

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Єріна Сергія Миколайовича

«НИЗЬКОЧАСТОТНЕ КОСМІЧНЕ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ ЯК ОБ'ЄКТ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИМ РАДІОТЕЛЕСКОПОМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.02 – астрофізика, радіоастрономія

Як зазначено у вступі дисертаційної роботи, зараз низькочастотна радіоастрономія переживає етап бурного розвитку. В багатьох країнах в останні 10–15 років з'явилися проекти НЧ радіотелескопів нового покоління. В Україні, яка вже багато років є одним із лідерів низькочастотної радіоастрономії, також створюється власний проект такого радіотелескопа – ГУРТ. Але в силу відомих обставин його будівництво здійснюється дуже повільно, тому мова йде про поступове введення в дію цього телескопа і про визначення кола астрофізичних досліджень, які можна проводити на ньому уже зараз, коли його активна фазована антенна решітка складається лише з одної чи декількох субрешіток. Це дуже важлива на цей час задача, яка і визначає актуальність даної дисертаційної роботи. Таким чином, дисертація Єріна С. М. присвячена дослідженням можливостей детектування низькочастотного радіовипромінювання галактичного фону, спорадичного випромінювання Сонця й Юпітера, а також, імпульсного випромінювання пульсарів за допомогою малого широкосмугового радіотелескопа нового покоління – субрешітки ГУРТ.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, в яких представлені результати досліджень автора, висновків, списку використаних джерел, який нараховує 140 найменувань, та одного додатка. Загальний обсяг дисертації – 183 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, наведено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Перший розділ присвячено огляду наукової літератури з конструювання сучасних низькочастотних радіотелескопів та застосування їх для астрофізичних досліджень. Також описано конструкцію та принцип роботи радіотелескопа ГУРТ, а також його базового блоку – субрешітки з 25 активних антенних елементів. У 2-му розділі наведено теоретичні та експериментальні дослідження параметрів субрешітки АФАР ГУРТ. Тут розроблено математичну модель субрешітки АФАР ГУРТ та її елемента, виконано числові дослідження їх параметрів. Тобто, в цьому розділі автор отримав вирази для всіх основних енергетичних та шумових параметрів субрешітки в широкому діапазоні частот, що і складає її математичну модель. Крім того, в розділі наведено результати експериментальних натурних досліджень, які повністю збігаються з результатами моделювання і дають можливість впевнитися у правильності розроблених моделей і зроблених розрахунків. Третій розділ дисертації висвітлює результати моніторингових спостережень найпотужніших у метровому та декаметровому діапазонах джерел спорадичного радіовипромінювання – Сонця і Юпітера. Результати обробки отриманих даних підтверджують правильність теоретичних оцінок та ілюструють можливості використання субрешітки ГУРТ і її елемента для радіоастрономічних спостережень як у складі всього радіотелескопа, так і як окремого інструмента. За їхньою допомогою зареєстровано не тільки потужні сплески II, III, IV типів, але й випромінювання помірної потужності: сплеск U-типу та типу дрейфуюча пара. Останній 4-й розділ представляє дослідження радіовипромінювання пульсарів за допомогою субрешітки ГУРТ. Це імпульсне радіовипромінювання має малі густини потоків, але завдяки

високої точності періоду повторення імпульсів є можливість отримувати усереднені профілі імпульсів, які є унікальними характеристиками того, чи іншого пульсару. Успішними спостереженнями було охоплено 16 пульсарів, для яких визначено такі параметри, як міра дисперсії, відношення С/Ш, усереднений період імпульсів та густина потоку.

Основні результати роботи, що складають її наукову новизну та виносяться на захист є такими:

- Вперше виявлено тонку частотно-часову структуру різних типів сплесків спорадичного радіовипромінювання Сонця й Юпітера завдяки унікальним характеристикам низькочастотного малорозмірного радіотелескопа – субрешітки ГУРТ – надширокій смузі частот (8-80 МГц), високому розділенню у часі (5...100 мс) та частоті (9 кГц). Зокрема доповнено статистику появи сонячних сплесків типу дрейфуюча пара з прямим і зворотним частотним дрейфом та визначено часову видиму затримку гармонік сплеску U-типу.
- Вперше одночасно на декаметрових і метрових хвилях зареєстровано імпульсне радіовипромінювання 16 пульсарів, визначено їх густини потоків та з високою точністю (0.006 пк/см^3) виміряні їх міри дисперсії, що доводить унікальну можливість довготривалого моніторингу неоднорідностей міжзоряного середовища із використанням малорозмірного радіотелескопа – субрешітки ГУРТ і радіотелескопа УТР-2.
- Доведено можливість проведення якісних астрофізичних досліджень за допомогою низькочастотних малорозмірних радіотелескопів нового покоління шляхом визначення параметрів континуального, імпульсного, спорадичного, поляризованого космічного радіовипромінювання різноманітних об'єктів Всесвіту (Сонця, планет, міжпланетного і міжзоряного середовища, залишків наднових, пульсарів, радіогалактик, тощо).
- Вперше детально досліджено параметри субрешітки низькочастотного радіотелескопа нового покоління ГУРТ, зокрема її чутливість, у надширокому діапазоні частот 8-80 МГц із використанням розробленої для неї коректної математичної моделі, яка на відміну від існуючих, бере до уваги всі джерела зовнішніх і внутрішніх шумів з урахуванням впливу ґрунту та взаємних зв'язків між елементами. Коректність моделі підтверджено відповідністю результатів моделювання та проведених натурних вимірювань. Їх результати доводять, що розроблена субрешітка забезпечує перевищення зовнішнього шуму над внутрішнім у 6-10 дБ для всіх її променів, що цілком задовольняє вимогам щодо її застосування для радіоастрономічних спостережень і астрофізичних досліджень.

А всі ці результати разом впевнено доводять, що в дисертаційній роботі в результаті проведених досліджень досягнута її основна мета: експериментально доведена можливість застосування субрешітки ГУРТ як окремого малорозмірного НЧ ширококутового радіотелескопа нового покоління для різноманітних астрофізичних досліджень, які не потребують високої кутової роздільної здатності інструменту. І це, на мій погляд, є основним результатом цієї дисертаційної роботи.

Результати проведеного дослідження опубліковані в 28 наукових працях, із них 4 – в наукових фахових виданнях України, 4 – в зарубіжних спеціалізованих виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, 17 публікацій апробаційного характеру, тобто, у працях наукових конференцій і 3 – додатково відображають результати дисертації.

Наукові положення та методи, на яких базується дисертаційна робота, є цілком обґрунтованими. Винесені на захист результати дисертації є новими, вони апробовані на наукових конференціях різного рівня та опубліковані в фахових вітчизняних та міжнародних журналах. Дисертаційна робота оформлена згідно з чинними вимогами до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук. Результати роботи, що виносяться на захист, викладені змістовно, є необхідні посилання на важливі праці за темою дослідження.

Характеризуючи дисертацію С. М. Єріна в цілому, хочу зазначити, що в ній використовується сучасний арсенал методів досліджень від радіоастрономічних спостережень на відомих харківських радіотелескопах до методів спектральної і статистичної обробки експериментальних даних і методів електродинамічного комп'ютерного моделювання, теорії рівноважних флуктуаційних процесів та методів числового аналізу.

Текст дисертації написано гарною літературною мовою, він супроводжується доброякісними кольоровими ілюстраціями і все це сприяє позитивному враженню.

Зауваження до роботи:

- Назва дисертаційної роботи сформульована, на мій погляд, не зовсім вдало. Така назва мало про що говорить. В той же час останній розділ дисертації «ВИСНОВКИ» починається словами: *«У результаті проведених в дисертаційній роботі досліджень була досягнута її мета: експериментально доведена можливість застосування субрешітки ГУРТ як малорозмірного НЧ ширококутового радіотелескопа нового покоління для різноманітних астрофізичних досліджень, які не потребують високої кутової роздільної здатності інструменту»*. Про можливість застосування субрешітки ГУРТ говориться також в трьох із чотирьох висновках дисертації, а також в висновках до 2-го і 3-го її розділів. Тому, на мій погляд, більш адекватною була б така назва: *«Можливості детектування низькочастотного радіовипромінювання субрешіткою ГУРТ як ширококутовим радіотелескопом нового покоління»*.

- Наукова новизна отриманих результатів і ВИСНОВКИ дисертації повторюють одне одного. Впевнений, що ВИСНОВКИ треба було (і можна було) викласти більш повно. Наприклад, серед висновків немає такого: *«Розроблено математичну модель антенного елемента і субрешітки радіотелескопа ГУРТ, отримано їх шумові та енергетичні характеристики»*. Розробці математичної моделі присвячено найбільший 2-й розділ дисертації, але в висновках про це майже нічого не сказано.

- Доречно, також, було б у Висновках вказати на можливі перспективи подальшого продовження цього дослідження.

- Стор. 135-136 – до формул (4.1) і (4.3) входять інтеграли, але немає жодних пояснень, якого типу ці інтеграли (криволінійні, поверхневі, об'ємні, тощо), що являє собою змінна інтегрування та у яких межах інтегрування виконується;

- В таблиці Скорочень, що передує тексту дисертації немає скорочення ККД (стор. 43, 63).

Але ці недоліки не є принциповими з точки зору одержаних в роботі наукових результатів і не зменшують цінності дисертації, яка є завершеною науково-дослідною роботою. Її новизна, актуальність та обґрунтованість результатів не викликають сумнівів.

Автореферат повністю відображає зміст і основні результати дисертації.

Таким чином, за актуальністю тематики, обсягом виконаних досліджень та науковою цінністю результатів дисертація С. М. Єріна повністю відповідає чинним вимогам до кандидатських дисертацій. Вважаю, що її автор Єрін Сергій Миколайович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.02 – астрофізика, радіоастрономія.

Провідний науковий співробітник,
НДІ астрономії Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
д. ф.-м. н., професор



Д. Ф. Лупішко

Підпис Д. Ф. Лупішка засвідчую:
Начальник служби управління персоналом
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
доктор педагогічних наук, проф.



С. М. Куліш

Відгук одержано 24 вересня 2020р.

Вчений секретар спецради