

# ВІДГУК

офіційного опонента Черногора Леоніда Феоктистовича  
на дисертаційну роботу Єгорова Сергія Анатолійовича  
«Компенсація спотворень при вимірюванні параметрів атомно-емісійних  
спектрів, зареєстрованих багатоелементними оптичними сенсорами»,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань  
10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

## 1. Актуальність дослідження та зв'язок з науковими програмами

Питання взаємодії випромінювання різних довжин хвиль, від радіо- до рентгенівського діапазону, з матерією в різноманітних її станах є однією з найбільш важливих проблем науки і техніки та однією з основ вимірювання параметрів навколишнього середовища. Окремо слід відзначити важливість досліджень різного роду плазмових утворень від таких штучних джерел, як газові розряди до іоносфери. На сьогодні існує декілька підходів до дистанційного аналізу стану плазми: емісійний – дослідження випромінювання середовища (розряд, полярне сяйво) та абсорбційний – дослідження поглинання при проходженні випромінювання через об'єкт досліджень. Оскільки в джерелах, які використовуються в **атомно-емісійному спектральному аналізі (АЕСА)** суттєвими є не тільки механізми випромінювання, але й самопоглинання, подібні дослідження мають справу з обома механізмами одночасно і в цьому сенсі напрацювання, що стосуються обробки даних, є важливими для обох підходів. Крім того, треба зазначити, що задача обробки та вимірювання спектральних сигналів зустрічається в багатьох галузях: радіофізиці, астрономії, фізиці плазми тощо. Таким чином, **актуальність** дисертаційної роботи обумовлена необхідністю створення та удосконалення методів атомно-емісійного спектрального аналізу й обробки спектральних зображень з метою побудови сучасної концепції розробки аналітичних приладів і кваліфікованого підходу до їхньої експлуатації і, як наслідок, створення високоякісної продукції з високою доданою вартістю. Отримані при виконанні дисертаційної роботи результати мають **велике науково-практичне значення** та пройшли апробацію при виконанні 6-ти

держбюджетних НДР, науково-технічного проекту Українського науково-технологічного центру та інноваційного проекту Президії НАН України, а також численних госпдоговірних тем.

## **2. Ступінь обґрунтованості й достовірності та наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

Всі результати, наукові положення та висновки дисертаційної роботи є **повністю обґрунтованими та достовірними**, оскільки:

1. Матеріали роботи є збірка головних результатів двадцятирічних досліджень і науково-дослідних робіт, результати яких були впроваджені на багатьох виробничих підприємствах і в наукових установах України.

2. Проведено великий об'єм випробувань на діючому обладнанні, а також стендові дослідження. Запропоновані в роботі підходи були перевірені як на практиці, так і в числовому експерименті, ґрунтуючись на методі найменших квадратів. В ході обробки й аналізу даних широко використовувалося комп'ютерне моделювання та метод Монте-Карло.

3. Всі матеріали дисертації пройшли апробацію та були висвітлені в багатьох наукових публікаціях і доповідях на міжнародних наукових конференціях.

**Результати, наукові положення та висновки**, отримані в дисертаційній роботі, є **новими**. Особливо цікавим є підхід до добре відомої задачі збільшення роздільної здатності реєстратора при прийомі рухомих зображень за рахунок апріорних знань щодо об'єкту досліджень. Описаний в роботі оригінальний підхід щодо використання шкідливого явища – розтікання надмірного заряду в аналоговому транспортному регістрі для збільшення динамічного діапазону – є неординарним і корисним для практичного використання. Підходи до фотометрування, фіксованого за положенням точкових джерел системою з відомою діаграмою спрямованості чи функцією розсіювання точки, можуть знайти застосування не тільки в АЕСА, але і в зондуванні атмосфери.

### **3. Висвітлення результатів дисертаційної роботи в опублікованих наукових працях**

Основні результати, наукові положення та висновки дисертаційного дослідження здобувача опубліковано у наукових працях серед яких: 5 статей в українських фахових виданнях, 1 стаття в закордонному виданні, що індексується в міжнародних наукометричних базах даних Web of Science та Scopus. Додатково матеріали роботи були висвітлені в збірниках матеріалів доповідей на 3-х міжнародних наукових конференціях та 5-ти статтях, опублікованих у виданнях за суміжними спеціалізаціями. Всі наукові роботи автора є **оригінальними**. Результати дисертаційної роботи **повністю та вичерпно викладено** в наведених наукових фахових статтях.

### **4. Оцінка змісту дисертації та її завершеність**

Представлені наукові положення, висновки та рекомендації, що виносяться на захист, є в повній мірі обґрунтованими. Постановка задач дисертаційної роботи виконана аргументовано та переконливо. Дисертація Єгорова С. А. складається зі вступу, який містить загальну характеристику роботи, чотирьох розділів основного тексту, висновків до роботи, одного додатка та списку використаних джерел.

**У першому розділі** дисертації зроблено ретельний огляд існуючих на сьогодні методів реєстрації й обробки сигналів, розглянуто сучасний стан атомно-емісійного спектрального аналізу, його недоліки та перспективи подальшого використання в різних наукових та науково-практичних сферах. Зроблено висновок про необхідність розв'язання як прямої задачі – синтезу спектра на основі інформації щодо хімічного складу, структури і т. ін. зразка та зворотної задачі – отриманні інформації щодо хімічного складу та структури зразка на основі спектра.

**У другому розділі** проведено дослідження впливу фізичних процесів на отримання зображення спектра багатоелементними оптичними сенсорами. Наведено створені нові та удосконалені методики компенсації нелінійностей матричних оптичних сенсорів і досліджуються фактори, які впливають на результат. Зроблено висновки, що деякі особливості сенсорів, що є результатом невизначеностей в технологічному процесі, такі як шумність,

чутливість, призводять до появи унікального «відбитку», що можна використовувати для ідентифікації екземпляру сенсору. Отримані нові методи обробки сигналів багатоелементних оптичних сенсорів відкривають великий простір як для науковців, так і для виробників сенсорної апаратури, де метою є підвищення її точності, надійності та чутливості.

**У третьому розділі** основну увагу приділено створенню методики вимірювання й обробки зображень атомно-емісійних спектрів. Показано, що отримання кількісних характеристик спектральних ліній та їхньої номенклатури – є основним результатом фотометрування спектрів і дає передумови для розв'язання зворотної задачі спектрального аналізу. Запропонована в розділі методика вимірювання амплітуди спектральних ліній, заснована на використанні апріорної інформації щодо положення спектральних ліній та апаратної функції завдяки перетворенню системи інтегральних рівнянь до системи лінійних рівнянь, дозволяє оцінити номенклатуру спектральних ліній, відкидаючи неіснуючі, та є не чутливою до шумів, пов'язаних із фазою зображення відносно реєстратора. Доведено, що існують випадки, які дозволяють, спираючись на особливості емісійних спектрів, зареєстрованих багатоелементними оптичними сенсорами, підвищити лінійну розподільну здатність і динамічний діапазон.

**У четвертому розділі** показано практичне використання в натурних і лабораторних умовах запропонованих підходів. Проведено зіставлення результатів експериментальних випробувань із розрахунковими даними. Зроблено ретельний аналіз результатів вимірювань. Доведено, що використання запропонованої методики дозволяє знизити похибку вимірювань більш ніж на 10%. Розглянуто можливість використання запропонованих підходів в інших галузях фізики, таких як астрономія, з метою підвищення точності фотометрування зірок у великому полі зору.

## **5. Наукова і практична значущість отриманих результатів**

**Наукова значущість** результатів дисертаційної роботи Єгорова С. А. полягає в тому, що здобувачем фактично було описано повна схема дій: від реєстрації й обробки сигналів багатоелементних оптичних сенсорів до оброблення зображень спектра та вимірювань його характеристик. Крім того,

було запропоновано оригінальні підходи до конструктивного використання деяких негативних явищ. Прикладом підходів є наступні.

- Використання особливостей сигналу сенсорів для отримання інформації щодо температури сенсора та наступного її застосування для калібрування сенсорів.
- Використання плавності фону сигналу для отримання граничних значень в задачі підвищення роздільної здатності сенсорів при реєстрації рухомого зображення може бути цінним не тільки для АЕСА, але і для інших галузей, наприклад таких, як астрономія.
- Спрощення інтегральної системи рівнянь до лінійної завдяки використанню апріорній інформації відносно нерухомих точкових джерел і функції розсіювання точки може бути корисним при вирішенні не тільки спектральних завдань, але і в задачі вимірювання сигналу від об'єктів геокосмосу.

**Практична значущість** роботи здобувача полягає в тому, що завдяки великому досвіду теоретичних і експериментальних розробок була сформульована цілісна картина вирішення широкого кола завдань: від обробки сигналів сенсорів до отримання характеристик випромінювання на основі зображень. При цьому, оскільки обробка заснована на фізичних закономірностях, запропоновані підходи та засоби є актуальними для використання і в інших галузях знань.

**6. Відомості про дотримання академічної доброчесності.** Текст дисертаційної роботи, стилістика подання матеріалів дає підстави стверджувати, що робота виконана з дотриманням всіх правил академічної доброчесності. Список використаних джерел та інші інформаційні посилання на відповідне першоджерело оформлені належним чином. Зміст анотації не містить інформації, що не була представлена в дисертаційній роботі. В дисертації Єгорова С.А. відсутні ознаки академічного плагіату, фальсифікації, підтасовки тощо.

#### **7. Недоліки та зауваження до змісту дисертаційної роботи**

Позитивно оцінюючи дисертаційне дослідження Єгорова С.А., слід зауважити, що в роботі виявлено певні недоліки.

1. Викликає деякий подив, чому, незважаючи на більш ніж двадцятирічний досвід науково-практичної діяльності, у автора відсутні відповідні патенти.

2. Робота була б цікава для більш широкого кола спеціалістів, якби автор приділив більше уваги використанню напрацювань, в тому числі й у суміжних галузях.

3. У роботі переважає обсяг практичного матеріалу, від якого суттєво відстає теоретична частина.

4. Висновок 6 на сторінці 91 є загальновідомим.

5. У роботі декілька разів йде мова про проблеми. Нагадаю, що проблеми розв'язують у докторських дисертаціях.

6. Існує різнобій у оформленні літератури.

7. У цілому дисертація написана доброю державною мовою. Використано зрозумілу науковцям лексику. Разом з тим виявлено низку граматичних неточностей і одруків. Часто у тексті та після формул відсутні розділові знаки.

Не вірно використовується низка термінів: фон – тло, вклад – внесок, сплошна – суцільна, слідує – впливає, на протязі – протягом, ступінь – степінь, ланцюг підсилення – коло підсилення, нестале рішення – нестійкий розв'язок, звісно – відомо, завданий – заданий, можливо – можна, безкінечно – нескінченно, чисельні оцінки – числові оцінки, вектор-стовбур – вектор-стовпець, тощо.

Плутаються терміни розв'язок, розв'язання, розв'язування або рішення, вирішення.

## **8. Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам**

Виявлені недоліки, зауваження та неточності, в цілому, не знижують науково-практичну значущість отриманих Єгоровим С. А. результатів і не псуєть загального **позитивного враження** від цієї дисертаційної роботи. Робота написана на високому науковому рівні, ясною та зрозумілою мовою, має всі відповідні посилання на першоджерела. Зміст анотації **повністю відповідає** основним положенням дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота є **завершеною науковою працею**, в якій відображені й обґрунтовані важливі науково-практичні надбання автора за більш ніж двадцятирічний період дослідницької діяльності та вирішення науково-практичних завдань. Такий досвід на сьогодні є унікальним і перевищує рівень сучасної науково-освітньої програми.

Вважаю, дисертаційна робота Єгорова С. А. «Компенсація спотворень при вимірюванні параметрів атомно-емісійних спектрів, зареєстрованих багатоелементними оптичними сенсорами» є всебічно завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» (з наступними змінами) 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 № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор, Єгоров Сергій Анатолійович, повністю сформованим фахівцем високого рівня, що заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Офіційний опонент

Завідувач кафедри космічної радіофізики  
Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна, доктор  
фізико-математичних наук, професор

14.08.2023 р.

\_\_\_\_\_

Леонід ЧОРНОГОР