафедри фізичної і біомедичної
електроніки та комплексних інформаційних
технологій факультету радіофізики, біомедичної
електроніки та комп'ютерних систем
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Сергій БЕРДНИК

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 18:15:57 06.08.2025

Назва файлу з підписом: Рецензія_Бердник-Труш.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 185.4 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія_Бердник-Труш.pdf
Розмір файлу без підпису: 190.7 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: БЕРДНИК СЕРГІЙ ЛЕОНІДОВИЧ
П.І.Б.: БЕРДНИК СЕРГІЙ ЛЕОНІДОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2857616877
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 18:15:58 06.08.2025
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000F00690138CD8705
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.04 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна
професору Валерію ЛІСОВСЬКОМУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.08 фізика плазми), доцента кафедри математичного моделювання та аналізу даних ННІ «Комп'ютерних наук та штучного інтелекту» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Спорова Олександра Євгеновича на дисертаційну роботу **Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака»** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Дисертаційна праця Труша О. В. присвячена теоретичному обґрунтуванню нового рішення наукового завдання, що спрямоване на дослідження поширення швидких магнітозвукових хвиль за останньою замкненою поверхнею токамака.

В сучасних умовах, коли для розвитку інноваційних галузей промисловості потрібні значні обсяги електроенергії, дослідження в фізиці термоядерної плазми для установок типу токамак є особливо актуальними, тим більше, коли розглядаються процеси в просторі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

Методи знаходження точок повороту електромагнітних хвиль, що наразі використовуються, дають неточні результати та не можуть бути застосовані для

довгих хвиль. Запропонований у роботі новий метод знаходження точок повороту дає можливість покращити точність при розгляді довгих хвиль і при цьому не є занадто складним для практичного використання. Тематика даного дослідження та здобуті результати становлять інтерес і для фундаментальної науки – фізики термоядерної плазми та математики звичайних диференціальних рівнянь; а також є актуальними для розуміння процесів за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака, що може допомогти підвищити ефективність роботи токамаків і досягти кращої ефективності протікання термоядерних реакцій у плазмі, що знаходиться в магнітному полі.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертація представляє собою самостійне, завершене та цілісне наукове дослідження. Текст роботи добре структурований, викладений професійною науковою мовою, відрізняється високим рівнем методологічної культури та науковим стилем мовлення. Робота складається з 5 розділів, кожен з яких має підрозділи, містить загальні висновки та висновки до кожного підрозділу. Висновки дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну проведених досліджень та логічно виходять із викладеного матеріалу, достатньо повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

Перелік використаної літератури включає 86 джерел, додатки містять список публікацій здобувача за темою дисертації. Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Дисертація написана науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає алгоритму, здійсненого автором дослідження.

Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу

Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

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

Дисертаційна робота Труша О. В. має зв'язок з наступними науковими програмами:

- НДР 19-13-19 МОН України «Фізичні механізми взаємодії електромагнітного випромінювання та потоків заряджених частинок із компонентами плазмово-технологічних пристроїв». № ДР 0119U002526.
- НДР № 17-13-22 МОН України «Магнітні властивості мезоскопічних систем із внутрішніми ступенями вільності». № ДР 0122U001575.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Висловлені положення та рекомендації відзначаються достовірністю. Детальне ознайомлення з текстом наукового дослідження і публікаціями О. В. Труша дозволяє стверджувати, що підхід дисертанта до аналізу предмета дослідження є фундаментальним й ґрунтовним. Дисертація має логічну структуру, яка дозволяє розкрити поставлені дослідницькі завдання та досягти поставленої мети. Робота О. В. Труша має чітку структуру дослідження, послідовність та аргументованість положень дисертації.

Методологічною основою дослідження є широкий спектр загальнонаукових та спеціальних підходів й методів наукового дослідження фізичних явищ. При написанні дисертації О. В. Труш застосував сучасні методи теоретичного дослідження, кількісні результати дослідження обчислені відповідними числовими методами, а аналіз отриманих даних представлено в узагальненні отриманих результатів та сформульовано у висновках.

Викладення матеріалу, професійно проведене обґрунтування висновків свідчить про глибокі фахові знання Труша О. В. стосовно питань, що вивчались в

дисертаційному дослідженні. Текст дисертації вдало доповнюється таблицями, графіками та формулами. Висновки та практичні рекомендації логічно виходять із викладеного матеріалу та достатньо повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Методологічною основою дослідження є широкий спектр загальнонаукових та спеціальних підходів й методів наукового осмислення фізичних явищ. При написанні дисертації О. В. Труш застосував сучасні методи теоретичного дослідження, кількісні результати дослідження обчислені відповідними числовими методами, а аналіз отриманих даних представлено в узагальненні отриманих результатів та сформульовано у висновках.

За змістом дисертація розкриває обрану тему, в цілому вирішує поставлену мету та завдання дослідження. Дисертація структурована відповідно плану. Стил викладення матеріалу відрізняється науковістю, логічністю, послідовністю.

У результаті проведеного дослідження сформульовано низку нових наукових теоретичних положень і висновків, запропонованих особисто здобувачем. Наукова новизна полягає в тому, що дана дисертація є комплексним дослідженням поширення швидких магнітозвукових хвиль за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

Запропонована у роботі методика дає можливість покращити точність у знаходженні точок повороту і при цьому не є надто складною для розуміння та впровадження в розрахунки на існуючих токамаках. Це, а також і вивчення власних електромагнітних сигналів у діапазоні йонної циклотронної частоти, локалізованих поблизу Альфвенового резонансу за останньою магнітною поверхнею токамака, мають допомогти в аналізі процесів у розрідженій плазмі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака та відповідно підвищити ефективність нагрівання плазми та роботи токамаків у цілому.

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

7. Практичне значення одержаних результатів

Дослідження залежності розташування точок повороту від параметрів системи, результати якого представлені в роботі, становить фундаментальний фізичний і математичний інтерес. Запропонована в роботі методика дає можливість покращити точність у знаходженні точок повороту і при цьому не є надто складною для впровадження в розрахунки для існуючих токамаків. Це, а також і вивчення власних електромагнітних сигналів у діапазоні йонної циклотронної частоти, локалізованих поблизу Альфвенового резонансу за останньою магнітною поверхнею токамака, мають допомогти провести більш детальний аналіз процесів у розрідженій плазмі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака та відповідно підвищити ефективність нагрівання плазми та роботи токамаків у цілому.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Загалом дисертація оформлена відповідно наказу №40 МОН України від 12.01.2017 року. Мета наукової роботи досягнута. Завдання виконані у повному обсязі. Принципових і суттєвих зауважень до роботи не виникло, всі розділи були оцінені позитивно.

При рецензуванні роботи виникли деякі запитання, які пропонується обговорити в рамках наукової дискусії:

1. У роботі наведені числові результати для конкретного пристрою – токамаку ASDEX Upgrade, а чи може бути застосовний наведений метод для

числової оцінки відповідних параметрів для інших установок типу токамак та стеларатор?

2. У роботі досліджувались швидкі магнітозвукові хвилі, а чи можуть бути застосовні отримані результати дослідження для інших хвиль у плазмі?

3. У новому методі визначення точок повороту хвилі в токамаці, що був запропонований у роботі, буда використана Декартова система координат. Обґрунтуйте, будь ласка, її вибір при дослідженні хвиль в токамаці, та чи не зміняться результати при використанні циліндричної або тороїдальної системи координат за рахунок геометричних доданків, що мають з'явитись при цьому в рівняннях.

4. При порівнянні числових результатів для точок повороту, що отримані за допомогою традиційного та нового, запропонованого автором підходу, не наведена точність числових розрахунків. Яка вона була та як узгоджується з отриманими результатами?

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Зміст дисертації засвідчує, що дисертація О. В. Труша являє самостійну завершену наукову працю, в якій представлено авторське розв'язання окреслених завдань. Висловлені автором гіпотези, висновки, узагальнення підтверджується отриманими результатами дослідження.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака» є завершеною самостійно виконаною науковою працею, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали. Дисертація відповідає вимогам 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 (редакція від

01.01.2024 р.). Дисертація оформлена згідно з вимогами Наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.).

Офіційний рецензент,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри математичного моделювання та
аналізу даних ННІ «Комп'ютерних наук та
штучного інтелекту» Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Олександр СПОРОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:50:18 06.08.2025

Назва файлу з підписом: Рецензія_Споров.pdf.p7s
Розмір файлу з підписом: 270.1 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія_Споров.pdf
Розмір файлу без підпису: 252.8 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: СПОРОВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ
П.І.Б.: СПОРОВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2550710653
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 14:50:18 06.08.2025
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000033F17B0138005C06
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)
Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.04 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна
професору Валерію ЛІСОВСЬКОМУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.08 фізика плазми), провідного наукового співробітника відділу теорії ядерного синтезу Інституту ядерних досліджень НАН України, старшого наукового співробітника Луценка Вадима Васильовича на дисертаційну роботу **Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака»** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Дисертаційна робота присвячена теоретичному обґрунтуванню нового рішення наукового завдання, спрямованого на дослідження поширення швидких магнітозвукових хвиль за останньою замкненою поверхнею токамака.

Вивчення швидких магнітозвукових хвиль у плазмі токамака, хвиль іонного циклотронного діапазону частот, локального Альфвенового резонансу, точок повороту для швидких магнітозвукових хвиль і розуміння процесів просторового розподілу електромагнітного поля різних частот за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака є важливим у контексті утримання термоядерної плазми в установках типу токамаків. Існуючі методи дають неточні результати. Тому запропонована у роботі методика дає можливість покращити точність у знаходженні точок повороту для довгих хвиль і при цьому не є надто складною для розуміння.

Вивчення вищезазначених напрямків є предметом активних досліджень,

оскільки покращення розуміння процесів у просторі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака може допомогти підвищити ефективність та довговічність роботи термоядерних установок типу токамаків.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертація представляє собою самостійне, завершене та цілісне наукове дослідження. Текст роботи добре структурований, викладений професійною науковою мовою, відрізняється високим рівнем методологічної культури та науковим стилем мовлення. анотацій українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Висновки дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну проведених досліджень та логічно виходять із викладеного матеріалу, достатньо повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

Перелік використаної літератури включає 86 джерел, додатки містять список публікацій здобувача за темою дисертації. Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Дисертація написана науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає алгоритму, здійсненого автором дослідження.

Дисертація є заведеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

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

Дисертаційна робота має зв'язок з наступними науковими програмами:

- НДР 19-13-19 МОН України «Фізичні механізми взаємодії електромагнітного випромінювання та потоків заряджених частинок із компонентами плазмово-технологічних пристроїв». № ДР 0119U002526.

- НДР № 17-13-22 МОН України «Магнітні властивості мезоскопічних систем із внутрішніми ступенями вільності». № ДР 0122U001575.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота має логічну структуру, яка дозволяє розкрити поставлені завдання та досягти поставленої мети. Робота має чітку структуру дослідження, послідовність та аргументованість положень дисертації. Висловлені положення та рекомендації відзначаються достовірністю.

У дисертаційному дослідженні використано сучасні методи теоретичного дослідження та числового моделювання. Аналіз отриманих даних представлено в узагальненні отриманих результатів та сформульовано у висновках. Текст дисертації доповнюється таблицями та графіками. Висновки логічно виходять із викладеного матеріалу та повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено коректним використанням фундаментальних підходів і методів математичної фізики, методів чисельного моделювання та асимптотичних методів з теорії диференціальних рівнянь. Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів забезпечується:

- використанням відомих та апробованих підходів до аналітичного розв'язання рівнянь Максвелла;
- використанням відомих та апробованих методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь;
- використанням відомих та апробованих асимптотичних методів.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Текст дисертації розкриває обрану тему, вирішує поставлену мету та завдання дослідження. Дисертація структурована відповідно плану. Стил викладення матеріалу відрізняється науковістю, логічністю, послідовністю.

У результаті проведеного дослідження сформульовано низку нових наукових теоретичних положень і висновків, запропонованих особисто здобувачем. Наукова новизна полягає в тому, що дана дисертація є комплексним дослідженням поширення швидких магнітозвукових хвиль за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

Запропонована у роботі методика дає можливість покращити точність у знаходженні точок повороту і при цьому не є надто складною для розуміння та впровадження в розрахунки на існуючих токамаках. Це, а також і вивчення власних електромагнітних сигналів у діапазоні йонної циклотронної частоти, локалізованих поблизу Альфвенового резонансу за останньою магнітною поверхнею токамака, мають допомогти в аналізі процесів у розрідженій плазмі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака та відповідно підвищити ефективність нагрівання плазми та роботи токамаків у цілому.

Деякі методи досліджень застосовано уперше. Наприклад, уперше було отримано рівняння для знаходження точок повороту для швидкої магнітозвукової хвилі у наближенні холодної неоднорідної плазми без зіткнень у магнітному полі токамака на основі диференційного рівняння другого порядку з ненульовим коефіцієнтом при першій похідній.

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

7. Практичне значення одержаних результатів

Утримання плазми у токамаках відбувається завдяки магнітному полю. Це підкреслює важливість вивчення швидких магнітозвукових хвиль у плазмі токамака, хвиль іонного циклотронного діапазону частот, локального Альфвенового резонансу, знати точки повороту для швидких магнітозвукових

хвиль і розуміти процеси просторового розподілу електромагнітного поля різних частот за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

Здобуті результати дозволяють покращити розуміння процесів у просторі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака, більш точно знаходити координати точок повороту для різних компонент електромагнітного поля сигналів, ніж за вже відомими співвідношеннями. Це може допомогти підвищити ефективність, наприклад, нагріву плазми; підвищити ефективність та довговічність роботи термоядерних установок типу токамаків.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Загалом дисертація оформлена відповідно наказу №40 МОН України від 12.01.2017 року. Мета наукової роботи досягнута. Завдання виконані у повному обсязі. Принципових і суттєвих зауважень до роботи не виникло, всі розділи були оцінені позитивно. Але деякі запитання, які пропонується обговорити в рамках наукової дискусії:

1. У роботі дано чітке означення терміну «точка повороту», яка розділяє область на дві, в одній хвиля поширюється, а в іншій просторово загасає, проте в роботі не вказано, де саме область поширення, а де саме область загасання?

2. Числове моделювання знаходження точок повороту виконане для невеликих значень тороїдного та полоїдного номерів мод хвилі, але в роботі не зазначено чому не розглянуті більші номери мод і як це може вплинути на результати.

3. У другій частині роботи розглянуто власні хвилі, які можуть бути збуджені за останньою замкненою поверхнею токамака та власні частоти таких хвиль, але причини виникнення таких хвиль детально не розглянуті.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою

магнітною поверхнею токамака», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науковому рівні доступно викладеним матеріалом.

Зміст дисертації засвідчує, що дисертація О. В. Труша являє самостійну завершену наукову працю, в якій представлено авторське розв'язання окреслених завдань. Висловлені автором гіпотези та висновки підтверджуються отриманими результатами дослідження.

Здобувач Труш Олександр Вікторович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Офіційний опонент,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник відділу теорії
ядерного синтезу Інституту ядерних досліджень
НАН України

Вадим ЛУЦЕНКО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 16:51:10 06.08.2025

Назва файлу з підписом: Відгук_Луценко_rev.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 898.9 КБ

Назва файлу без підпису: Відгук_Луценко_rev.pdf.zip
Розмір файлу без підпису: 925.4 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Луценко Вадим Васильович

П.І.Б.: Луценко Вадим Васильович

Країна: Україна

РНОКПП: 2227204135

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 15:24:28 06.08.2025

Сертифікат виданий: КНЕДП ДПС

Серійний номер: 3FAA9288358EC00304000000EFC430000815E400

Тип носія особистого ключа: Незахищений

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Підписані файли: Відгук_Луценко_rev.pdf

Версія від: 2025.07.03 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна
професору Валерію ЛІСОВСЬКОМУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.08 фізика плазми), заступника директора Інституту фізики плазми з наукової роботи Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут», професора Грекова Дмитра Леонідовича на дисертаційну роботу **Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака»** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Утримання плазми у токамаках відбувається завдяки магнітному полю. Це підкреслює важливість вивчення швидких магнітозвукових хвиль у плазмі токамака, хвиль іонного циклотронного діапазону частот, локального Альфвенового резонансу, знати точки повороту для швидких магнітозвукових хвиль і розуміти процеси просторового розподілу електромагнітного поля різних частот за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.

Вивчення вищезазначених напрямків є предметом активних досліджень, оскільки покращення розуміння процесів у просторі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака може допомогти підвищити ефективність та довговічність роботи термоядерних установок типу токамаків.

Вивчення точок повороту становить також фундаментальний фізичний і математичний інтерес, адже знаходження цих точок повороту для неоднорідної

плазми досі відбувається не напряму, а з умови, що визначає частоту відсічки в класичному випадку. Існуючі методи дають результати, що можуть бути уточнені. Тому запропонована у роботі методика дає можливість покращити точність у знаходженні точок повороту для довгих хвиль і при цьому не є надто складною для розуміння.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертація складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку.

У вступі дисертації обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету та завдання, об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, зазначено наукову новизну роботи і практичне значення здобутих результатів, описано методи, які були використані у дослідженні та особистий внесок здобувача.

У першому розділі проаналізовано сучасну та базову літературу з обраної тематики.

Другий розділ присвячено виведенню умов визначення точок повороту компонент електромагнітного поля швидкої магнітозвукової хвилі.

У третьому розділі проведено числове моделювання здобутих умов визначення точок повороту та проведено якісний аналіз здобутих результатів.

У четвертому розділі дисертаційної роботи здобуто просторовий розподіл полів електромагнітної хвилі в околі Альфвенового резонансу за останньою магнітною поверхнею токамака.

П'ятий розділ присвячено виведенню та числовому аналізу дисперсійного співвідношення на основі здобутого у четвертому розділі просторового розподілу полів електромагнітної хвилі.

Висновки дисертаційного дослідження підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Зміст, структура та оформлення дисертації відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від

12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

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

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі прикладної фізики та фізики плазми. Виконання дослідження пов'язане з двома науковими темами:

- НДР 19-13-19 МОН України «Фізичні механізми взаємодії електромагнітного випромінювання та потоків заряджених частинок із компонентами плазмово-технологічних пристроїв». № ДР 0119U002526.
- НДР № 17-13-22 МОН України «Магнітні властивості мезоскопічних систем із внутрішніми ступенями вільності». № ДР 0122U001575.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Підхід дисертанта до аналізу предмета дослідження є фундаментальним й ґрунтовним. Дисертація має логічну структуру, яка дозволяє розкрити поставлені дослідницькі завдання та досягти поставленої мети. Робота О. В. Труша має чітку структуру дослідження, послідовність та аргументованість положень дисертації. Висловлені положення та рекомендації є достовірними.

У дисертаційному дослідженні використано сучасні методи теоретичного дослідження, кількісні результати дослідження обчислені відповідними числовими методами, а аналіз отриманих даних представлено в узагальненні отриманих результатів та сформульовано у висновках. Текст дисертації доповнюється таблицями, графіками та формулами. Висновки та практичні рекомендації логічно виходять із викладеного матеріалу та повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено коректним використанням фундаментальних підходів і методів математичної фізики, методів чисельного моделювання та асимптотичних методів з теорії

диференційних рівнянь.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час наукових конференцій та відображаються в публікаціях у міжнародних виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць.

Новизна наукових результатів полягає у тому, що:

- уперше було отримано рівняння для знаходження точок повороту для швидкої магнітозвукової хвилі у наближенні холодної неоднорідної плазми без зіткнень у магнітному полі токамака на основі диференційного рівняння другого порядку з ненульовим коефіцієнтом при першій похідній;
- уперше було застосовано метод вузького шару для знаходження просторового розподілу електромагнітних полів зв'язаних швидкої та повільної мод у йонному циклотронному діапазоні частот у неоднорідній холодній плазмі без зіткнень у магнітному полі токамака поблизу Альфвенового резонансу за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака.
- уперше до отриманих рівнянь було застосовано чисельне обчислення з використанням реальних параметрів плазми токамака та отримано відповідні значення координат точок повороту компонент швидкої магнітозвукової хвилі, побудовано просторовий розподіл електромагнітного поля сигналу в йонному циклотронному діапазоні частот, локалізованого поблизу Альфвенового резонансу за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака, та знайдено власні частоти таких сигналів.

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць

здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

7. Практичне значення одержаних результатів

Здобуті результати дозволять покращити розуміння процесів у просторі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака, більш точно знаходити координати точок повороту для різних компонент електромагнітного поля сигналів, ніж за вже відомими співвідношеннями. Це може допомогти підвищити ефективність, наприклад, нагріву плазми; підвищити ефективність та довговічність роботи термоядерних установок типу токамаків.

Здобуті результати становлять інтерес не тільки з практичної точки зору, але й з фундаментальної – питання, які розглянуті у роботі, мають фундаментальний характер досліджень фізики термоядерної плазми та теорії звичайних диференціальних рівнянь другого порядку з ненульовим коефіцієнтом при першій похідній.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Загалом дисертація оформлена відповідно наказу №40 МОН України від 12.01.2017 року. Мета наукової роботи досягнута. Завдання виконані у повному обсязі. Але на мій погляд, є певні аспекти, які в роботі здобувача залишились або поза межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні:

1. Не зрозуміло звідки в першій частині роботи (розділи 2 та 3) береться хвиля. Чи є деь антена, яка збуджує цю хвилю у плазмі?

2. При роботі над дисертацією здобувач мав більш ретельно вивчити внесок українських авторів у розбудову електродинаміки плазми. Наприклад, тензор діелектричної проникливості в кінетичному наближенні було вперше виведено саме в Харкові К.М. Степановим.

3. В Розділі 3 при побудові рисунків наведено залежності «від оберненого

градієнта густини плазми». Насправді, оскільки довжина неоднорідності l є фіксованою, це є залежності від густини плазми. При чому не в напрямку її зростання, а в напрямку зменшення.

4. При отриманні просторового розподілу електромагнітного поля не враховано відбиття хвилі в точці повороту.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Труша Олександра Вікторовича «Теоретичне дослідження поширення швидкої магнітозвукової хвилі за останньою замкненою магнітною поверхнею токамака», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно та доступно викладеним матеріалом.

Зміст дисертації засвідчує, що дисертація О. В. Труша являє самостійну завершену наукову працю, в якій представлено авторське розв'язання окреслених завдань. Висловлені автором гіпотези, висновки, узагальнення підтверджуються отриманими результатами дослідження.

Здобувач Труш Олександр Вікторович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Офіційний опонент, доктор фізико-математичних

наук, професор,

заступник директора Інституту фізики плазми з

наукової роботи Національного наукового центру

«Харківський фізико-технічний інститут»

Дмитро ГРЕКОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 09:56:54 06.08.2025

Назва файлу з підписом: Відгук_Греков.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 273.9 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Відгук_Греков.pdf
Розмір файлу без підпису: 283.0 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ГРЕКОВ ДМИТРО ЛЕОНІДОВИЧ
П.І.Б.: ГРЕКОВ ДМИТРО ЛЕОНІДОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 1956100818
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 12:56:53 06.08.2025
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000FE94D901A8F07E06
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.04 13:00