**Пуляєв Валерій Олександрович. Підвищення ефективності визначення параметрів іоносфери при дистанційному моніторингу методом некогерентного розсіяння : дис... д-ра техн. наук: 05.07.12 / Національний аерокосмічний ун-т ім. М.Є.Жуковського "Харківський авіаційний ін-т". - Х., 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Пуляєв В.О.Підвищення ефективності визначення параметрів іоносфери при дистанційному моніторингу методом некогерентного розсіяння. –** Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за фахом 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження. – Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “ХАІ”, Харків, 2006.  У дисертації з метою підвищення ефективності визначення параметрів іоносфери при дистанційному моніторингу іоносфери Землі методом некогерентного розсіяння (НР) у широкому інтервалі висот розглядаються питання узагальнення теорії і практики зондування та обробки сигналу некогерентного розсіяння, а також багатопараметричної ідентифікації стану плазми по автокореляційним функціям цього сигналу.  Розроблено теоретичні положення, сформульовано принципи побудови систем імпульсного зондування і обробки, створено алгоритми їх функціонування при синтезі інформаційних технологій, адаптованих до особливостей некогерентного розсіяння радіохвиль. Модифіковано методи і алгоритми аналізу та обробки сигналу розсіяння, що сприяло подальшому розвитку теорії розв’язку зворотної задачі електродинаміки.  Обґрунтовано структуру спеціалізованого пристрою багатоканальної обробки, синтезовано загальну структуру апаратурних засобів для їх спільної взаємодії з багаторівневою комп’ютерною мережею у випадку функціонування у складі міжнародної мережі радарів НР. Організовано локальну базу даних радара, розроблено прикладне програмне забезпечення, отримано нові експериментальні дані про структуру і динаміку іоносферної плазми в інтервалі висот 100 – 1500 км. | |
| |  | | --- | | У дисертації в рамках існуючої теорії НР одержали подальший розвиток теоретичні положення, моделі і алгоритми, а також реалізована практична база для розширення інформаційних можливостей методу НР. Це сприяло розв’язанню важливої науково-прикладної проблеми – підвищення ефективності визначення параметрів іоносфери при дистанційному моніторингу навколоземного космічного простору.  Показано, що режими, які використовуються для імпульсного зондування і обробки даних, та радіотехнічні пристрої не дозволяють проводити повноцінний і якісний іоносферний моніторинг іоносфери Землі на висотах понад 1000 км. Це пов’язано із неможливістю значно підняти енергетичний потенціал радіолокаційної установки, а також і з недовикористанням можливостей зондувальних сигналів та недосконалістю аналізу сигналу НР при розв’язанні зворотної задачі розсіяння.  Основні висновки, які підтверджені експериментальними даними, зводяться до наступного.  1. Показано, що для організації ефективних іоносферних спостережень необхідно використовувати системний підхід до процесу вимірювань. При цьому досліджуване середовище, пристрої і процедури зондування, а також алгоритми обробки повинні розглядатися як елементи загальної системи, причому з метою одержання максимально достовірної іоносферної інформації зв’язки між ними і конкретне виконання елементів визначаються умовами спостережень. В результаті узагальнено і запропоновано для реалізації комплекс інформаційних перетворень з впровадженням процесів адаптивного зондування, ефективного виділення геофізичної інформації із статистичних характеристик сигналу НР та оперативного обміну і уточнення результатів спостережень.  2. Запропоновано нові підходи до синтезу зондувальних сигналів із заданими кореляційними властивостями. Вперше розроблено складені зондувальні сигнали, що мають в своєму складі елементи для поточного контролю технічного стану радара НР. Розроблено дискретну модель формування АКФ сигналу розсіяння для аналізу можливостей зондування одночасно нижніх і верхніх висотних рівнів. На її основі дано математичне обґрунтування принципів кодування елементів зондувальних сигналів, які враховують специфіку некогерентного розсіяння радіохвиль і апаратурне оснащення радарів НР і, зокрема, радара НР метрового діапазону.  3. Проведено математичне моделювання процесу розрахунків нормованих АКФ сигналу НР. Під час цього на основі аналізу марківских процесів одержано аналітичні вирази, що імітують кореляційні функціонали, результат же аналізу їх властивостей дозволив вперше обчислити сімейства кривих густини розподілу випадкових значень ординат АКФ. Це дає можливість проводити їх статистичну атестацію. Вперше оцінені значення довірчих інтервалів АКФ в різних умовах експерименту, особливо при аналізі сеансів короткої тривалості, що дозволяє мінімізувати похибки, пов’язані з апаратурними і методичними факторами.  4. Одержали подальший розвиток процедури розв’язання зворотної задачі електродинаміки для випадку її адаптації до особливостей некогерентного розсіяння радіохвиль. В руслі цього розглянуто питання узагальнення і подальшого розвитку процедур регуляризації оцінок, що вперше дозволило істотно звузити інтервал можливих розв’язків задачі і підвищити завадостійкість алгоритмів при малих (до 0.01 по потужності) відношеннях сигнал/шум. В результаті у 1.5 раз розширено висотний діапазон зондування, а результуюча похибка вимірювань при довірчій імовірності 0.68 ... 0.95 (відповідно [±у ... ±2у]) не перевищує 10 %, що підтверджують результати чисельного моделювання.  5. Уперше розроблено стійкі алгоритми для визначення параметрів іоносферної плазми при багатокомпонентному іонному складі. Реалізовано ряд оптимальних (як за критерієм мінімуму обчислювальних операцій, так і максимуму точності обчислень) розрахунків висотно-часового розподілу перерізу розсіяння *у*(*h*, *t*), електронної концентрації *N*e(*h*, *t*), електронної *T*e(*h*, *t*) та іонної *T*i(*h*, *t*) температур, дрейфу *V*r(*h*, *t*) іоносферної плазми, складових іонної компоненти: іонів атомного кисню *O+*(*h*, *t*), гелію *He+*(*h*, *t*), водню *H+*(*h*, *t*) і молекулярних іонів *М*+(*h*, *t*) (суміш *NO+*,*O2+* та ін.).  В остаточному підсумку ці відомості дозволяють розраховувати добові і сезонні залежності іоносферних параметрів на висотному інтервалі одночасно від 100 км до 1500 км.  6. Вперше розроблено модель, яка на основі одночасного розв’язання прямої та зворотної задач дає можливість визначати ефективність статистичного оцінювання параметрів іоносферної плазми при багатокомпонентному іонному складі. З її допомогою для заданих довірчих інтервалів досліджено вплив вибору кількості і кроку по затримці експериментальних ординат АКФ, а також рівня адитивного шуму на потенційну точність обробки інформації. Отримані відомості є базовими при визначені складу технічних засобів, точності обчислювальних операцій, швидкодії алгоритмів обробки.  7. Запропоновано сумісну дослідницьку систему з використанням власне радара НР та мережі інформаційно-обчислювальних засобів, яка на новому функціональному рівні сприяє покращанню якості вимірювань. При цьому одержали подальший розвиток різноманітні варіанти систем зондування та структура операційної частини кореляційного каналу для обробки кодованого сигналу любої складності. Також вперше запропоновано модель багатоканальної структури для реалізації оперативного розв’язання зворотної задачі, що використовує принцип дії елементів штучних нейронних мереж. Запропоновано структуру швидкодіючого радіоканалу для передачі результатів між територіально віддаленими підсистеми радара. Розглянуто адаптивне керування апаратурою і поточний контроль ходу іоносферних вимірювань.  Дані розробки сприяли створенню автоматизованого комплексу засобів – Іоносферного зонду Інституту іоносфери НАН і МОН України, призначеного для спільних міжнародних аерокосмічних досліджень і оперативного відстеження стану і динаміки іоносфери Землі. Як наслідок успіхів, досягнутих у розробці перспективних технологій з моніторингу іоносфери, за рекомендацією Національного наукового фонду США харківський радар включено до складу учасників міжнародної мережі радарів НР.  8. Реалізовано програмне забезпечення для підтримки одночасної взаємодії ряду функціонально нестандартних задач. Вони реалізують як управління радаром НР і імовірнісний аналіз сигналу розсіяння у реальному часі, так і оцінку статистичних характеристик сигналу НР і параметрів нестаціонарних іоносферних процесів, з відображенням їх сезонно-добових варіацій. Програмне забезпечення також реалізує обмін результатами з іншими обсерваторіями з метою одержання уявлень про стан навколоземного космічного простору як над європейським регіоном, так і над іншими регіонами земної кулі.  9. Проведено розробку локальної бази іоносферної інформації радара НР Інституту іоносфери, що відповідає особливостям НР. Організовано її зв’язок з міжнародною базою даних радарів НР, для чого синтезовано програмно-алгоритмічні процедури обробки експериментальних даних для оперативної їх передачі по e-mail і Інтернет у базу *MADRІGAL* (Масачусетський інститут технології, США) і в центр даних*CEDAR* (Національний центр атмосферних досліджень, США).  10. В процесі апробації працездатності й ефективності розроблених методів, алгоритмів і пристроїв при проведенні систематичних координованих іоносферних досліджень отримано значний обсяг експериментальних даних про структуру і динаміку іоносферної плазми, що дозволило за період 1990-2005 рр. сформувати унікальний інформаційний масив про стан іоносфери над середніми широтами європейського регіону. Цей масив за своїм обсягом і якісній стороні відповідає міжнародним стандартам.  11. Стосовно до стану іоносфери над українським регіоном, у рамках фундаментальних і прикладних досліджень, екології та інших наук експериментальні дані вперше дозволили одержати таке:  – визначено особливості розподілу гелію *He*+ і водню *H*+ на висотах 500 - 1500 км у періоди низької і високої сонячної активностей;  – зареєстровано особливості поведінки молекулярних іонів на висотах 100 - 250 км;  – оцінено вплив на стан і поведінку іоносфери над Харковом особливостей іоносфери у магнітосполученій точці (о. Мадагаскар);  – зареєстровано ефекти іоносферних бур, викликаних магнітними бурями і процесами, що відбуваються на Сонці;  – виявлено ефекти різкого посилення іонної та електронної частин спектру некогерентного розсіяння при впливі на іоносферу потужного короткохвильового випромінювання;  – відзначено ефекти утворення штучних іоносферних збурень, викликаних антропогенним впливом на іоносферу.  Таким чином, в результаті розвитку теоретичних та практичних аспектів методу некогерентного розсіяння вирішена важлива науково-прикладна проблема – підвищення ефективності визначення параметрів іоносфери в інтервалі висот 100 - 1500 км за умов, коли відсутня можливість подальшого збільшення енергетичного потенціалу радарної системи. Використання основних положень дисертації в існуючій світовій мережі радарів НР дозволить здійснювати надійний контроль і прогнозування глобальних процесів в іоносфері в її спокійному і збуреному станах. | |