

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Дрозденка Михайла Олександровича «Формування електронного пучка в рентгенівських методах дослідження», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.20 – фізика пучків заряджених частинок

### **Актуальність обраної теми**

Дисертаційна робота Дрозденка М.О. присвячена експериментальному та теоретичному дослідженню систем, які використовують електронні пучки для створення рентгенівського випромінювання. Основна увага в дисертаційній роботі приділена створенню експериментальної установки для проведення рентгенівських досліджень, яка за своїми параметрами не поступається кращим світовим аналогам. Такі джерела рентгенівського випромінювання мають широке коло застосувань, у тому числі, для проведення рентгенфлуоресцентного аналізу, завдяки якому можна з високою точністю визначити якісний та кількісний склад речовини. Незважаючи на достатньо тривалий час дослідження таких систем, сьогодні відбувається їх бурхливий розвиток. Це пов'язано з пошуком компактних та недорогих джерел рентгенівського випромінювання, систем з кращими характеристиками, використанням новітніх досягнень у області рентгенівської оптики, в тому числі рентгенівської полікапілярної оптики. Рентгенівське випромінювання у таких системах визначається параметрами електронного пучка. Тому дослідження процесів формування електронних пучків, які здатні створювати якісне рентгенівське випромінювання, створення експериментальної установки, проведення рентгенівських досліджень є задачами важливими та актуальними.

Актуальність тематики проведених досліджень у дисертації також підтверджується тим, що вона є складовою частиною ряду держбюджетних науково-дослідних робіт, які виконувалися Інститутом прикладної фізики НАН України.

### **Основні положення та висновки роботи, їх новизна, обґрунтованість та достовірність**

Обґрунтованість наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі Дрозденка М.О., базується: на застосуванні добре апробованих методів розрахунків для систем електронної оптики; збігу теоретичних та експериментальних результатів, які отримані на створеній автором установці; на узгодженні у граничних випадках частини результатів дисертаційної роботи з результатами, отриманими іншими авторами. Усе це дає підставу вважати результати, які отримані у дисертаційній роботі, достовірними.

До найбільш важливих та нових результатів слід віднести такі:

1) уперше запропоновано та експериментально реалізовано триелектродне джерело електронів на основі площинного вольфрам-ренієвого катоду непрямого розжарювання, у якому на відміну від раніш відомих джерел є можливість змінювати геометрію розташування електродів;

2) уперше з метою отримання джерела рентгенівського випромінювання з високою яскравістю та за умови максимізації часу життя площинного вольфрам-



ренієвого катоду непрямого розжарювання теоретично знайдені та експериментально підтвержені оптимальні параметри розміщення електродів катодного вузла для формування електронного пучка;

3) запропоновано модель рентгенівського спектрометра з вторинною мішенню, яка має значно вищі аналітичні характеристики завдяки розміщення полікапілярних рентгенівських лінз на шляху проходження рентгенівських променів.

### **Значущість роботи для науки і практики**

На основі розрахованої та змодельованої електронно-оптичної схеми в Інституті прикладної фізики НАН України, м. Суми створено багатоцільову лабораторну установку для реалізації методів рентгенфлуоресцентного аналізу та рентгенівської радіографії на рівні світових стандартів, з можливістю проведення рентгенфлуоресцентного аналізу як в атмосферних умовах, так і у вакуумі. Розроблені автором методики формування електронного пучка для створення рентгенівських аналізаторів можуть бути використані для розрахунків інших подібних пристроїв. Модель рентгенівського спектрометра, яка була запропонована у дисертаційній роботі, з використанням рентгенівської полікапілярної оптики має більш високі характеристики порівняно з раніш відомими.

### **Зауваження щодо змісту дисертації**

- 1) У параграфі 2.1 розділу 2 проведено теоретичний розрахунок інтенсивності рентгенівського випромінювання, яке нормоване на один електрон електронного пучка. Отримані результати потім порівнюються з теоретичними та експериментальними, які знайдені іншими авторами (таблиця 2.1). З порівняння випливає, що теоретичні результати інших авторів краще узгоджуються з експериментальними ніж з результатами, які отримані в дисертації. Не зрозуміло, який сенс було наводити у дисертаційній роботі такий теоретичний розрахунок, коли існує інший, що співпадає з експериментальними даними краще.
- 2) Одним із завдань дисертаційної роботи було отримати на поверхні мішені електронний пучок діаметром до 50 мкм та силою електричного струму 1 мА. В дисертаційній роботі експериментально розмір сфокусованого електронного пучка визначався за діаметром отвору на мішені, порівнюючи дію пучка на мішень з лазерним променем. З того, що діаметр отвору, який утворює електронний пучок на металевій пластинці товщиною 1 мм, дорівнює 1,5 мм робиться висновок, що діаметр пучка коливається від 10 мкм до 65 мкм. Чому це так, чіткого пояснення у тексті дисертації не надається.
- 3) У дисертації наведена формула Річардсона-Дешмана (2.14), а потім вона табулюється у таблиці 2.2. Аналогічна ситуація з даними таблиць 2.3, 2.4. Вважаю, що таке дублювання інформації є зайвим.
- 4) У дисертаційній роботі відсутній список умовних позначень. Разом з цим використовується велика кількість скорочень, які, на жаль, не всі пояснюються. Наприклад, ПМІ-2 на стор. 49. Не всі позначення у формулах розшифровуються. Наприклад, позначення у формулах (2.16)-(2.19) не пояснені. Частина величин подається без одиниць вимірювання, наприклад, константа  $A$  на стор. 44, величина  $d$  у таблиці 2.3 та 2.4, усі величини у таблиці 2.8 і так далі. У тексті використовуються як базові деякі співвідношення і не



описано звідки ці формули були взяті. Наприклад, формула (2.3), (3.1) та інші. В дисертаційній роботі використовуються незрозумілі вирази типу «електронного пучка, що погано відлазиться» (стор. 46), «роботи циліни» (стор. 63, 64). У тексті дисертації векторні величини не відрізняються від відповідних скалярних величин, наприклад, формули на стор. 67-70. У тексті дисертації є невірні посилання на рисунки, наприклад на стор. 73. На рисунку 2.32 цифрами позначені позиції елементів оптичної схеми, а їх розшифровка у дисертації відсутня. На рис. 3.8 наведені чорно білі спектри, а їх описують як кольорові. Такі помилки роблять текст дисертації досить важким для сприймання.

- 5) Більшість висновків до окремих розділів подаються як анотації, а не як висновки.

#### **Відповідність встановленим вимогам до кандидатських дисертацій**

Перераховані недоліки, хоча і знижують загальне враження від дисертації, проте вони не торкаються основних положень та результатів, що виносяться на захист. Результати дисертації викладені у 10 наукових працях, з них 4 статті опубліковані у фахових вітчизняних та іноземних наукових журналах, 1 патент України на корисну модель, 1 частина розділу монографії, 4 праці опубліковані як тези у збірниках наукових праць міжнародних конференцій. Аналіз публікацій дає підставу стверджувати, що всі основні положення дисертації є у повній мірі опублікованими й апробованими на вітчизняних і міжнародних конференціях. Зміст автореферату повністю відображає дисертаційну роботу. Структура дисертації та автореферату в повній мірі відповідають вимогам, яким повинні задовольняти кандидатські дисертаційні роботи.

На підставі викладеного вище можна стверджувати, що робота Дрозденка Михайла Олександровича «Формування електронного пучка в рентгенівських методах дослідження» за актуальністю, ступенем новизни, значимістю для науки і практики, а також за структурою і об'ємом відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.20 – фізика пучків заряджених частинок.

Завідувач кафедри прикладної математики  
та моделювання складних систем  
Сумського державного університету,  
доктор фізико-математичних наук, професор

 О.В. Лисенко

Підпис завідувача кафедри ПМтаМСС  
д.ф.-м. н., професора Лисенка О.В. засвідчую,  
Вчений секретар СумДУ



 А.І. Рубан