

ЗАТВЕРДЖУЮ



заст. директора з наук.-техн.
роботи ІПФ НАН України

Валентин ХОМЕНКО

5 » травня 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 3

засідання відділу ядерно-фізичних досліджень №30

Інституту прикладної фізики НАН України

від 14 травня 2025р.

ГОЛОВУЮЧИЙ: директор Інституту прикладної фізики Національної академії наук України, доктор фізико-математичних наук, старший дослідник Лебедь О. А.

СЕКРЕТАР: науковий співробітник лабораторії №35 відділу №30 ІПФ НАН України, кандидат фізико-математичних наук Єрьомін С. О.

ПРИСУТНІ: наукові співробітники Інституту прикладної фізики НАН України: Лебедь О. А., директор Інституту, доктор фізико-математичних наук, старший дослідник; Пономарьов О. Г., зав. відділу, доктор фізико-математичних наук, професор; Харченко Д. О., зав. відділу, доктор фізико-математичних наук, професор; Кульментьєв О. І., доктор фізико-математичних наук, пров. науковий співробітник; Харченко В. О., доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник; Батурін В. А., заст. зав. відділу, зав. лабораторії, кандидат фізико-математичних наук, пров. науковий співробітник (**науковий керівник, співавтор**); Литвинов П. О., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник (**співавтор**); Бугай О. М., кандидат фізико-математичних наук, зав. сектору; Возний В. І., кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник;

Шірінян А. С., доктор фізико-математичних наук, доцент; Єрьомін С. О., кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник (**співавтор**), Колінько С. В., кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник; Лебединський С. О., голова ради молодих учених, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник; Ребров В. А., кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, Нагорний А. Г., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник; Нагорний Д. А., кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник; Денисенко В. Л., кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ: Обговорення наукової доповіді молодшого наукового співробітника відділу ядерно-фізичних досліджень №30 лабораторії №35 Інституту прикладної фізики НАН України Роєнка Олега Юрійовича за результатами написання дисертаційної роботи з теми «Джерела іонів металів та газів для задач імітаційних випробувань реакторних матеріалів» на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Тема кандидатської дисертації Роєнка О. Ю. була затверджена Вченою радою Інституту прикладної фізики Національної академії наук України (Протокол засідання №7 від 04 грудня 2014 р.). Уточнена тема дисертаційної роботи у редакції «Джерела іонів металів та газів для задач імітаційних випробувань реакторних матеріалів» була затверджена Вченою радою Інституту прикладної фізики Національної академії наук України (Протокол засідання №5 від 01 травня 2025 р.). **Науковим керівником** призначено провідного наукового співробітника Інституту прикладної фізики Національної академії наук України, кандидата фізико-математичних наук Батуріна В. А.

СЛУХАЛИ: наукову доповідь здобувача відділу ядерно-фізичних досліджень №30 лабораторії №35 Інституту прикладної фізики НАН України Роєнка Олега Юрійовича «Джерела іонів металів та газів для задач імітаційних

випробувань реакторних матеріалів» за матеріалами дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Роєнко О.Ю. виконав доповідь про основні положення дисертаційної роботи: її актуальність, наукову новизну та практичну цінність, зміст, можливість використання результатів дисертації.

ВИСТУПИЛИ:

Поставили запитання: Лебедь О. А., директор Інституту, доктор фізико-математичних наук, старший дослідник; Харченко Д. О., зав. відділу, доктор фізико-математичних наук, професор; Кульментьєв О. І., доктор фізико-математичних наук, пров. науковий співробітник; Возний В. І., кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник.

Науковий керівник: пров. науковий співробітник, заст. зав. відділу №30, зав. лабораторії №35 ІПФ НАН України, кандидат фізико-математичних наук Батурін В. А (*Виступ позитивний*)

Взяли участь у обговоренні роботи: старший дослідник, директор ІПФ НАН України, доктор фізико-математичних наук Лебедь О. А., зав. відділу, доктор фізико-математичних наук, професор Харченко Д. О., зав. сектору, кандидат фізико-математичних наук Бугай О. М. (*Виступи позитивні*)

УХВАЛИЛИ: На підставі виконаної експертизи дисертаційної роботи, доповіді здобувача, поставлених від присутніх запитань і отриманих відповідей, активного обговорення учасниками засідання основних положень дисертації та виступу наукового керівника прийняти такий висновок щодо дисертаційної роботи **Роєнка Олега Юрійовича** на тему «*Джерела іонів металів та газів для задач імітаційних випробувань реакторних матеріалів*»

ВИСНОВОК

щодо дисертаційної роботи **Роєнка Олега Юрійовича**

*«Джерела іонів металів та газів для задач імітаційних випробувань
реакторних матеріалів»*

1. Актуальність роботи та зв'язок з науковими програмами. Одним з найважливіших та найбільш перспективних джерел енергії в світі на даний час являються ядерні реактори. Вони здатні працювати досить тривалий термін, але постійне опромінення нейтронами призводить до деградації матеріалів, з яких зроблено конструктивні елементи реакторів. В їх структурі виникають різноманітні деструктивні процеси: зміщення атомів кристалічної решітки зі свого положення, збільшення крихкості, розпухання, зменшення корозійної стійкості та інше.

Зміщення атомів під дією бомбардуючих їх високоенергетичних частинок призводить до порушення структури металу, через що його міцність падає, деградує фізичні та хімічні властивості. Реакції трансмутації на швидких нейтронах з енергією $E_n \geq 0,1$ MeV призводять до накопичення в сплавах водню та гелію, які при достатній концентрації провокують негативні явища розпухання та підвищення крихкості в металах. Найбільш руйнівному впливу підлягають стінки реактора, які виготовляються із конструкційних сталей (в основі сплавів – залізо), а також корпуси паливних елементів, твелів, які прийнято виготовляти із цирконію.

Для того, щоб оцінити можливість використання будь-якого нового сплаву в конструкції ядерного реактора, проводять його спеціальні імітаційні випробування, суть яких полягає в опроміненні зразків матеріалу та подальшому вивченню зміни їх властивостей. Основні методи виконання таких випробувань: опромінення нейтронами в самому ядерному реакторі в спеціальних технологічних каналах, або опромінення високоенергетичними іонними пучками на іонних імплантерах чи прискорювачах частинок. Саме використання іонних пучків останнім часом викликає найбільший інтерес дослідників по всьому світу.

Може виникнути питання: чому в радіаційному матеріалознавстві основним інструментом є іонне опромінення, хоча під час експлуатації в реакторі матеріали піддаються нейтронному опроміненню? Принципової відмінності у дії нейтронного опромінення та іонних пучків на матеріали немає. В обох випадках первинним актом радіаційного пошкодження є зміщення атома кристалічної решітки матеріалу, що опромінюється, яке породжує каскад наступних зсувів інших атомів. Але, важкі іони мають перетин розсіювання на 5 – 6 порядків більше, ніж нейтрони. Їх використання дозволяє за кілька годин створювати в досліджуваних матеріалах радіаційні дефекти, які можуть бути досягнуті в ядерних реакторах протягом багатьох років.

Для різних реакторів швидкість набору дози опромінення складає приблизно 10 – 40 зна/рік, а для опромінення іонним пучком цей параметри більше приблизно на $\sim 10^5$. При цьому, після опромінення іонним пучком досліджувані матеріали не мають наведеної радіації і з ними відразу можна безпечно працювати. Також іонне опромінення відкриває можливості використовувати іони конкретних затребуваних елементів, наприклад, заліза чи цирконію, що дозволяє виконувати імітаційні дослідження максимально якісно.

Ключовим елементом прискорювальної установки для виконання таких робіт являється джерело іонів, здатне генерувати іони металів та газів. В фізиці приладів, елементів та систем, а також в фізиці пучків заряджених частинок такі пристрої відомі давно, але серед широкого спектру різноманітних типів джерел іонів кожен з них має свої особливості, якщо говорити про їх конкретне використання для імітаційних досліджень: недостатньо інтенсивний струм іонів, неефективні методи отримання плазми, значний енергетичний розкид згенерованих іонів, складна система подачі робочого матеріалу в розрядну камеру, коштовна система живлення тощо. Також, іонне джерело часто має строго задовольняти технічним параметрам конкретного прискорювального комплексу, а значить – мати свої унікальні робочі характеристики та нюанси в

конструкції та механізмах роботи.

Виходячи із сказаного, розробка джерел іонів металів та газів для імітаційних випробувань є актуальною задачею, яка покликана допомогти в вирішенні сучасних проблем в області науки і техніки, включаючи питання імітаційних випробувань реакторних матеріалів. Створення іонних джерел та умов для проведення імітаційних досліджень є особливо важливим для України, так як всі ядерні реактори на її території будувалися достатньо давно і потребують постійної модернізації з використанням сучасних матеріалів. В країні регулярно проводяться роботи по подовженню граничних строків експлуатації реакторного обладнання, планується будівництво нових енергетичних об'єктів, тому проведення імітаційних досліджень реакторних матеріалів може суттєво допомогти в вирішенні багатьох супутніх питань при виконанні цих робіт.

В перспективі, створення приладів для проведення таких експериментів відкриває широкі можливості не лише для вітчизняної науки та енергетики, а й для співробітництва з іншими розвиненими країнами світу. Саме тому, розробка іонних джерел для проведення досліджень в галузі радіаційного матеріалознавства в Україні затребувана та актуальна задача.

Враховуючі викладене вище можна зробити висновок, що тема дисертаційної роботи Роєнка О.Ю., в якій розкривається розробка іонних джерел металів та газів для виконання задач по імітаційним дослідженням реакторних матеріалів, є актуальною.

Мета роботи: Метою роботи було створення джерел іонів металів та газів з розрядом типу Пеннінга, дослідження їх основних емісійних характеристик, перевірка ефективності запропонованих елементів новизни в фізиці цих приладів, а також обґрунтування можливості проведення на базі обладнання ІПФ НАН України імітаційних досліджень реакторних матеріалів шляхом опромінення зразків таких матеріалів інтенсивними пучками іонів енергією 300 кеВ та аналіз отриманого результату.

Задачі дослідження:

- 1) виконати попередні розрахунки компонентів іонних джерел, підібрати оптимальну конфігурацію магнітного поля для забезпечення процесу горіння розряду та екстракції іонів з джерел;
- 2) виконати комп'ютерне моделювання та виготовлення іонно-оптичної системи, яка б дозволила здійснювати екстракцію, первинне формування та фокусування пучка іонів з досліджуваних джерел;
- 3) провести стендові випробування розроблених приладів, визначити їх емісійні характеристики та такі основні параметри, як: робочий струм та напруга на розряді, величина отриманого струму іонів металів, залежність іонного струму від потужності розряду, напуску газу, напруги екстракції, склад пучка по масам та зарядності іонів;
- 4) теоретично обґрунтувати та реалізувати в експерименті оригінальну ідею термалізації розпилених в розряді атомів робочого матеріалу, перевірити на практиці можливість значного росту ефективності іонізації робочого середовища розрядної камери при використанні цього механізму.
- 5) перевірити експериментально запропоновані ідеї створення тандемного розряду, що складається з інверсного газомagnetрона та розрядної комірки Пеннінга, а також використання розпилювальних вставок в схемах представлених джерел в вигляді полюсних наконечників магнітопроводу.

Об'єкт досліджень: Процес отримання іонів металів, формування іонного пучка та його використання для опромінення реакторних матеріалів на базі іонного імплантера Інституту прикладної фізики НАН України.

Предмет дослідження: Іонні пучки металів та газів, що мають в своєму складі іони різної маси та зарядового стану, отримані емісією іонів з розпилювальних джерел Пеннінгського типу з тліючим розрядом низького тиску та низької робочої напруги з використанням іонно-оптичної системи аксіально-симетричного типу.

Методи дослідження: Для виконання поставлених задач було використано такі методи: комп'ютерне моделювання іонно-оптичної системи та магнітної системи джерел іонів для визначення оптимальних умов для генерації іонів та формування і транспортування їх пучків в вакуумній системі; теоретичні розрахунки параметрів розрядної комірки типу Пеннінга та ефективності термалізації розпилених в розряді атомів на гарячій поверхні аноду Пеннінга; методи вимірювання робочих струмів та іонного струму джерел з використанням циліндра Фарадея та поясів Роговського; метод мас-сепарації для вивчення структури іонного пучка за масовими фракціями та зарядовими станами; метод диференційного тиску для вимірювання потоку робочого газу; числові методи для вивчення траєкторій заряджених частинок в електромагнітних полях та їх проходження в речовині; обробку та аналіз отриманих експериментально результатів.

Дисертація виконана на експериментальній базі Інституту прикладної фізики Національної академії наук України. Представлені експериментальні результати та дослідження є частиною науково-дослідних робіт та були одержані під час виконання наступних тем: «Підвищення параметрів прискорювачів іонів металів для проведення імітаційних досліджень реакторних матеріалів» (термін виконання 2018 р, № держреєстрації 0118U002292), «Розробка конструкції і виготовлення джерела іонів берилію і його впровадження в прискорювач МВР-202» (термін виконання 2020-2022 рр., № держреєстрації 0121U100212), «Розробка високоефективного інжектора іонів берилію, його впровадження в іонний імплантер та відпрацювання технології інфрачервоних фотоприймачів для систем наведення» (термін виконання 2021-2022 рр., № держреєстрації 0121U111398), «Генерації та формування багатозарядних інтенсивних пучків газових та металевих іонів для іонних прискорювачів, прискорювачів медичного призначення та імітаційних експериментів на пучках важких іонів» (термін виконання 01.17-12.19, № держреєстрації 0116U005845), «Розробка проекту модернізації іонно-імплантера для серійного виробництва інфрачервоних фотоприймачів

для головок самонаведення» (термін виконання 2024 р., № держреєстрації 0124U002661).

Здобувач приймав участь в даних програмах в якості виконавця та відповідального виконавця.

2. Формулювання наукового завдання, розв’язання якого отримано у дисертації. Дисертаційна робота **Росенка Олега Юрійовича** *присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання* – розробці іонного джерела металів та газів оптимальної конструкції, яке б підходило для вирішення широкого спектру задач при роботі на прискорювачах заряджених частинок, в першу чергу, для виконання імітаційних випробувань реакторних матеріалів.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна. Наукова новизна отриманих результатів проведеної роботи полягає в наступному:

- 1) Вперше запропоновано, теоретично оцінено та досліджено експериментально механізм термалізації атомів робочого матеріалу розпилювальних вставок в розряді. Показано, що зменшення енергії, а відповідно, і швидкості руху розпиленних атомів в плазмі шляхом термалізації на гарячій поверхні аноду розрядної комірки збільшує вірогідність їх іонізації практично на порядок і дає приріст іонного струму металеві фракції з 12% до 36% від загального струму пучка;
- 2) Вперше розроблено конструкцію іонного джерела з тандемним розрядом, що складається з газомagnetрона та класичної комірки типу Пеннінга, в якому тиск робочого газу в емісійній області розрядної камери, звідки відбувається відбір іонів для формування пучка, майже на 2 порядки менший, ніж в магнетроні. Зменшення газового навантаження створює більш сприятливі умови для подальшої інжекції сформованого пучка в прискорювальні структури;
- 3) Вперше запропоновано та показано ефективність реалізації розпилювальних вставок з магнітних матеріалів в іонному джерелі в

вигляді полюсних наконечників магнітної системи пристрою. Завдяки цьому, досягнута можливість використання розпилювальних вставок з магнітних матеріалів, розміщених в розрядній камері, без внесення погрешностей в конфігурацію магнітного поля джерела, і відповідно, без порушення процесу горіння плазми.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Достовірність наукових положень, результатів і висновків представленої дисертації забезпечена коректним використанням широкого набору сучасних взаємодоповнюючих загально визнаних методів дослідження, відповідністю отриманих результатів теоретичним положенням та емпіричним даним, наявним у тематичній науковій літературі.

5. Наукове та практичне значення роботи. В створених іонних джерелах впроваджені оригінальні наукові ідеї, реалізація яких дає змогу підвищити загальну ефективність роботи іонних джерел з розрядом типу Пеннінга.

Використання в приладах запропонованого в роботі механізму термалізації розпилених атомів металевих вставок дає змогу збільшити вихід іонів металів на $\sim 24\%$. Результат досягається мінімальним втручанням в схему розрядної камери і не потребує значних технічних зусиль. Даний механізм може бути реалізовано в джерелах такого типу в різноманітних сферах використання, де потребується збільшення струму пучка іонів при мінімальних затратах часу та матеріальних ресурсів.

Завдяки впровадженому в інтенсивному джерелі тандемному розряду, що складається з інверсного газомантерона та класичної комірки Пеннінга вдалося досягти стабільного функціонування розрядної камери при низькому тиску робочого газу, при цьому в області формування плазмового меніску створюються оптимальні вакуумні умови для подальшої роботи з екстрагованим пучком.

Показано експериментально метод використання феромагнітних

розпилювальних вставок в конструкції джерел розпилювального типу таким чином, щоб їх присутність в області розряду не порушувала оптимальної конфігурації магнітного поля. Це вирішує проблему джерел такого класу, коли присутність феромагнітних матеріалів в розрядній камері негативно впливає на стабільність роботи системи.

Розроблені прилади, а також окремо моделювання та розрахунки іонно-оптичної системи, розрядної комірки, магнітного поля джерел можуть бути використані в інших лабораторіях та наукових установах для підвищення їх дослідницького потенціалу та підвищення ефективності роботи існуючого обладнання.

Використовуючи створені іонні джерела, проведено напрацювання радіаційно індукованих дефектів на зразках різних матеріалів. Роботи виконувалися для Харківського фізико-технічного інституту (ННЦ ХФТІ), Інституту ядерної енергії Китаю (Nuclear Power Institute of China, NPIC), що сприяло можливості проведення в Україні імітаційних досліджень та міжнародному партнерству в науковій сфері.

6. Використання результатів роботи. Результати дисертаційного дослідження Роєнка О.Ю. використані у заключних звітах з НДР, у яких здобувач був виконавцем. Особливо важливо відмітити, що обидва представлені в роботі джерела іонів металів та газів були впроваджені в практичну роботу. Компактне джерело використовується для вирішення прикладних задач в Інституті фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України на імплантері BALZERS MBP-202, де відбулося його офіційне впровадження в роботу, що підтверджено відповідними документами. Інтенсивне джерело впроваджено в роботу в Інституті прикладної фізики НАН України і активно використовується для виконання різних науково-прикладних задач.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок автора в них. Представлені в дисертаційній роботі публікації опубліковані в 16 наукових працях, з них 5 – статті в періодичних

фахових виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України, індексуються національними та міжнародними наукометричними базами (Scopus, Web of Science Core Collection та інші), та 11 – тези доповідей на конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати

1. Термалізація і іонізація атомів металів робочого середовища в металічному іонно-розпилювальному джерелі / В.А. Батурін, П.А. Литвинов, С.А. Пустовойтов, **О.Ю. Роєнко** // Питання атомної науки і техніки. – 2021, Т. 1366 № 6. – С. 99-102.

2. IAP triple-beam facility for simulation studies of radiation damage of materials / Baturin V.A., Yeryomin S.A., Litvinov P.A., Pustovoitov S.A., **Roenko O.Yu.**, Storizhko V.E. // Problems of Atomic Science and Technology. – 2022. – Vol. 139, No. 3. – P. 48 – 51.

3. Розробка інжектора іонів берилію для технологічної установки з виготовлення інфрачервоних фотоприймачів для систем наведення / Батурін В.А., Литвинов П.А., Пустовойтов С.А., **Роєнко О.Ю.** // Озброєння та військова техніка. – 2022. – Т. 36, № 4. – С. 79-85.

4. Експериментальний стенд для вивчення джерел позитивних та негативних іонів / В.А. Батурін, **О.Ю. Роєнко**, О.Ю. Карпенко, П.О. Литвинов // J. NANO-ELECTRON. PHYS. – 2024. – Т. 16, № 4. – С. 04035 (5с).

5. Джерело іонів металів та газів для іонно-променевих технологічних установок / В.А. Батурін, П.А. Литвинов, **О.Ю. Роєнко**, С.О. Єрємін // Питання атомної науки і техніки. – 2024. – Т. 153, № 5. – С. 54-58.

Наукові праці апробаційного характеру за темою дисертаційної роботи

6. Исследование возможности получения ионов тугоплавких металлов из распылительного источника для имитационных исследований радиационной стойкости материалов / П.А. Литвинов, В.А. Батурин, С.А. Пустовойтов, **О.Ю. Роєнко** // XVI конференция по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям, тезисы докладов. – Харьков, 20.03.18 –

23.03.18. - Харьков, Украина, 2017. – С.84.

7. Источник ионов вольфрама / П.А. Литвинов, В.А. Батурин, С.А. Пустовойтов, **О.Ю. Роенко** // XVII конференция по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям, тезисы докладов. – Харьков, 26-29 марта 2019. – Харьков, Украина, 2019. – С. 89.

8. Источник положительных газовых ионов на основе пеннинговского разряда с полым катодом и газомagnetронным поджигом / П.А Литвинов, В.А. Батурин, С.А. Пустовойтов, **О.Ю. Роенко** // XVIII конференция по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям, тезисы докладов. – Харьков, 24-27 марта 2020. – Харьков, Украина, 2020. – С. 66.

9. Термалізація атомів металів робочого середовища в розпилювальному джерелі металевих іонів / В.А. Батурін, П.О. Литвинов, С.О. Пустовойтов, **О.Ю. Роенко** // XXVII Международная конференция по ускорителям заряженных частиц тезисы докладов. – Харьков, 21-24 сентября 2021. – Харьков, Украина, 2021. – С. 35.

10. Розпорошувальне джерело іонів металів / Батурін В. А., Литвинов П. О., Пустовойтов С. О., Карпенко О. Ю., **Роенко О. Ю.** // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, молодих учених, науково-педагогічних працівників та фахівців з міжнародною участю, присвяченої 30-річчю незалежності України. – Суми, 12-14 квітня 2021 р. – Суми: СумДПУ, 2021. – С. 10-11.

11. Універсальний іонний інжектор для іонно-променевих технологічних установок / П.О. Литвинов, В.А. Батурін, С.О. Єрьомін, **О.Ю. Роенко** // XXI конференція з фізики високих енергій і ядерної фізики. – Харків, 22-24 березня 2023. – Харків, Україна, 2023. – С. 76.

12. Компактне джерело іонів металів для імплантерної техніки / Батурін В. А., Литвинов П. О., **Роенко О. Ю.** // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. –

Суми, 24-26 жовтня 2022 р. – Суми: ПФ НАН України, 2022. – С.11-13.

13. Високоєфективне джерело іонів для іонної імплантації та імітаційних досліджень радіаційних пошкоджень реакторних матеріалів / П. О. Литвинов, В. А. Батурін, **О. Ю. Роєнко** // XXIX щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН України. – Київ, 26 - 30 вересня, 2022 р. – Київ, Україна, 2022. – С.140-141.

14. Експериментальні дослідження параметрів іонного пучка компактного джерела іонів металів для імплантерної техніки / **Роєнко О. Ю.**, Литвинов П. О., Батурін В. А. // Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Суми, 10-12 квітня 2023 р. – Суми, Україна, 2023. – С. 74-76.

15. Розпилювальне джерело негативних іонів вуглецю / П.О. Литвинов, В.А. Батурін, О.Ю. Роєнко // XXII конференція з фізики високих енергій та ядерної фізики. – Харків, 26-29 березня 2024 р. – Харків, Україна, 2024. – С. 58.

16. Experimental setup for ion beam radiation studies of reactor materials / V.A. Baturin, P.O. Litvinov, O.Yu. Karpenko, S.O. Yeromin, O.Yu. Roenko // XXI Міжнародна конференція з фізики радіаційних явищ і радіаційного матеріалознавства. – Харків, 23–25 вересня 2024 р. – Харків, Україна, 2024. – С. 137–138.

В роботі [1] дисертант зробив свій вклад, приймаючи участь в підготовці конструкції джерела для вимірювання температури поверхні аноду Пеннінга, проведенні необхідної серії експериментів. Автором було оброблено отримані результати, підготовлено їх для використання в публікації.

В роботі [2] автор виконував обробку та підготовку теоретичної інформації з теми напрацювання імітаційних дефектів методом опромінення зразків іонами, підготував деякі ілюстрації, приймав участь в моделюванні проходження пучка іонів через іонопровід.

В роботах [3,5] автором виконувалася експериментальна частина

поставленої задачі, тобто підготовка установки та іонного джерела до проведення експериментів, їх запуск з розпилювальними вставками із різних матеріалів та вимірювання струмів іонів металів. Також автором створені графічні матеріали для статті в вигляді графіків для наглядної подачі результатів експериментів.

Здобувачем особисто підготовлена робота [4], виконано попередній аналіз літератури по темі, збір існуючих даних, необхідних для публікації, їх підготовка до використання в роботі.

На підставі вивчення тексту дисертаційної роботи Росенка О.Ю. та його автореферату, наукових праць здобувача та висновку про наявність запозичень з інших документів (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com, довідка та експертний висновок про оригінальність роботи додається) встановлено, що дисертаційна робота виконана ним самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

8. Особистий внесок дисертанта полягає в самостійному пошуку та аналізі літературних джерел, які стосуються теорії та проведення експериментів по темі дисертаційної роботи. Дисертант особисто виконував моделювання різних конфігурацій магнітної системи іонних джерел з метою вибору оптимального варіанту, здатного забезпечити стабільне горіння розряду та витягування іонів з плазми, створення 3D моделей об'єктів для використання в публікаціях з теми роботи. Було прийнято безпосередню участь в проведенні більшості експериментів з створеними іонними джерелами, перевірку їх працездатності, оптимізації параметрів системи живлення, охолодження для забезпечення стабільної роботи приладів. Також дисертантом зроблено значний вклад в інтерпретацію та опрацювання отриманих експериментальних результатів.

9. Апробація результатів дисертації. Результати роботи, використані в дисертаційній роботі, були представлені та опубліковані на таких наукових конференціях, школах та конкурсах: сучасні проблеми експериментальної,

теоретичної фізики та методики навчання фізики, матеріали VII, VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Суми, 2014-2024), Trans-European School of High Energy Physics (Svityaz, Volyn region, 2019), XVI, XVII, XVIII, XXI конференції з фізики високих енергій, ядерної фізики та прискорювачів (Харків, 2018-2024), XXVII Міжнародна конференція по прискорювачам заряджених частинок (Харків, 2021), Конкурс молодих учених ІПФ НАН України на здобуття стипендії Президента України (2022), XXIX щорічна наукова конференція Інституту ядерних досліджень НАН України (Київ, 2022).

10. Оцінка мови та стилю дисертації й автореферату. Дисертація написана чіткою мовою з дотриманням прийнятого наукового стилю. Структура дисертації логічна, викладена у формі, доступній для сприйняття, гарно розкриває виконані автором дослідження. Зміст, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року, зі змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів № 656 від 19 серпня 2015 року та № 1159 від 30 грудня 2015 року).

11. Характеристика наукової діяльності дисертанта. Автор дисертаційної роботи Роєнко О.Ю. в період виконання наукових досліджень за темою дисертації показав себе висококваліфікованим і досвідченим фахівцем в своїй сфері, здатним самостійно поставити наукову задачу, визначити шляхи її виконання, провести теоретичні та експериментальні пошуки, проаналізувати їх результат і науково обґрунтувати одержані дані, а також представити їх в відповідних публікаціях та на конференціях.

12. Рекомендація дисертації до захисту. Дисертаційна робота Роєнка Олега Юрійовича виконана на високому науковому рівні, являється цілісним науковим дослідженням, яке відповідає діючим вимогам чинного законодавства України, а саме: постанови Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів»; від 23 вересня 2019 року № 1220 «Про опублікування результатів

дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 8 жовтня 2019 р. за № 1086/34057, у разі, якщо підготовка здобувача розпочата у період з 6 вересня 2014 року до 1 вересня 2016 року; від 14 вересня 2011 року № 1059 «Деякі питання присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 8 жовтня 2019 р. за № 1086/34057, у разі, якщо підготовка здобувача розпочата у період з 6 вересня 2014 року до 1 вересня 2016 року; від 14 вересня 2011 року № 1059 «Деякі питання присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 10 жовтня 2011 р. за № 1169/19907.

Враховуючи, що дослідження проведено на високому рівні, має актуальність та новизну, а отримані результати відрізняються високою практичною цінністю, те, що розроблені по результатам роботи прилади вже впроваджено в реальну роботу, а також відповідність дисертації спеціальності 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем, відділ ядерно-фізичних досліджень №30 Інституту прикладної фізики НАН України рекомендує дисертаційну роботу **Росенка О.Ю.** *«Джерела іонів металів та газів для задач імітаційних випробувань реакторних матеріалів»* до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Результати відкритого голосування:

Присутні 17 осіб;

«За» 17; «Проти» немає; «Утримались» немає.

Голова засідання,

директор ІПФ НАН України

д.ф.-м.н., старший дослідник

Олександр ЛЕБЕДЬ

Секретар засідання,

кандидат фіз.-мат. наук, н.с.

Сергій ЄРЬОМІН