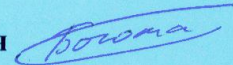


**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Богомаз Олександр Вікторович



УДК 004.67:550.388.1

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ
В СИСТЕМІ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ
ІОНОСФЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА**

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2014

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Інституті іоносфери Національної академії наук України і Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Пуляєв Валерій Олександрович,
Інститут іоносфери НАН і МОН України,
заступник директора з наукової роботи

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кривуля Геннадій Федорович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри автоматизації проектування
обчислювальної техніки

кандидат технічних наук
Майків Ігор Мирославович,
Тернопільський національний економічний університет,
старший викладач кафедри інформаційно-
обчислювальних систем та управління

Захист відбудеться “10” 02 2015 р. о 14³⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.14 Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розіслано “05” 01 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



І. Г. Ліберг

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Метод некогерентного розсіяння (НР) радіохвиль вважається найбільш інформативним дистанційним методом комп'ютерного діагностування іоносфери і дозволяє одержувати оцінки таких параметрів іоносферного середовища, як температури електронів та іонів, відносний вміст іонів різних сортів, концентрація електронів, швидкість руху плазми тощо, у тому числі і в режимі online.

У світі налічується 11 радарів, які використовують для діагностування стану іоносфери метод НР, причому один з цих радарів – єдиний в середніх широтах Європи – розташований в Україні, поблизу м. Харкова.

Радар НР є складною технічною системою, головні складові якої – потужний радіопередавальний пристрій, велика приймально-передавальна антена, високочутливий радіоприймальний пристрій (РПП), система контролю, за допомогою якої підтримується стабільна робота комплексу в цілому, а також високопродуктивна комп'ютерна система обробки даних.

Внаслідок того, що існують фізичні, технічні та економічні обмеження для покращення достовірності та надійності результатів діагностування іоносферного середовища за рахунок модернізації радіотехнічної складової радара, необхідним є підвищення ефективності (надійності, точності та швидкодії) перетворення інформації у комп'ютерній системі обробки даних радара НР.

Дослідження, спрямовані на підвищення продуктивності комп'ютерних систем обробки сигналів, модернізацію існуючих та розробку нових систем тестування апаратури радара, впровадження сучасних мережевих технологій та вдосконалення методик обробки даних радарів НР, виконували і виконують наукові колективи як за кордоном (J. Holt, T. Grydeland, M. Lehtinen, A. Huuskonen, A. В. Медведєв, Б. Г. Шпиньов), так і в Україні (В. М. Лисенко, В. О. Пуляєв, Д. В. Котов). Утім, задача вдосконалення програмного забезпечення комп'ютерних систем діагностування іоносфери (оптимізація алгоритмів обробки, накопичення та візуалізації інформації, застосування різних баз даних, використання більш точних моделей сигналів і систем) є актуальною та визначила напрям дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати дисертаційної роботи одержано в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, які виконувались в Інституті іоносфери НАН і МОН України: “Розробка моделі інформаційної бази іоносферних даних за результатами радіофізичних досліджень методом некогерентного розсіяння радіохвиль” (шифр “База-2012”, № ДР 0112U001400), “Створення бази іоносферних даних за результатами радіофізичних досліджень методом некогерентного розсіяння радіохвиль” (шифр “База-2014”, № ДР 0114U001269), “Радіофізичні дослідження атмосферно-іоносферних хвильових збурень над Україною, що супроводжують варіації атмосферної та космічної погоди” (шифр “Такт”, № ДР 0108U001258), “Комплексні дослідження середньоширотної іоносфери при різних рівнях геомагнітної активності” (шифр “Теорема”, № ДР 0108U001259), “Іоносферні збурення над Україною у фазі зростання 24-го циклу сонячної активності” (шифр “Тайфун”,

№ ДР 0111U001429), “Хвильові збурення в іоносфері над Україною за даними харківського радару некогерентного розсіяння” (шифр “Тензор”, № ДР0111U001428), де здобувач був як відповідальним виконавцем, так і виконавцем окремих розділів.

Мета і задачі дослідження. *Мета дослідження* – підвищення надійності, точності та швидкодії перетворення інформації у комп’ютерній системі дистанційного діагностування стану іоносферного середовища на базі радару некогерентного розсіяння.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

- систематизувати програмно-алгоритмічні засоби з подальшою розробкою близьких до оптимальних підходів до перетворення інформації у комп’ютеризованих системах діагностування іоносферного середовища;
- оптимізувати за точністю та швидкістю обчислювальні процедури перетворення даних, що одержані за допомогою методу НР, на основі сучасних комп’ютерних технологій;
- розробити інформаційну мережеву комп’ютерну систему діагностування стану іоносферного середовища, основою якої є база даних про стан іоносфери середніх широт європейського регіону, отриманих за допомогою харківського радару НР;
- модернізувати методи моделювання випадкових сигналів, подібних до тих, що оброблюються у системах діагностування іоносфери, для тестування апаратного та програмного забезпечення (ПЗ) цих інформаційно-вимірювальних систем;
- оцінити похибки визначення параметрів іоносферного середовища, у тому числі за наявності завад, та розробка підходів до мінімізації цих похибок.

Об’єктом дослідження є процеси перетворення інформації в комп’ютерній системі діагностування іоносферного середовища.

Предметом дослідження є методи перетворення інформації про стан іоносферного середовища у комп’ютерній системі діагностування.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи використовувались сучасні математичні та фізичні методи аналізу. Процеси перетворення інформації досліджувалися за допомогою імітаційного моделювання. Для побудови моделі перетворень інформації у комп’ютерній системі діагностування стану іоносферного середовища використовувалася теорія інформаційно-вимірювальних систем. Вид та характеристики тестових сигналів визначалися за допомогою аналізу Фур’є. Оптимальні параметри автоматичної фільтрації завад визначилися за допомогою критерію мінімуму суми похибок пропуску завади та похибок помилкового спрацьовування системи фільтрації. Апроксимація аналітичними функціями висотно-часових залежностей параметрів іоносферного середовища здійснювалася із використанням чисельних методів. Похибки оцінки параметрів іоносферного середовища визначалися за допомогою статистичного аналізу висотно-часового розподілу даних іоносферних вимірювань.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше для коректного врахування особливостей режимів зондування харківського радару НР та просторово-часового розподілу параметрів іоносферного середовища побудовано узагальнену модель автокореляційної функції (АКФ) НР

сигналу, яка базується на використанні в системі комп'ютерного діагностування двовимірної функції невизначеності (ДФН) АКФ НР сигналу;

- вперше за результатами статистичного моделювання оцінено довірчі інтервали для параметрів іоносферного середовища, яке досліджується за наявності завад;

- удосконалено методи перетворення (фільтрації, інтерполяції, усереднення та корекції) даних у системі комп'ютерного діагностування стану іоносферного середовища на базі радара НР;

- удосконалено підходи в теорії імітації сигналів, некогерентно розсіяних на теплових неоднорідностях концентрації електронів у іоносферній плазмі (імітація НР сигналів може здійснюватися з урахуванням завад, динаміки іоносферного середовища та висотного розподілу його параметрів).

Практичне значення одержаних результатів. Для геофізичних досліджень розроблено та впроваджено інформаційну систему збору, обробки, зберігання та передачі унікальних даних про стан іоносфери середніх широт європейського регіону, отриманих за допомогою харківського радара НР. Для співробітників Інституту іоносфери, а також студентів, аспірантів та викладачів Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (НТУ “ХПІ”) розроблено базу даних (БД) радіолокаційних вимірювань параметрів іоносфери методом НР з web-інтерфейсом та системою експрес-обробки даних, яка доступна через локальну мережу університету (за адресою <http://172.17.24.79>). Результати експрес-обробки даних з використанням бази знаходяться у вільному доступі на сайті Інституту іоносфери у мережі Internet (за адресою <http://database.iion.org.ua>).

Створено систему експрес-обробки даних радара НР, орієнтовану на використання сучасних комп'ютерних технологій, у тому числі систем керування базами даних (СКБД).

Запропоновані методи перетворення інформації реалізовані у спеціалізованому пакеті програм UPRISE (Unified Processing of the Results of Incoherent Scatter Experiments). Пакет використовується в Інституті іоносфери для дослідження верхньої (вище 300 км) та середньої (120–300 км) іоносфери та хвильових процесів під час збурень природного та антропогенного походження.

Програмно-апаратний комплекс тестування системи обробки радара НР, що базується на способі формування суміші випадкових шумоподібних сигналів з відомими спектральними характеристиками та заданим відношенням сигнал/завада, використано в Інституті іоносфери НАН і МОН України при розробці апаратного забезпечення системи обробки нового покоління.

Результати досліджень впроваджені в освітній процес кафедри “Радіоелектроніка” НТУ “ХПІ”. Розроблено лекційний курс з циклом лабораторних робіт “Проектування програм обробки радіофізичних даних” для підготовки студентів спеціальності 7.050102 – “Спеціалізовані комп'ютерні системи”.

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: аналіз та моделювання перетворень інформації в комп'ютерній системі діагностування стану іоносферного середовища, розроблення та моделювання способів імітації сигналів некогерентного розсіяння з урахуванням завад, динаміки та висотного

розподілу параметрів іоносферного середовища, виконання імітаційного дослідження розробленої моделі комп'ютерної системи діагностування стану іоносферного середовища, статистична обробка та узагальнення його результатів. Постановка задач досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались на: XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI Міжнародних науково-практичних конференціях: Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (м. Харків, Україна, відповідно 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 та 2013 рр.); International School-Conference “Remote radio sounding of the ionosphere (ION-2013)” (м. Алушта, Україна, 2013 р.); 16th International EISCAT symposium (м. Ланкастер, Велика Британія, 2013 р.); V, VI, VII, VIII, IX Міжнародних молодіжних науково-технічних конференціях “Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій” (м. Севастополь, Україна, 2009, 2010, 2011, 2012 та 2013 рр. відповідно); Международной Байкальской Молодёжной Научной Школе по Фундаментальной Физике “Физические процессы в космосе и околоземной среде” (м. Іркутськ, Росія, 2013 р.); XIII Українській конференції з космічних досліджень (Євпаторія, Україна, 2013 р.); IX, XII Харківських конференціях молодих науковців “Радіофізика, електроніка, фотоніка та біофізика” (м. Харків, Україна, 2009 та 2012 рр. відповідно); I, II, III Конференціях молодих учених “Дистанційне радіозондування іоносфери” (м. Харків, Україна, 2010, 2011, 2012 рр. відповідно); конференціях “Актуальні проблеми автоматики і приладобудування України” (м. Харків, 2012 та 2013 рр.).

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 27 наукових публікаціях, з них: 1 монографія (у співавторстві), 9 статей у наукових фахових виданнях України (2 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз), 1 – у закордонному періодичному фаховому виданні, 3 патенти України, 13 – у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг складає 179 сторінок; з них 72 рисунки за текстом, 5 рисунків на 5 окремих сторінках, 9 таблиць за текстом, список використаних джерел із 108 найменувань на 13 сторінках, додатки на 18 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У Вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, описано наукову новизну та практичне значення результатів, що одержані в роботі.

У першому розділі представлено аналітичний огляд науково-технічної літератури, який узагальнює сучасний підхід до дистанційного діагностування іоносфери в діапазоні висот 100–1000 км за допомогою міжнародної мережі радарів НР та висвітлює тенденції їх розвитку.

Проаналізовано фізичні основи методу НР та практичні особливості комп'ютерного діагностування стану іоносферного середовища. Охарактеризова-

но режими роботи радарів НР, процедури первинної та вторинної обробки даних, особливості обчислення та аналізу спектрів і автокореляційних функцій некогерентно розсіяного сигналу.

Приведено аналіз можливостей сучасного інформаційно-вимірювального, програмного та алгоритмічного забезпечення процесу визначення параметрів іоносфери.

Визначено задачі, що потребують подальшого розв'язання для підвищення ефективності (точності, достовірності та швидкості) перетворення інформації у процесі розрахунку параметрів іоносферної плазми на базі комп'ютерних систем.

У другому розділі представлено результати досліджень, що були спрямовані на розвиток методів моделювання сигналів, подібних до тих, з якими працюють комп'ютерні системи діагностування іоносфери методом НР, та методів розрахунку параметрів іоносферної плазми за статистичними характеристиками (АКФ) таких сигналів.

Проведено моделювання формування подібного до некогерентно розсіяного іоносферою сигналу шляхом фазової або амплітудно-фазової маніпуляції (ФМ та АФМ відповідно) гармонічного сигналу згідно з заданою формою АКФ. Запропоновано алгоритм пошуку кодів, потрібних для відтворення заданої АКФ. Виявлено, що кількість оригінальних одиночних АФМ-кодів складає приблизно 17% від можливої кількості $p = 3^n$ та не залежить від довжини коду n . Досліджено похибки імітації АКФ НР сигналів при використанні ФМ та АФМ гармонічного сигналу.

Розроблено низку способів формування сигналів, подібних до НР не лише за формою АКФ, але й за іншими статистичними характеристиками (зокрема, законом розподілу). У якості вхідних параметрів способів використовуються спектральні характеристики. Показано переваги такого способу у порівнянні зі способом імітації сигналу згідно з заданою формою АКФ. Важливою практичною перевагою запропонованого способу є можливість формування суміші корисного сигналу і завади із заданим відношенням сигнал/завада. Спосіб також передбачає врахування висотних змін характеристик НР сигналу (обумовлених природними змінами параметрів іоносферної плазми) та завади, а також дозволяє відобразити вплив динамічних процесів в іоносфері (можливу наявність доплерівського зсуву спектра). Отримано узагальнену формулу для розрахунку просторово-часового розподілу сигналу:

$$S^{\text{сигн+зав}}(t, h) = k(h) \cdot \sum_{i=1}^N [A_i^{\text{сигн}}(h) \cdot \sin(\omega_i t + \theta_i)] + \sum_{j=1}^M [A_j^{\text{зав}}(h) \cdot \sin(\omega_j t + \theta_j)],$$

де $k(h) = \sqrt{q(h)} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M [A_j^{\text{зав}}(h)]^2}{\sum_{i=1}^N [A_i^{\text{сигн}}(h)]^2}}$ – введений регулюючий коефіцієнт, що залежить від висотного розподілу відношення сигнал/завада

$q(h) = C \cdot N_e(h) \frac{1}{h^2} \frac{1}{1 + T_e(h)/T_i(h)}$ та висотного розподілу амплітуд гармонічних

складових $A_i^{\text{сигн}}(h)$ та $A_j^{\text{зав}}(h)$ корисного сигналу та завади (кількість гармонік N та M відповідно); ω_i та ω_j – частоти; θ_i та θ_j – випадкові початкові фази, рівномірно розподілені на інтервалі $[-\pi; \pi]$; $N_e(h)$ – висотний розподіл концентрації електронів; $T_e(h)$ та $T_i(h)$ – висотний розподіл температур електронів та іонів; C – константа радара, яка пов'язана із потужністю радіопередавача, ефективною площею поверхні антени та чутливістю РПП.

Амплітуди гармонік пов'язані з висотним розподілом спектральної густини потужності НР сигналу та завади співвідношеннями

$$A_i^{\text{сигн}}(h) = \sqrt{W_i^{\text{сигн}}(h)} \quad \text{та}$$

$$A_j^{\text{зав}}(h) = \sqrt{W_j^{\text{зав}}(h)}.$$

Складові спектральної густини потужності $W_i^{\text{сигн}}(h)$ розраховуються за оптимізованими за часом алгоритмом. Висотні розподіли параметрів плазми (рис. 1) можна отримати за результатами експериментів, або з моделей іоносфери, наприклад, міжнародної моделі International Reference Ionosphere.

Для коректного врахування специфіки процесу некогерентного розсіяння та характеристик режимів роботи радара (форма зондувальних імпульсів та імпульсної характеристики РПП) створено математичну модель вимірювального каналу, яка базується на ДФН АКФ НР сигналу. ДФН розраховано для діючих режимів харківського радара НР за формулою

$$A_{t,r}(\tau, r) = \int_{-\infty}^{\infty} A_t(\nu, r) \overline{A_r(\nu - \tau, r)} d\nu,$$

де $A_t(\tau, r) = g(t - \tau)p(\tau - 2r/c)$; g – імпульсна характеристика РПП радара; p – обвідна потужності зондувального імпульсу; τ – час затримки; r – відстань до області розсіяння; c – швидкість світла.

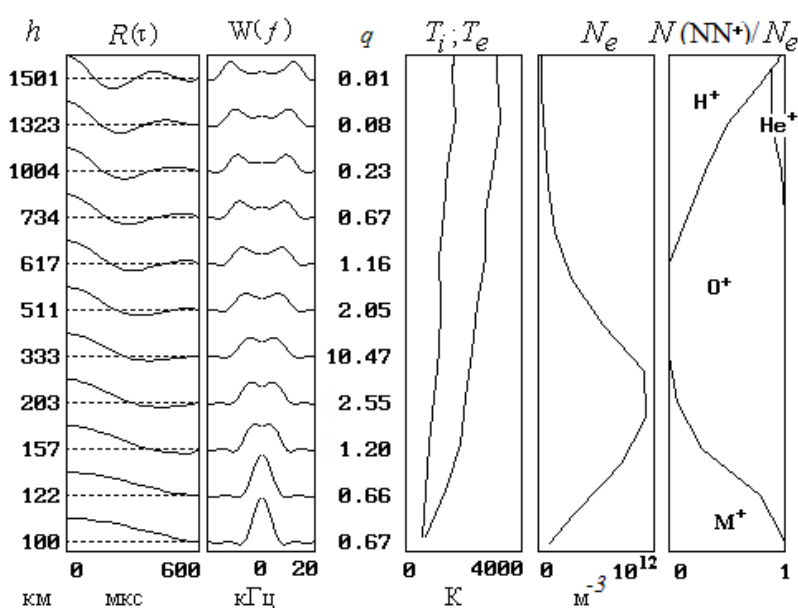


Рисунок 1 – Приклад висотного розподілу параметрів іоносферної плазми (температур іонів T_i та електронів T_e , концентрації електронів N_e , відносного вмісту іонів різних сортів NN+: молекулярних M^+ , атомарного кисню O^+ , атомарного водню H^+ та гелію He^+) та спектральної густини потужності $W(f)$ і АКФ $R(\tau)$ НР сигналів

ДФН для режиму радара з зондувальними імпульсами тривалістю $T_i = 663$ мкс та з фільтром, що обмежує полосу пропускання РПП до 9,5 кГц, представлено на рис. 2.

ДФН не лише дозволяє найбільш коректним чином моделювати АКФ НР сигналів. Ця функція може використовуватися для корекції одержаного експериментально профілю потужності НР сигналу, а також для запобігання

зміщенню оцінок параметрів іоносферної плазми (зміщення можуть виникати при використанні зондувальних імпульсів значної тривалості внаслідок просторової неоднорідності іоносферного середовища).

Процедури розрахунку таких параметрів іоносферного середовища, як температури іонів та електронів, а також відносний вміст іонів атомарного кисню, атомарного водню та гелію, реалізовані у пакеті програм для моделювання перетворень інформації, що міститься у статистичних характеристиках НР сигналу. За допомогою цього пакету програм (на мовах програмування Fortran, C та BASIC), який став базою для розробленої моделі комп'ютерної системи обробки даних радара НР, перевірено та досліджено узагальнений алгоритм розв'язання зворотної задачі розсіяння, тобто розрахунку параметрів іоносферного середовища за кореляційними характеристиками розсіяного сигналу. Досліджено алгоритми розв'язання зворотної задачі розсіяння, що ґрунтуються на методі Монте-Карло та методі послідовних наближень. Розроблено алгоритм усунення неоднозначності рішень при розв'язанні зворотної задачі розсіяння. Значну увагу приділено оцінці похибок результатів розв'язання зворотної задачі за наявності завад.

За розробленим алгоритмом проведено комп'ютерне моделювання статистичних похибок отриманих за допомогою методу НР оцінок параметрів іоносферної плазми, та встановлено залежності довірчих інтервалів від відношення сигнал/шум та значень параметрів. Показано, що похибка визначення параметрів іоносферної плазми за допомогою методу НР має прийнятні значення навіть за низького відношення сигнал/шум (від $q = 0,1$). При усередненні АКФ сигналу протягом 15 хв і відношенні сигнал/шум $q = 1$ середньоквадратичне відхилення оцінок становить не більше 0,03 для відносного вмісту іонів атомарного водню $N(H^+)/N_e$ і не більше 150 К для температур іонів та електронів. Для $q < 1$ істотно збільшуються зміщення оцінок. Найбільші похибки температури іонів спостерігаються для $N(H^+)/N_e < 0,4$, а найбільші похибки температури електронів і відносного вмісту іонів H^+ – для $N(H^+)/N_e \approx 0,6$. Збільшення відношення температур призводить до збільшення похибки визначення параметрів іоносфери.

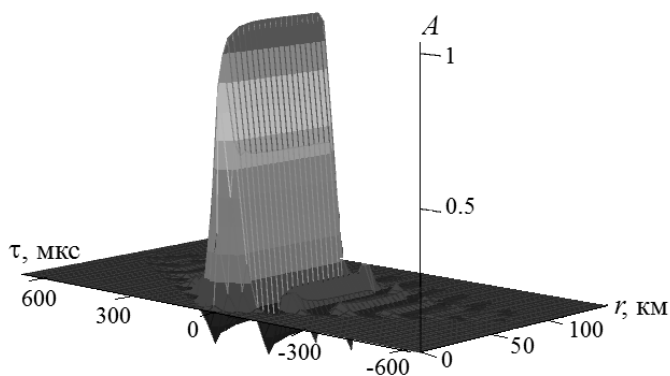


Рисунок 2 – ДФН нульової затримки АКФ (потужності) НР сигналу для режиму зондування іоносфери імпульсами тривалістю $T_i = 663$ мкс

За допомогою комп'ютерного моделювання оцінено похибки вимірювань відносного вмісту молекулярних іонів NO^+ та O_2^+ і температур іонів та електронів іоносферного середовища в діапазоні висот 120–300 км. Результати моделювання показали, що для отримання достовірних оцінок параметрів іоносферної плазми необхідно залучати додаткову експериментальну інформацію і модельні дані. Продемонстровано, що за умови, коли температура іонів дорівнює температурі нейтральних частинок (таке наближення добре виконується для вказаних висот в період максимуму сонячної активності), значення похибок становлять 0,1 та 150 К для відносного вмісту молекулярних іонів та температур іонів і електронів відповідно.

У третьому розділі представлено результати, одержані під час роботи над удосконаленням методів перетворення інформації у комп'ютерних системах діагностування стану іоносферного середовища.

Розвинуто методи перетворення інформації на всіх етапах обробки даних радара НР: фільтрацію даних (усунення завад), інтерполяцію відфільтрованих даних, виділення АКФ НР сигналу з АКФ суміші НР сигналу та завади, урахування впливу апаратних характеристик радара, часове усереднення АКФ НР сигналу, корекцію висотного профілю потужності НР сигналу, висотну корекцію та усереднення АКФ НР сигналу, розв'язання зворотної задачі розсіяння, тобто розрахунок параметрів іоносферної плазми.

Для кожного етапу обґрунтовано оптимальні за припустимою похибкою та швидкодією алгоритми, досліджено точність та швидкодію перетворення інформації та реалізовано відповідні процедури.

Визначено оптимальні параметри автоматизованої порогової фільтрації даних для двох алгоритмів, які базуються на використанні ковзного вікна, для усунення когерентних завад (відбиттів від штучних супутників Землі і космічного сміття, що потрапили в діаграму спрямованості антени радара). Досліджено ефективність додаткової градієнтної обробки потужності прийнятого радаром сигналу, яка базується на диференціюванні двовимірного (координати висота-час) масиву даних з використанням операторів Собеля, Шарра та Прюїтт.

З урахуванням специфіки процесу НР обґрунтовано вибір способу інтерполяції даних після фільтрації. Показано, що використання сплайнів дозволяє коректно інтерполювати навіть тривалі (до 20 хв) ділянки з пошкодженими даними. Водночас, більш гнучким та швидким способом інтерполяції виявилось використання середнього арифметичного результатів з суміжних незіпсованих завадами часових ділянок даних. Виходячи з практичних потреб при усередненні даних передбачено можливість задавати ширину і крок переміщення вікна, в якому проводиться усереднення.

Розроблено алгоритм корекції висотного профілю потужності НР сигналу при зондуванні іоносфери простими імпульсами значної тривалості (600–800 мкс). Спосіб корекції базується на використанні ДФН. Запропоновано обчислювати відкоректований профіль потужності $P(H)$ шляхом обернення інтегрального співвідношення, що враховує модель вимірювальних перетворень

$$P'(H) = \frac{\int_{h=0}^{h_0} P(H-h)A(h, \tau=0)dh}{\int_{h=0}^{h_0} A(h, \tau=0)dh},$$

де $P'(H)$ – профіль потужності НР сигналу, одержаний за результатами вимірювань; h_0 – висота, вище якої ДФН $A(h_0, \tau=0)$ має лише нульові значення.

Досліджено методи висотної корекції АКФ НР сигналу (рис. 3), яка на практиці є спотвореною внаслідок зміщення та зменшення об'єму плазми, що розсіює, зі збільшенням затримки при імпульсному зондуванні: переміщення даних з нижніх висот, трапецієподібне сумування, апроксимація рядом Фур'є (у тому числі з використанням вікон Ханна, Геммінга, Блекмана та ін.) та монотонними функціями. Застосування таких методів дозволило одержати результати, які є значно більш коректними у порівнянні з попередніми.

У четвертому розділі представлено реалізації комп'ютерних систем збору, обробки та передачі даних радара НР, а також засобів для їх тестування.

На базі описаних вище методик розроблено спеціалізований пакет програм UPRISE, який працює в операційній системі Microsoft Windows та не потребує стороннього ПЗ для своєї роботи. Програми пакету працюють в інтерактивному режимі та реалізують основні процедури перетворення інформації в системі діагностування стану іоносферного середовища: візуалізацію первинних даних (рис. 4), підготовку даних до розв'язання зворотної задачі розсіяння (автоматична фільтрація, накопичення та корекція даних), розв'язання зворотної задачі (оцінка параметрів іоносферного середовища) та візуалізацію результатів. Зменшення часу виконання процедур зі збереженням необхідної точності оцінювання параметрів досягнуто за рахунок оптимізації.

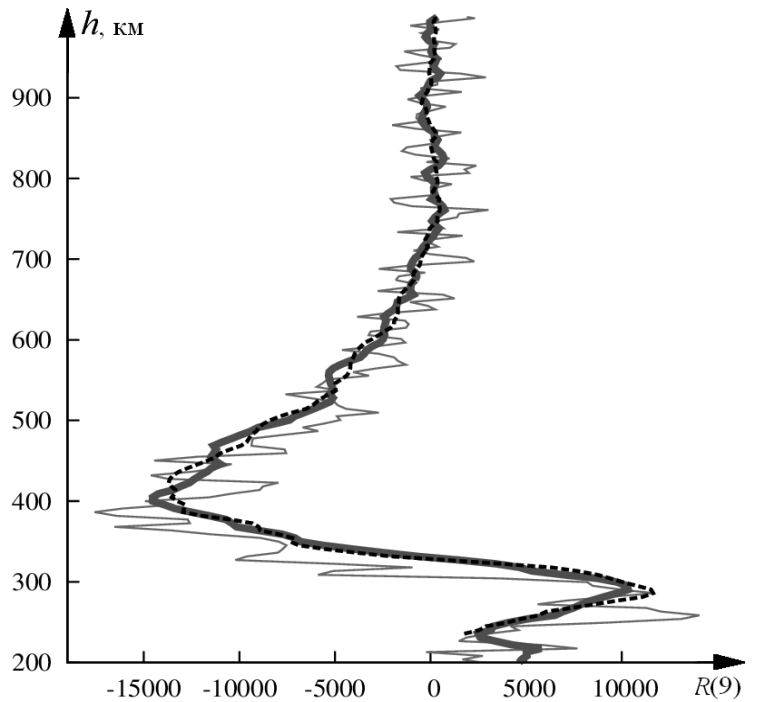
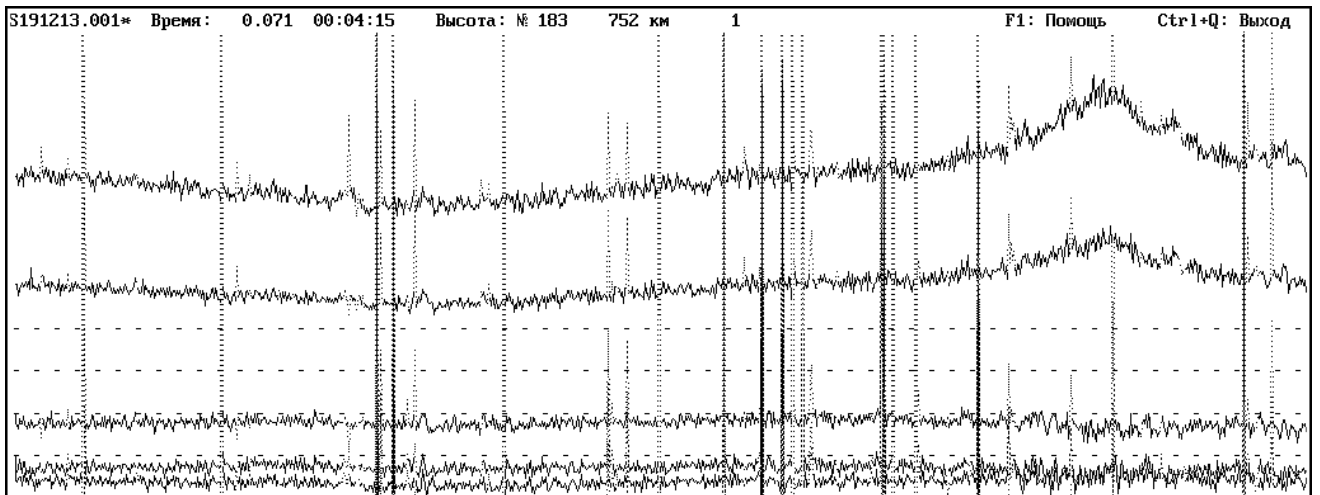
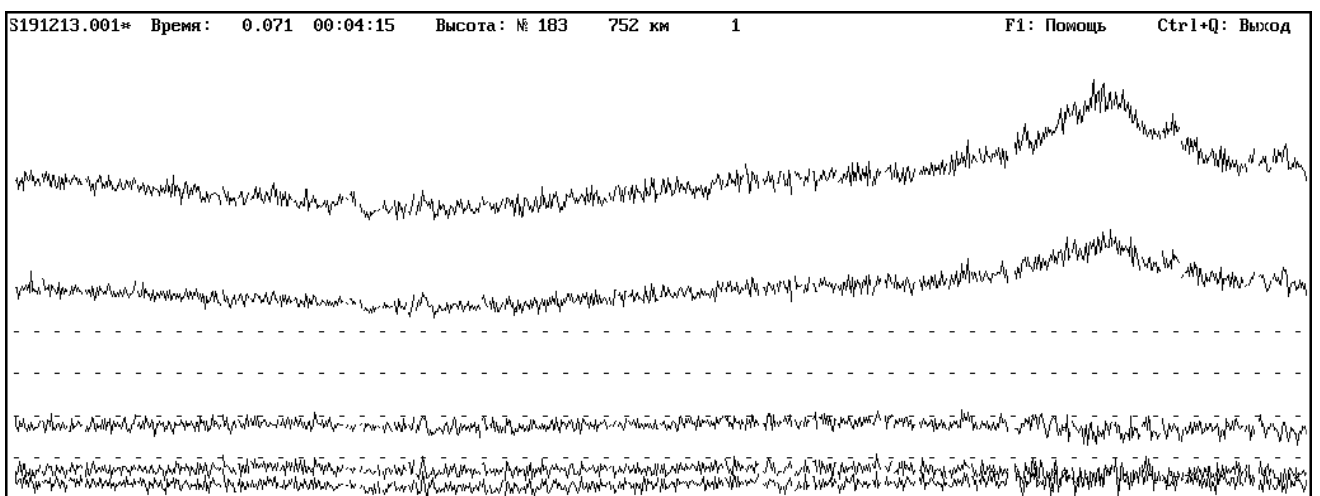


Рисунок 3 – Висотні профілі АКФ НР сигналу для затримки 275 мкс (експериментально одержаний профіль показано тонкою лінією, скоригований за допомогою трапецієподібного сумування – товстою лінією, скоригований із застосуванням поліноміальної функції з ковзним вікном – переривчастою)



а



б

Рисунок 4 – Часові варіації АКФ прийнятого радаром сигналу для різних затримок у програмі перегляду даних пакету UPRISE: а) з присутніми у даних когерентними завадами; б) після автоматичної фільтрації завад

Методики, впроваджені в пакеті UPRISE, дозволили отримати низку якісно нових унікальних результатів (серед яких надійні дані про просторово-часові варіації абсолютних і відносних концентрацій іонів водню та гелію) і спостерігати тонкі ефекти у варіаціях параметрів геокосмічної плазми, що раніше були недоступними для досліджень.

Розроблено комп'ютерну систему експрес-обробки даних радара НР, яка працює на стороні віддаленого серверу та базується на застосуванні СКБД PostgreSQL, написаного на мові програмування C++ з використанням фреймворку Qt оригінального програмного забезпечення, програми візуалізації даних gnuplot і web-сервера Apache (рис. 5). У якості операційної системи (ОС) використовується Ubuntu Server Linux.



Рисунок 5 – Структура мережевої системи експрес-обробки даних радару НР

Обґрунтовано переваги такої системи у порівнянні з програмами обробки, що працюють на локальних комп'ютерах: зручність розробки та налагодження ПЗ, комфортність роботи оператора, можливість обробки даних на малопродуктивному комп'ютері, можливість розвантаження комп'ютерної мережі, можливість використання результатів попередніх розрахунків, можливість обмеження доступу до вихідних даних.

Розроблене ПЗ мережевої системи експрес-обробки представляє собою CGI-застосування (Common Gateway Interface), запускається за запитом клієнта і формує зміст web-сторінки, яка відповідає сучасним стандартам міжнародної організації World Wide Web Consortium. Отримані результати діагностування стану іоносферного середовища являють собою добові варіації висоти максимуму іонізації середовища, відношення сигнал/шум на цій висоті, температур електронів та іонів. Інформація є доступною користувачам як у текстовому, так і в графічному форматі.

Розроблено комплекс кросплатформених консольних програм для роботи зі створеною БД Інституту іоносфери. Програми дозволяють імпортувати і експортувати дані, виконувати їх експрес-обробку, результати якої можуть бути представлені в зручному для користувача форматі. Розроблене ПЗ використовує відкриті технології, що робить можливим використання програм на різних платформах (Linux, Windows, Mac OS X).

Розроблений спосіб формування подібного до некогерентно розсіяного іоносферного сигналу реалізовано як програмно (для подальшого моделювання перетворень інформації, що міститься у сформованому сигналі), так і у вигляді програмно-апаратного комплексу (для тестування апаратури системи обробки у складі радару НР). До складу програмно-апаратного комплексу (рис. 6) залежно від цілей тестування системи обробки радару НР входить один або два персональних комп'ютера (ПК) і формувач імпульсів запуску передавача (ІЗП), який дозволяє отримати короткі імпульси ТТЛ-рівня для синхронізації системи обробки даних. Створено ПЗ імітатора, у якому реалізовано розрахунок спектрів НР сигналу і шуму, розрахунок миттєвих значень суміші сигналу і шуму, виведення сигналу на вихід комп'ютера.



Рисунок 6 – Структурна схема програмно-апаратного комплексу для імітації НР сигналу

У додатках наведено основні параметри радарів НР, формати файлів комп'ютерних систем діагностування стану іоносферного середовища, особливості роботи з цілими та дійсними числами у цих системах, структурну схему моделі

комп'ютерної системи діагностування стану іоносфери, параметри серверного ПК, що входить до складу розробленої системи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена рішенням науково-практичної задачі покращення достовірності та надійності результатів діагностування стану іоносферного середовища шляхом вдосконалення програмного забезпечення спеціалізованих комп'ютерних систем.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Отримали подальший розвиток методи комп'ютерного моделювання НР сигналу за заданими статистичними характеристиками. Запропоновано та реалізовано спосіб формування суміші НР сигналу та завади з відомими спектрами та заданим відношенням сигнал/завада. Спосіб передбачає можливість синтезу такої суміші зі змінними з висотою характеристиками та внесення в корисний сигнал інформацію про динаміку (рух іонізованих частинок) іоносферної плазми. На базі запропонованого способу розроблено програмно-апаратний комплекс для тестування системи обробки радара НР.

2. Для аналізу даних харківського радара НР застосовано ДНФ АКФ НР сигналу. Це дозволило коректно врахувати просторово-часовий розподіл параметрів іоносферного середовища та істотно зменшити систематичні похибки, які виникали раніше внаслідок використання одновимірної моделі АКФ.

3. Оптимізовано за точністю та часом процедури автоматичної фільтрації даних, інтерполяції даних на інтервалах, пошкоджених завадами, усереднення даних для зменшення статистичних похибок та корекції даних з урахуванням особливостей методу НР при роботі радара в імпульсному режимі зондування.

4. Систематизовано підходи до розв'язання зворотної задачі розсіяння при діагностуванні стану іоносферного середовища методом НР. Розроблено рекомендації з вибору близьких до оптимальних способів перетворення інформації виходячи з умов отримання даних, що аналізуються, та поставлених перед дослідниками-геофізиками задач (наприклад, дослідження добових варіацій параметрів іоносфери або дослідження хвильових збурень).

5. Одержали подальший розвиток методи оцінки довірчих інтервалів для результатів визначення параметрів іоносферного середовища. За результатами статистичного моделювання оцінено довірчі інтервали результатів розв'язання зворотної задачі розсіяння для різних значень відношення сигнал/шум та різних геологічних умов. Виявлено, що при довірчій імовірності 0,68 для усереднених протягом 15 хв автокореляційних функцій НР сигналу і відношенні сигнал/шум $q = 1$ величина довірчих інтервалів становить не більше 0,03 при визначенні іонного складу двокомпонентної плазми верхньої іоносфери і не більше 150 К при визначенні температур іонів та електронів.

6. Створено та впроваджено комп'ютерні системи збору, обробки та передачі отриманих за допомогою радара НР даних. Спеціалізований пакет програм UPRISE працює на ПК користувачів в ОС Windows та не потребує для своєї роботи стороннього програмного забезпечення. Система експрес-обробки,

що працює на боці віддаленого сервера, використовує у роботі СКБД та дозволяє отримати інформацію про наявність даних у базі та їхню якість. Створена система експрес-обробки є невід'ємною складовою бази даних радіолокаційних вимірювань параметрів іоносфери методом НР з web-інтерфейсом та доступна для науковців Інституту іоносфери, а також студентів, аспірантів та викладачів НТУ “ХПІ” (за адресою <http://172.17.24.79> у локальній мережі). Результати експрес-обробки даних з бази знаходяться у вільному доступі на сайті Інституту іоносфери у мережі Internet (за адресою <http://database.iion.org.ua>).

7. У процесі апробації працездатності та ефективності розроблених методів, алгоритмів і пристроїв при проведенні систематичних іоносферних досліджень за допомогою харківського радару НР за період 2008–2014 рр. отримано значний (більш ніж 50 Гбайт) обсяг експериментальних даних про структуру і динаміку іоносферної плазми, що дозволило сформувавши єдиний в Україні унікальний інформаційний масив про стан середньоширотної іоносфери європейського регіону. Цей масив даних за своїми якісними показниками відповідає міжнародному рівню та служить розвиненню науково-технічної взаємодії українських учених із міжнародною науковою спільнотою завдяки публічному висвітленню результатів досліджень навколоземного космічного простору.

8. На базі отриманих результатів дисертаційної роботи розроблено лекційний курс з циклом лабораторних робіт “Проектування програм обробки радіофізичних даних” для студентів НТУ “ХПІ” спеціальності 7.050102 – “Спеціалізовані комп’ютерні системи”. У теоретичній частині курсу висвітлюються методики визначення параметрів іоносфери і їх реалізація, орієнтовані на використання сучасних комп’ютерних технологій. Для виконання лабораторних робіт використовується радіолокаційне обладнання обсерваторії Інституту іоносфери.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Богомаз О. В. Обчислювальні процедури при аналізі некогерентного розсіяння в іоносферній плазмі / В. О. Пуляєв, Є. В. Рогожкін, О. В. Богомаз – Монографія. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 264 с.

Здобувачем проведено аналіз та моделювання методів процедур розв’язання зворотної задачі розсіяння шляхом перебирання значень іоносферних параметрів з постійним і змінним кроком та з використанням методу Монте-Карло, реалізовано методи синтезу сигналів, подібних до некогерентно розсіяних іоносферою, та оцінено їх ефективність.

2. Богомаз А. В. Моделирование случайного сигнала с заданной спектральной плотностью мощности / А. В. Богомаз // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків. – 2009. – № 23. – С. 29–32.

3. Богомаз А. В. Моделирование некогерентно рассеянного сигнала и высотного распределения его параметров / А. В. Богомаз // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків. – 2010. – № 48. – С. 72–76.

4. Богомаз О. В. Імітація сигналів некогерентного розсіяння з урахуванням

висотного розподілу іоносферних параметрів, динаміки плазми та заводових складових / В. О. Пуляев, О. В. Богомаз // Космічна наука і технологія. – Київ. – 2011. – Т. 17. № 5. – С. 24–28.

Здобувачем розроблено спосіб імітації сигналів некогерентного розсіяння з урахуванням висотного розподілу іоносферних параметрів та проведено моделювання способів імітації сигналів.

5. Богомаз А. В. Особенности решения прямой задачи рассеяния при расчёте параметров ионосферной плазмы / В. А. Пуляев, Е. И. Сокол, А. В. Богомаз, Д. П. Белозёров // Радиотехника. – Харьков. – 2010. – № 160. – С. 280–285.

Здобувачем розроблено методики оцінювання ефективності розв'язання прямої задачі розсіяння.

6. Богомаз А. В. Моделирование двумерной функции неопределённости для случая работы радара некогерентного рассеяния / М. Н. Сюсюк, Д. В. Котов, А. В. Богомаз // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків. – 2011. – № 44. – С. 81–84.

Здобувачем проведено дослідження двовимірної функції невизначеності для діючих режимів харківського радара НР та зроблено висновки щодо доцільності її використання для підвищення ефективності перетворення інформації у системі діагностування стану іоносфери.

7. Богомаз А. В. Моделирование статистических погрешностей оценок ионосферных параметров, получаемых с помощью метода некогерентного рассеяния / А. В. Богомаз // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь. – 2013. – №6 (39). – С. 9–15.

8. Богомаз А. В. Влияние ширины спектра зондирующего радиоимпульса на точность расчёта параметров ионосферной плазмы в методе некогерентного рассеяния радиоволн / А. В. Богомаз // Радиотехника. – Харьков. – 2013. – № 173. – С. 27–31.

9. Богомаз А. В. Коррекция высотных профилей значений автокорреляционных функций некогерентно рассеянных сигналов / А. В. Богомаз, Д. В. Котов, М. Н. Сюсюк // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків. – 2012. – № 57 (963). – С. 35–42.

Здобувачем досліджено ефективність способів корекції висотних профілів значень АКФ НР сигналів, проведено експериментальні дослідження з обробки даних радара НР.

10. Богомаз А. В. Пакет программ нового поколения для обработки данных радаров некогерентного рассеяния Unified Processing of the Results of Incoherent Scatter Experiments (UPRISE) / А. В. Богомаз, Д. В. Котов // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків. – 2013. – № 28 (1001). – С. 29–37.

Здобувачем розроблено пакет програм для обробки експериментальних даних радара НР, за допомогою розробленої моделі системи обробки даних радара НР підтверджено правильність перетворення інформації на усіх етапах обробки, досліджено ефективність процедур перетворення інформації.

11. Богомаз А. В. Программно-аппаратный комплекс для имитации некогерентно рассеянного сигнала / А. В. Богомаз, Д. А. Искра // Вісник Національного

технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків. – 2013. – №33 (1066). – С. 3–7.

Здобувачем розроблено структуру програмно-апаратного комплексу для імітації НР сигналів, досліджено його ефективність при роботі з системою діагностування стану іоносферного середовища на базі радара НР.

12. Пат. 42311 Україна, МПК G 01 S 13/95. Спосіб імітації суміші шумоподібного сигналу та завади із заданими спектрами / В. О. Пуляєв, О. В. Богомаз, Д. В. Котов. – № 200901462; заявл. 20.02.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12.

Здобувачем проведено пошук існуючих способів імітації шумоподібних сигналів, запропоновано аналог та прототип способу, що лягли в основу корисної моделі, розроблено методикку моделювання та перевірено ефективність розробленого способу.

13. Пат. 45547 Україна, МПК G 01 S 13/95. Спосіб імітації висотного розподілу сигналу некогерентного розсіяння та завади / О. В. Богомаз. – № 200906890; заявл. 01.07.2009; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21.

14. Пат. 58665 Україна, МПК G 01 S 13/95. Спосіб імітації сигналу некогерентного розсіяння згідно до стану та динаміки іоносферної плазми / Пуляєв В. О., Мірошніков А. Є., Ємельянов Л. Я., Богомаз О. В., Козлов С. С. – № 201009698; заявл. 03.08.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8.

Здобувачем проведено пошук існуючих способів імітації НР сигналів, запропоновано аналог та прототип способу, що лягли в основу корисної моделі, розроблено методикку моделювання та перевірено ефективність розробленого способу.

15. Богомаз А. В. Имитация сигнала некогерентного рассеяния с заданной формой автокорреляционной функции / А. В. Богомаз, Е. В. Рогожкин // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Тези доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції (4–6 червня 2008 р., Харків). Секція 17. Навколоземний космічний простір. Радіофізика та іоносфера. – 2008. – С. 228.

Здобувачем обґрунтовано можливість імітації НР сигналів з використанням амплітудно-фазової маніпуляції гармонічного сигналу та оцінено похибки імітації, що виникають внаслідок обмежень швидкодії обчислювальної техніки.

16. Богомаз А. В. Поиск кодов для амплитудно-фазовой манипуляции при моделировании сигналов с требуемой формой автокорреляционной функции / А. В. Богомаз // Технічна електродинаміка. – Київ. – 2009. – С. 115–116.

17. Богомаз А. В. Оптимизация параметров фильтрации когерентных помех при анализе данных некогерентного рассеяния / А. В. Богомаз // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій “РТ-2011”: Матеріали 7-ої Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, Севастополь 11 – 15 квітня 2011 р. / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Севастопольський національний технічний університет – Севастополь : СевНТУ, 2011. – С. 315.

18. Богомаз А. В. Восстановление профиля мощности сигнала некогерентного рассеяния / А. В. Богомаз, Д. В. Котов, Е. И. Ярков // Конференция молодых учёных “Дистанционное радиозондирование ионосферы (ИОН-2011)” (Харьков, Украина, 12 – 15 апреля 2011 г.). – Сборник тезисов. – 2011. – С. 34.

Здобувачем розроблено методикку для перевірки коректності перетворення

інформації під час корекції профілю потужності НР сигналу у системі діагностування стану іоносферного середовища та визначено оптимальні параметри процедури відновлення профілю потужності НР сигналу.

19. Богомаз А. В. Преимущества обработки данных радара НР на удалённом сервере / А. В. Богомаз, А. Е. Мирошников // Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения Украины: материалы Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 24–25 дек. 2012 г. – Харьков : НТУ “ХПИ”, 2012. – С. 27–28.

Здобувачем поставлено мету дослідження та обрано шляхи розв’язання поставленої задачі, експериментально перевірено та підтверджено переваги системи, що працює на віддаленому сервері, для ефективного перетворення інформації у даних радара НР.

20. Богомаз А. В. Этапы обработки данных радара некогерентного рассеяния / А. В. Богомаз // Конференция молодых учёных “Дистанционное радиозондирование ионосферы (ИОН-2012)” (Харьков, Украина, 18 – 20 апреля 2012 г.). – Сборник тезисов. – 2012. – С. 7.

21. Богомаз А. В. Аппроксимация высотных профилей мощности некогерентно рассеянного сигнала рядами Фурье / М. Н. Сюсюк, А. В. Богомаз // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій “РТ-2012”: Матеріали 8-ої Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, Севастополь, 23 – 27 квітня 2012 р. / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Севастопольський національний технічний університет – Севастополь : СевНТУ, 2012. – С. 324.

Здобувачем запропоновано спосіб апроксимації висотних профілів потужності НР сигналу, розроблено методики перевірки способу та створено відповідне програмне забезпечення.

22. Богомаз О. В. Оптимізація процесу оцінювання параметрів іоносферної плазми у системі обробки даних радару некогерентного розсіяння / О. В. Богомаз // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я. Тези доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції (15–17 травня 2012 р., Харків). Секція 17. Навколоземний космічний простір. Радіофізика та іоносфера. – Харків : НТУ “ХПИ”, 2012. – С. 205.

23. Богомаз А. В. Статистические погрешности определения температуры и ионного состава ионосферной плазмы методом некогерентного рассеяния. Результаты моделирования / А. В. Богомаз // Сборник трудов Международной байкальской молодёжной научной школы по фундаментальной физике и XIII Конференции молодых учёных “Взаимодействие полей и излучения с веществом” (Иркутск, Россия, 9 – 14 сентября 2013 г.). – Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2013. – С. 127–128.

24. Богомаз А. В. Практическая реализация обработки данных радара некогерентного рассеяния Института ионосферы / А. Е. Мирошников, А. В. Богомаз // Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения Украины: материалы Научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 12–13 дек. 2013 г. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2013. – С. 63–66.

Здобувачем поставлено мету дослідження, обрано шляхи розв’язання поставленої задачі, проведено експериментальне дослідження розробленої системи, що

працює на віддаленому сервері.

25. Богомаз А. В. Определение ионного состава средней ионосферы по данным радара некогерентного рассеяния: методические особенности / А. В. Богомаз, М. Н. Сюсюк // 13-а Українська конференція з космічних досліджень, 2–6 вересня 2013 р., Євпаторія, Крим, Україна. – 2013. – С. 61.

Здобувачем розроблено методики для перевірки коректності перетворення інформації під час визначення іонного складу плазми у системі діагностування стану іоносферного середовища.

26. Bogomaz O. Program of data exchange in XML format of ISR express data processing system running on the server-side / A. Mirosnikov, O. Bogomaz, A. Zhuk // International School-Conference “Remote radio sounding of the ionosphere (ION-2013)”, September, 30 – October, 4, 2013, Maly Mayak (Big Alushta), Crimea, Ukraine. – Book of abstracts. – 2013. – P. 51.

Здобувачем запропоновано використання формату XML для обміну даними, що отримані на радарі НР та перевірено ефективність реалізації у складі системи діагностування стану іоносфери.

27. Богомаз О. В. Візуалізація результатів обробки даних радара некогерентного розсіяння на віддаленому сервері / А. Є. Мірошніков, О. В. Богомаз // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІІІ (29–31 травня 2013 р., Харків). Секція 17. Навколосезний космічний простір. Радіофізика та іоносфера – Харків : НТУ “ХПІ”, 2013. – С. 200.

Здобувачем запропоновано спосіб ефективної реалізації візуалізації результатів обробки даних, отриманих у системі діагностування стану іоносферного середовища на базі радара НР.

АНОТАЦІЇ

Богомаз О. В. Підвищення ефективності перетворення інформації в системі діагностування стану іоносферного середовища. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, м. Харків, 2014.

Дисертаційна робота присвячена дослідженням методів підвищення ефективності перетворення інформації в системі діагностування стану іоносферного середовища на базі радара некогерентного розсіяння (НР).

Проведено оптимізацію процедур перетворення інформації у системі обробки радара НР: фільтрації, інтерполяції, усереднення та корекції даних. Систематизовано підходи до виконання головної процедури перетворення інформації у системі діагностування стану іоносферного середовища – розв'язання зворотної задачі розсіяння, тобто визначення параметрів іоносферної плазми за автокореляційними функціями (АКФ) розсіяного сигналу. Отримано похибки оцінок параметрів плазми.

Вперше побудовано узагальнену модель АКФ НР сигналу для харківського радара, яка базується на використанні двовимірної функції невизначеності АКФ

НР сигналу та максимально коректно враховує просторово-часовий розподіл параметрів іоносферного середовища.

Запропоновано та реалізовано спосіб імітації суміші НР сигналу та завади для налагодження алгоритмів перетворення інформації у системі обробки радара НР. На базі запропонованого способу розроблено програмно-апаратний комплекс для тестування апаратного забезпечення системи обробки.

Створено та впроваджено системи збору, обробки та передачі отриманих за допомогою радара НР даних у вигляді спеціалізованого пакета програм UPRISE (Unified Processing of the Results of Incoherent Scatter Experiments) та системи обробки, що працює на боці віддаленого сервера та базується на використанні бази даних радіофізичних експериментів.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, діагностування, комп'ютерна мережа, програмно-апаратний комплекс, система обробки даних, база даних.

Богомаз А. В. Повышение эффективности преобразования информации в системе диагностирования состояния ионосферной среды. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – компьютерные системы и компоненты. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, г. Харьков, 2014.

Диссертационная работа посвящена исследованиям методов повышения эффективности преобразования информации в системе диагностирования состояния ионосферной среды на базе радара некогерентного рассеяния (НР).

Проведена оптимизация процедур преобразования информации в системе обработки радара НР: фильтрации, интерполяции, усреднения и коррекции данных. Систематизированы подходы к выполнению главной процедуры преобразования информации в системе диагностирования состояния ионосферной среды – решения обратной задачи рассеяния, т.е. определения параметров ионосферной плазмы по статистическим характеристикам рассеянного сигнала. Процедуры расчёта параметров ионосферной среды реализованы в пакете программ для моделирования преобразований информации, содержащейся в статистических характеристиках НР сигнала. С помощью этого пакета проверен и исследован обобщённый алгоритм решения обратной задачи рассеяния, алгоритмы решения обратной задачи рассеяния методом Монте-Карло и методом последовательных приближений, алгоритм устранения неоднозначности решений.

Разработаны методы оценки погрешностей при расчёте параметров ионосферной плазмы. Получены значения погрешностей параметров плазмы для различных гелиогеофизических условий и помеховой обстановки.

Впервые построена обобщённая модель автокорреляционной функции (АКФ) НР сигнала для харьковского радара, которая максимально корректно учитывает пространственно-временное распределение параметров ионосферной среды. Модель основана на применении двумерной функции неопределённости автокорреляционной функции НР сигнала. Она учитывает аппаратные особенности рада-

ра (форма зондирующих импульсов и импульсной характеристики приёмного тракта) и позволяет корректно моделировать АКФ НР сигналов, а также может использоваться при обработке данных радара для коррекции профиля мощности НР сигнала и при расчёте параметров ионосферной плазмы.

Предложен и реализован способ имитации смеси НР сигнала и помехи для отладки алгоритмов преобразования информации в системе обработки радара НР. Способ использует в качестве входных параметров спектральные характеристики рассеянного сигнала и помехи и позволяет получить смесь с заданным отношением сигнал/помеха, имитировать высотное распределение НР сигнала и помехи, а также учитывать динамику ионосферной плазмы. На основе предложенного способа разработан программно-аппаратный комплекс для тестирования аппаратного обеспечения системы обработки.

Созданы и внедрены системы сбора, обработки и передачи полученных с помощью радара НР данных.

Первая система в виде специализированного пакета программ UPRISE (Unified Processing of the Results of Incoherent Scatter Experiments) работает на локальных компьютерах пользователей под управлением операционной системы Microsoft Windows. Программы пакета работают в интерактивном режиме и реализуют основные процедуры преобразования информации в системе диагностирования состояния ионосферной среды: визуализацию первичных данных, подготовку данных к решению обратной задачи рассеяния (автоматическую фильтрацию, накопление и коррекцию данных), решение обратной задачи (т.е. оценку параметров ионосферной среды) и визуализацию результатов. Внедрённые в пакете UPRISE оптимальные методики преобразования информации позволили получить ряд качественно новых уникальных результатов (среди которых надёжные данные о пространственно-временных вариациях абсолютных и относительных концентраций ионов водорода и гелия) и наблюдать тонкие эффекты в вариациях параметров геокосмической плазмы, ранее недоступные для исследований.

Вторая система сбора, обработки и передачи полученных с помощью радара НР данных работает на стороне удалённого сервера, основана на применении базы данных радиофизических экспериментов и имеет следующие преимущества: удобство разработки и отладки ПО, удобство работы оператора, возможность обработки данных на компьютере даже с малой производительностью, возможность использования результатов предыдущих расчётов, возможность ограничения доступа к исходным данным. Оригинальное программное обеспечение системы работает совместно с системой управления базами данных PostgreSQL, программой визуализации данных gnuplot и web-сервером Apache.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, диагностирование, компьютерная сеть, программно-аппаратный комплекс, система обработки данных, база данных.

Bogomaz O. V. Improving the efficiency of information transformation in the system for diagnosing the state of the ionospheric environment. – Manuscript.

Thesis for scientific degree of the candidate of technical sciences on the specialty 05.13.05 – Computer systems and components. – National Technical University “Kharkiv

Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2014.

The thesis is devoted to research methods for improvement of the efficiency of information transformation in the system of diagnostics of the ionospheric environment state by incoherent scatter (IS) radar.

The optimization of procedures of information transformation in IS radar data processing system (data filtering, interpolation, averaging and correction) was made. Approaches to the implementation of the main routine of transforming of information in the system of diagnostics of the ionospheric environment state were systemized. This routine is called the inverse scattering problem. It means determining of the ionospheric plasma parameters using the statistical characteristics of the scattered signal. Errors of the plasma parameters estimation were obtained.

General model of the IS signal autocorrelation function (ACF) for the Kharkiv radar was created. This model is based on the using of the two-dimensional ambiguity function of the ACF of the IS signal and takes into account the spatial and temporal distributions of parameters of the ionosphere more correctly.

The method for a mixture of the IS signal and noise simulation was proposed, implemented and used for programs and data processing systems testing.

The software package UPRISE (Unified Processing of the Results of Incoherent Scatter Experiments) for storing, processing and transmission of IS radar data was created.

The data processing system that works on a remote server and uses the database of radiophysical experiments was developed.

Key words: measuring information system, diagnostics, computer network, computer appliance, data processing system, database.



Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0.9. Тир. 100 прим. Зам. 453-14.
Підписано до друку 24.12.14. Папір офсетний.

Надруковано з макету замовника у ФОП Бровін О.В.
61022, м. Харків, вул. Трінклера, 2, корп.1, к.19. Т. (057) 758-01-08, (066) 822-71-30
Свідоцтво про внесення суб'єкта до Державного реєстру
видавців та виготовників видавничої продукції серія ДК 3587 від 23.09.09 р.

СТИЛЬ®
ИЗДАТ
ТИПОГРАФІЯ
www.stil-izdat.com