

О.В. Турінський, Б.О. Демідов, Д.А. Гриб, В.О. Тютюнник, О.О. Хмелевська

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ СТРУКТУРНОЮ ДИНАМІКОЮ ПЕРСПЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

У статті розглядаються методичні аспекти обґрунтування концептуальної побудови (конфігурації) перспективної системи радіолокаційної розвідки повітряного простору, що здійснюється в інтересах забезпечення виконання задач протиповітряної оборони, а також методичні аспекти дослідження процесу управління її функціонуванням і структурною динамікою в умовах зміни повітряної і сигнально-перешкодової обстановки. У якості перспективної системи радіолокаційної розвідки пропонується використовувати багатопозиційну радіолокаційну систему (БПРЛС), що складається з мережі територіально-розподілених радіолокаційних засобів. Вважається, що БПРЛС має складатись з приймальних, передавальних і приймально-передавальних позицій, узгоджено керованих з центрального пункту управління, зв'язку, збору й обробки інформації про повітряну і сигнально-перешкодову обстановку. Це забезпечить виявлення і супроводження як випромінюючих, так і не випромінюючих повітряних об'єктів. Указується на необхідність адаптивного управління параметрами, структурою і режими роботи БПРЛС. Показано, що для автоматизації адаптивного управління у загальний контур управління необхідно вводити відповідні спеціальні програмні засоби, які забезпечать реалізацію методів адаптації на різних ієрархічних рівнях. У якості основних переваг БПРЛС виділяються її високі перешкодостійкість, інформативність, живучість, а також стійке супроводження траєкторій літальних апаратів. Відмічається, що для побудови перешкодостійкої і територіально-розподіленої БПРЛС потрібна реалізація як нових конструктивно-технологічних рішень, так і додаткова розробка специфічних методів обробки інформації та управління БПРЛС з комплексним врахуванням невизначеності у діях противника і впливу організованих радіоперешкод.

Ключові слова: система радіолокаційної розвідки, багатопозиційна радіолокаційна система, управління структурною динамікою, засоби телекомунікацій і зв'язку, методи адаптації.

Вступ

Постановка проблеми. Планування і ведення протиповітряної оборони (ППО) здійснюється, як за правило, в умовах неповноти і невизначеності даних про повітряну обстановку у районі бойових дій. Основними засобами здобування радіолокаційної інформації (РЛІ) про повітряного противника в існуючих системах ППО армій розвинутих держав світу, як і раніше, залишаються засоби радіолокаційної розвідки (ЗРЛР). Радіолокаційна інформація, доповнена даними, що отримується від засобів розвідки іншої фізичної природи, є основою для прийняття рішень на ведення ППО [1–2]. Водночас, ЗРЛР залишаються самою незахищеною складовою системи ППО від впливу радіоперешкод і безпосереднього вогневого ураження.

Стійкість і безперервність інформаційного забезпечення є основою автоматизації процесу управління силами і засобами ППО, а також ефективності ведення ППО в умовах швидкої зміни повітряної та сигнально-перешкодової обстановки (ПСПО) в районі бойових дій [3].

Зменшення ступеню невизначеності, неповноти, недостовірності і суперечності інформації про ПСПО залежить від спеціальних заходів протидії ряду негативних факторів.

Невизначеність може бути обумовлена різними факторами, у тому числі й скритністю дій противника при прагненні ним досягнути своєї інформаційної переваги над угрупованням сил і засобів сторони протистояння, і невідомістю планів противника з проведення активних випереджальних дій з подолання ППО шляхом використання різних варіантів перешкод.

Система радіолокаційної розвідки (СРЛР), що функціонує в межах ППО і є її структурно-функціональним інформаційним компонентом, може мати різні конфігурації і масштабність.

Це залежить від її функціонального призначення, розміру зони розвідки повітряного простору, сигнально-перешкодової обстановки та можливостей щодо розпізнавання намірів повітряного противника. Наприклад, це може бути локальна малобазова мобільна СРЛР у рамках військової ППО.

У цілому інтегрована (єдина) СРЛР, що при-

значена для інформаційного забезпечення виконання завдань ППО держави і її збройних сил, має включати усі основні (актуальні) сегменти (наземний, повітряний, морський) розвідувальної діяльності з використанням як стаціонарних, так і рухомих ЗРЛР. Від якості й ефективності функціонування ЗРЛР залежить якість РЛІ, що здобувається, та безперервність функціонування СРЛР як в мирний, так і у військовий час.

Сучасна СРЛР повинна мати територіально-розподілену мережеву структуру з взаємопов'язаними приймальними, передавальними і приймально-передавальними позиціями різних діапазонів довжин хвиль і володіти можливістю управління структурною динамікою (СД) для адекватного реагування на поточні зміни умов ведення боротьби з повітряним противником.

Модель управління функціонуванням сучасної СРЛР має належати до класу моделей мережецентричного управління з єдиним центром управління (ЄЦУ) ЗРЛР і обробки РЛІ з можливістю реалізації просторово-когерентної обробки сигналів.

Управління СРЛР в цілому має здійснюватися з ЄЦУ або сукупності пунктів управління (ПУ), територіально-розподілених в зоні ведення ППО, або поза нею й об'єднаних телекомунікаційною мережею.

Телекомунікаційна мережа, що входить до складу територіально-розподіленої СРЛР, має забезпечувати виконання двох груп взаємопов'язаних, але різних по цілях і задачах, процесів:

- доставки інформації від одного пункту до іншого (доставку РЛІ споживачам, управлінської інформації з ПУ до ЗРЛР, сигнальної і трасової інформації для спільної її обробки);

- обробки, перетворення і використання інформації для управління структурою та функціонуванням СРЛР.

Головною метою функціонування телекомунікаційної мережі в рамках територіально-розподіленої СРЛР має бути забезпечення своєчасності, достовірності і захищеності інформаційного обміну управлінськими даними. Тому при оцінюванні якості функціонування телекомунікаційної мережі мають розглядатись, перш за все, показники цих її основних властивостей.

Телекомунікаційна мережа забезпечує координацію і об'єднання в єдиному контурі управління функціонуванням територіально-розподілених, взаємопов'язаних і взаємодіючих структурно-функціональних компонентів СРЛР, що утворюють систему в цілому з властивостями БПРЛС.

Розгортання вказаної системи може бути віднесене до перспективного переведення СРЛР ППО від стаціонарних окремо розташованих ЗРЛР, які мають невисоку живучість та перешкодозахищеність, до інтегрованої СРЛР ППО у складі активно-пасивних

ЗРЛР, об'єднаних телекомунікаційною мережею з іншими компонентами, що дозволяє підвищити живучість та перешкодозахищеність СРЛР. Необхідність такого розгортання обумовлюється значним ускладненням ПСПО за наступними складовими [2; 6]:

- зростання кількості цілей в зоні дії ЗРЛР;
- підвищення швидкості і маневреності повітряних цілей;
- зростання потужності радіоперешкод;
- зниження радіолокаційної помітності цілей;
- застосування високоточної протирадіолокаційної зброї та ін.

Такі тенденції розвитку ПСПО обумовлюють актуальність наступних напрямків вдосконалення ЗРЛР [4–5]:

- підвищення енергетичного потенціалу ЗРЛР;
- забезпечення адаптивного розподілу енергії, що випромінюється, в зоні огляду;
- підвищення інформаційних можливостей ЗРЛР;
- вдосконалення методів і засобів адаптації до швидких змін перешкодової обстановки;
- об'єднання РЛІ від різних ЗРЛР;
- підвищення живучості ЗРЛР в умовах застосування високоточної зброї;
- підвищення мобільності;
- реалізація принципів багатопозиційної радіолокації.

Одним з основних шляхів підвищення ефективності функціонування СРЛР ППО слід розглядати об'єднання окремих територіально-розподілених ЗРЛР в єдину мережу з центральним ПУ та утворення активно-пасивної БПРЛС. На відміну від існуючих оглядових ЗРЛР, БПРЛС мають забезпечувати виявлення літальних апаратів (ЛА) за результатом обробки сигналів активними і пасивними методами радіолокації, причому, пасивні режими роботи мають забезпечувати виявлення ЛА за опромінюванням інших джерел, таких як сигнали телебачення, зв'язку, космічних систем та інших.

На рис. 1 наведений загальний вигляд основної частини БПРЛС, що складається з територіально-розподілених активно-пасивних (позиції 1–3 – пасивного прийому, позиція 4 – активного прийому) рухомих ЗРЛР, з ЄЦУ (5) обробкою РЛІ і телекомунікаційної мережі.

У відповідності з широким колом задач, що покладаються на БПРЛС, основне її функціональне призначення має бути визначене як достовірне оцінювання фазових координат ЛА, постановників активних і пасивних перешкод, на основі виконання спільної обробки сукупності прийнятих сигналів з наступним визначенням їх належності до корисних сигналів або перешкод, проведення відповідної первинної і вторинної їх обробки, та визначення тактичних і перешкодових ситуацій.

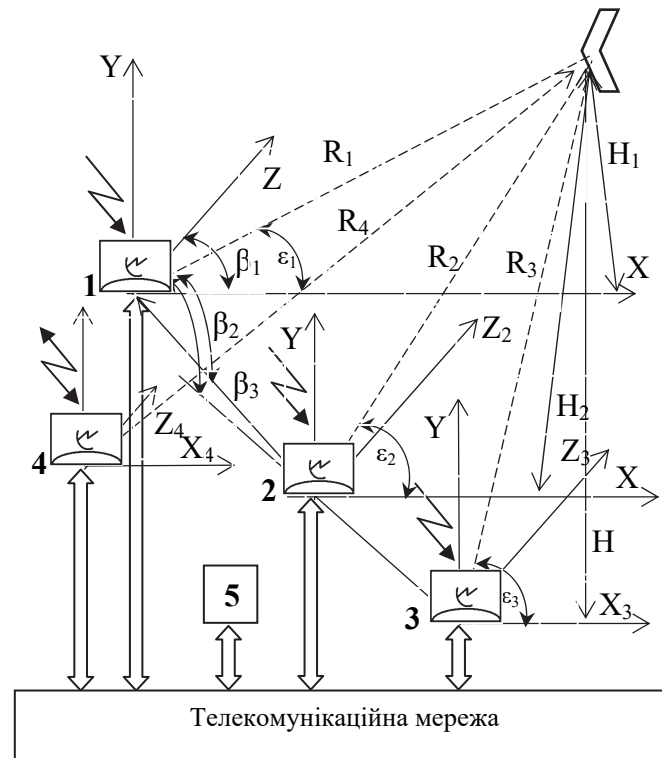


Рис. 1. Загальний вигляд чотирьохпозиційної активно-пасивної БПРЛС

Під тактичною ситуацією слід розуміти сукупність змін множини координат і положення ЛА, що знаходяться в зоні виявлення БПРЛС, а під перешкодовою ситуацією – сукупність перешкодових впливів (їх комбінацій) на вході БПРЛС.

З того, що у процесі роботи БПРЛС може виникати необхідність в обслуговуванні як невідомою, так і відомою об'єктів (наприклад, джерел активних перешкод), в БПРЛС буде доцільним використання активно-пасивного режиму роботи. Для цього буде потрібна хоч би одна передавальна позиція. У такому випадку інформація буде вилучатися як з ехо-сигналів, що відбивається від ЛА, так і з прийнятого випромінювання різних її джерел. Для забезпечення вимірювання координат ЛА БПРЛС у пасивному режимі потрібно мінімум дві приймальні позиції. Реальна БПРЛС за рівнем об'єднання інформації має бути комбінованою.

Можливий варіант структурної схеми БПРЛС мінімального складу представлений на рис. 2, де відображені модулі функціональних систем:

- приймально-передавальний (ПРМ–ПРД);
- приймальні (ПРМ1 – ПРМ3);
- антенні системи;
- модулі обміну РЛІ і командами управління;
- система зв'язку (телекомунікації);
- центр управління, зв'язку (телекомунікації) і обробки РЛІ (ЄЦУ).

У варіанті структурної схеми БПРЛС, що представлена на рис. 2, канали обробки сигналів та РЛІ забезпечують формування трасової інформації по

виявлених цілях.

Для забезпечення спільної обробки дані, які отримуються від різних ЗРЛР, попередньо приводяться до єдиної системи координат.

Складність і швидкоплинність повітряної обстановки обумовлюють необхідність перебазування як приймальних, так і передавальних позицій БПРЛС у встановлених (об'єктивно обумовлених) границях територій з наступним відновленням їх узгодженої взаємодії в умовах складного рельєфу місцевості.

У межах мережевої структури інформаційні підсистеми (компоненти) БПРЛС мають взаємодіяти між собою і з ЄЦУ за допомогою телекомунікаційної мережі.

За рахунок розосередженості і збільшення кількості позицій ЗРЛР можливо значно підвищити живучість БПРЛС.

Багатопозиційна радіолокаційна система – це складна система, яка при розробці і практичному втіленні у систему ППО має ряд теоретичних і практичних проблемних аспектів, що потребують вирішення наступних задач:

- створення системи зв'язку між позиціями БПРЛС, що забезпечує потрібний рівень надійності, пропускну здатності і перешкодозахищеності;
- розробки алгоритмічного забезпечення інформаційних підсистем БПРЛС, що забезпечують управління і потрібний рівень перешкодозахищеності БПРЛС при дії організованих перешкод;
- забезпечення обробки інформації у реальному

масштабі часу у залежності від змін у ПСПО;

- прогнозування найбільш вірогідних впливів противника на БПРЛС і відпрацювання ефективних заходів з їх нейтралізації;
- обґрунтування структури перешкодостійкої БПРЛС;
- розробка математичних моделей процесів, що

протікають в інформаційних системах БПРЛС, для різних умов функціонування;

- розробка методів та алгоритмів обробки інформації в інформаційних системах БПРЛС;
- розробка методики і алгоритмів управління СД інформаційної підсистеми БПРЛС і СД БПРЛС в цілому.

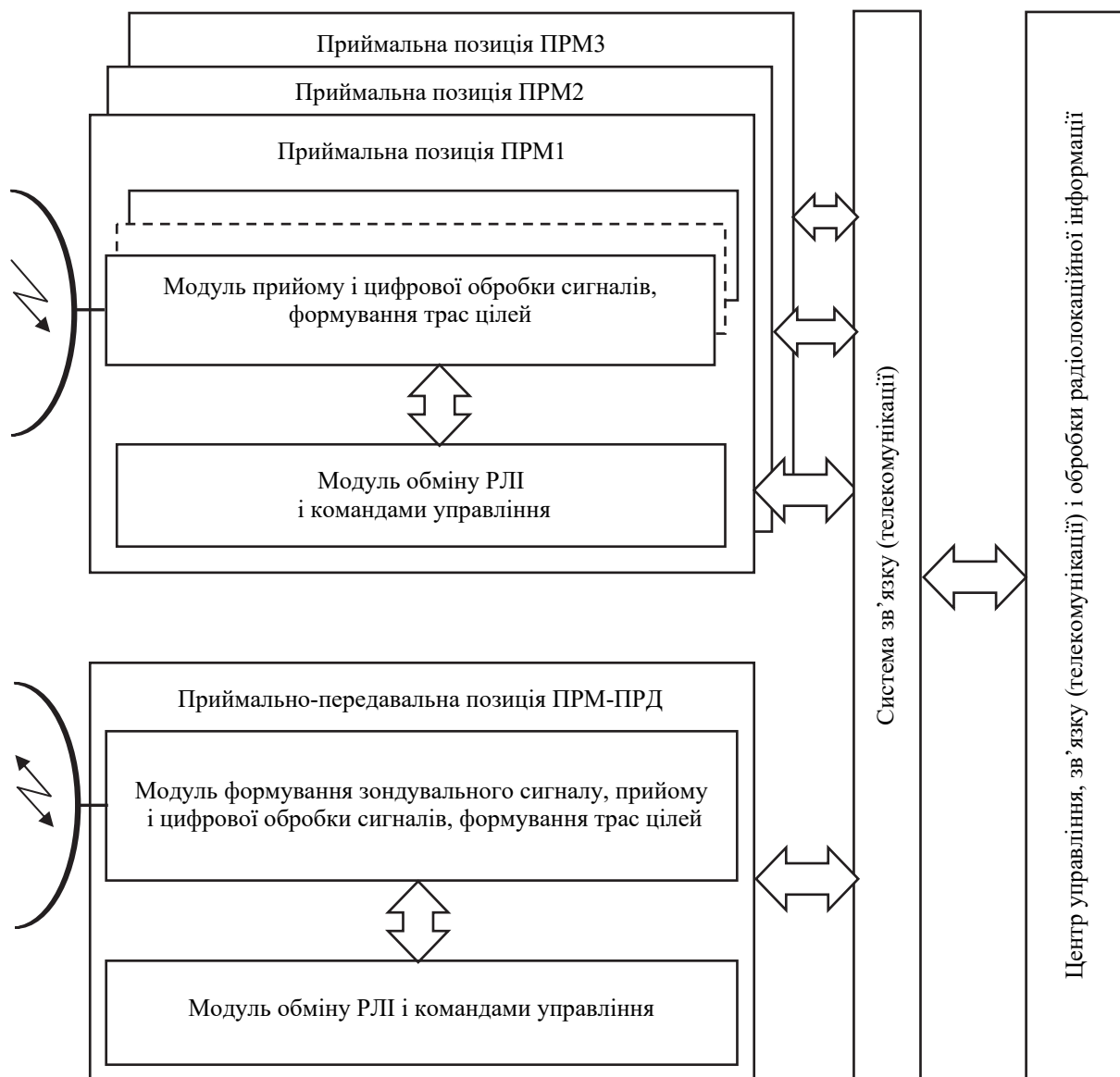


Рис. 2. Варіант фрагменту структурної схеми активно-пасивної БПРЛС

Протидіюча сторона буде намагатись знайти способи виводу з строю ЗРЛР з кращими характеристиками. Для протидії цьому в БПРЛС має бути передбачений комплекс заходів організаційного і технічного характеру з підвищення рівня її живучості, ступеню стійкості до вогневого і радіоелектронного впливу противника, тобто ситуаційної адаптації її функціонування її СД до динаміки зміни ПСПО в умовах динамічної боротьби із засобами повітряного нападу (ЗПН). Виникає важлива задача

обґрунтування і розробки комплексних, системно організованих та практично реалізованих алгоритмів управління функціонуванням БПРЛС як складної дискретної системи із мережерозподіленими інформаційними компонентами, що представлені територіально-розподіленими приймальними, передавальними і приймально-передавальними позиціями, які узгоджено управляються з ЄЦУ.

Мета статті. У системному вигляді подати методичні аспекти концептуального проектування та

будови (конфігурації) БПРЛС як перспективної системи інформаційного забезпечення виконання задач ППО і системних досліджень процесів управління її функціонуванням і СД в умовах динамічної зміни ПСПО.

Виклад основного матеріалу

Проблемні аспекти реалізації концепції побудови єдиної системи ППО мають ряд аспектів, в якості основних виділяються проблемні аспекти розробки і втілення в систему ППО інтегрованої СРЛР повітряного противника, що призначена для інформаційного забезпечення виконання задач ППО держави і її збройних сил.

У якості переважного варіанту побудови інтегрованої СРЛР може бути розглянутий варіант БПРЛС з керованою СД, що адаптується до поточних змін ПСПО в районі ведення бойових дій.

Виділення багатопозиційних систем в актуальні інформаційні системи обумовлено тим, що такі системи мають можливості для широкого і різноманітного застосування у різних областях оборонної сфери, наприклад таких, як радіолокація, радіонавігація, радіоуправління та ін. При цьому характеристики багатопозиційних систем, як правило, будуть кращими за характеристики однопозиційних систем аналогічного призначення, у тому числі за ступенем перешкодостійкості та живучості [7–8; 15].

Обґрунтування концепції побудови БПРЛС розвідки повітряного простору у системі ППО є достатньо складним проектно-дослідним завданням системного характеру. Для його вирішення необхідний адекватний до задач науково-методичний апарат, що ґрунтується на широкому використанні різних математичних методів і математичних моделей, наприклад таких як:

- моделі очікуваної динаміки розвитку ПСПО;
- моделі спостереження і виявлення в умовах пасивних і активних (у тому числі штучно створених при інформаційній протидії противника) перешкод каналам спостереження;
- моделі управління спостереженням;
- моделі процесів функціонування БПРЛС в умовах складної швидкоплинної ПСПО та ін.

Моделі, які необхідні для аналізу і синтезу БПРЛС, будуть відрізнятися рядом своїх характерних особливостей, до них в першу чергу можуть бути віднесені:

- високий рівень взаємопов'язаності із моделями нерадіотехнічних систем, наприклад, з моделями руху повітряних об'єктів;
- ймовірнісний характер опису об'єкту моделювання внаслідок наявності різних перешкод в радіотехнічних каналах.

Отже, моделі БПРЛС мають бути статистичними. Специфічними особливостями моделі БПРЛС є

наявність декількох рівнів різної складності. Низький рівень складності дозволяє провести глобальний розгляд системи, але з відновленням лише основних властивостей БПРЛС. Високий рівень складності моделі максимально наближує її до реальної обстановки і дозволяє провести детальний аналіз системи, але його застосування обмежується складністю системи моделювання.

Важливим при моделюванні є врахування динамічних властивостей поведінки БПРЛС.

У якості найбільш адекватної моделі, що описує функціонування БПРЛС в умовах складної швидкоплинної ПСПО, може бути визначена модель, що побудована в класі моделей систем з випадковою структурою. З причини застосовуваних перешкод й впливу інших факторів у випадковий момент часу може відбуватися необхідна зміна структури БПРЛС. Наприклад, задача адаптивного комплексування різних вимірювачів в умовах динамічної зміни складу інформаційної обстановки може бути реалізована за допомогою цілеспрямованої зміни структури задіяних інформаційних підсистем БПРЛС.

Вказаний ряд моделей необхідний, перш за все, для проведення концептуальних досліджень обрисів БПРЛС при обґрунтуванні структури складових компонентів системи і обґрунтування вигляду взаємних зв'язків між ними, при дослідженні процесів управління СД БПРЛС, а також для оцінювання ефективності функціонування БПРЛС в різних умовах і режимах її роботи.

Модель такої складної системи, як БПРЛС, має задовольняти суперечливим вимогам: відповідати реальності і бути зручною для досліджень.

У загальному випадку для визначення обрисів БПРЛС може знадобитися сукупність моделей різної складності.

При формуванні обрисів БПРЛС необхідно виходити з того, що ця система має забезпечувати:

- локацію ЛА за умови будь-якого територіального розміщення БПРЛС на місцевості в інтересах ППО;
- формування радіолокаційного поля (РЛП) в межах заданої конфігурації;
- виявлення і супроводження заданої кількості ЛА, а також вимірювання максимально можливої кількості компонентів вектору фазових координат;
- реалізацію потенційних можливостей первинної і вторинної обробки РЛП з урахуванням додаткових ознак, що дозволяють ефективно функціонувати БПРЛС в умовах швидкоплинної ПСПО.

До основних переваг, що з'являються при застосуванні БПРЛС у порівнянні з однопозиційними ЗРЛР, можуть бути віднесені [7–8]:

- краща перешкодостійкість;
- краща точність зав'язування і супроводження

траєкторій ЛА;

- кращі інформаційні можливості;
- краща живучість.

Висока перешкодостійкість БПРЛС буде забезпечуватись:

– територіальним рознесенням окремих ЗРЛР, що ускладнює створення противником цілеспрямованих радіоперешкод одночасно декільком ЗРЛР;

– примушенням противника випромінювати радіоперешкоди у широкому спектрі, що знижує щільність потужності перешкод, які діють на кожну з позицій;

– випромінюванням зондуючих сигналів з декількох передавальних позицій, на різних частотах й з різними типами модуляції, і кооперативним прийманням з різних позицій сигналів у широкому діапазоні частот, що робить неефективними прицільні по частоті і зворотньоімпульсні перешкоди;

– використанням випромінювання інших радіоелектронних систем, у тому числі і противника.

Важливо те, що вплив перешкод на вимірювальні підсистеми може здійснюватися як окремо (маскуючі перешкоди, імітуючі перешкоди), так і у сукупності із різними комплексами перешкод. Усе різноманіття діючих перешкод можливо представити у вигляді перешкодової ситуації. Тому необхідно ідентифікувати перешкодову ситуацію, що виникає у будь-який момент часу на вході інформаційних підсистем БПРЛС, для формування команд на необхідну зміну (адаптацію) структури вимірювальних підсистем.

У цілому побудова складної територіально-розподіленої перешкодостійкої БПРЛС вимагатиме реалізації як нових конструктивно-технічних рішень, так і розробки особливих методів організації обробки РЛІ і управління БПРЛС з урахуванням невизначеності ПСПО, яка складається у поточний час і на перспективу.

Точність зав'язування і супроводження траєкторій ЛА буде підвищуватись за рахунок реалізації різних методів вимірювання і обчислення координат ЛА, збільшення кількості вимірювань і спільної обробки сигналів від ЛА з різних позицій. Крім того, будуть відсутні сліпі радіальні швидкості ЛА, оскільки вони будуть різні відносно кожної з визначених позицій.

Високі інформаційні можливості БПРЛС можуть бути досягнуті за рахунок одночасного застосування різних вимірювальних підсистем, а також використання можливостей кооперативного прийому для формування траєкторної інформації [4–5].

До важливої ознаки БПРЛС, що визначає її технічні можливості, відноситься ступінь її просторової когерентності, що характеризує взаємну фазову стабільність приймально-передавальної апаратури ЗРЛР на різних позиціях. У цьому випадку пере-

вагою є застосування БПРЛС з короткочасною просторовою когерентністю, під якою розуміється здатність БПРЛС зберігати взаємну фазову стабільність апаратури на інтервалах часу, менших за максимальну тривалість обробки сигналів (цей час, зазвичай, не перевищує частки секунди). Отже, до початку кожного часового інтервалу обробки сигналів, співвідношення початкових фраз сигналів у різних позиціях буде випадковим і не буде нести корисної інформації. Це дозволяє виключити взаємну фазову прив'язку позиції. Зазвичай у БПРЛС з кооперативним прийомом сигналів необхідні часова і частотна прив'язки для когерентної обробки сигналів від кожної приймальної позиції, тобто виділення доплерівських частот ехо-сигналів.

Така БПРЛС може складатись з декількох позицій, що дозволить спростити її технічну реалізацію і знизити вартість у порівнянні з просторово-когерентною системою (рис. 1).

Під управлінням інформаційними підсистемами БПРЛС і системою в цілому будемо розуміти цілеспрямовану зміну структури і параметрів пристроїв, що входять до їх складу, для досягнення максимального ефекту застосування в умовах динамічної зміни ПСПО.

Необхідність управління параметрами структури інформаційної підсистеми БПРЛС обумовлена складністю, швидкоплинністю і невизначеністю ПСПО, що спостерігається, з причини навмисних перешкод і необхідністю вирішення широкого кола задач, а також обмеженістю обчислювальних і енергетичних ресурсів. Тому процес управління має розглядатись, наряду з іншим його призначенням, і як спосіб компенсації несприятливих змін у середовищі, що заважає нормальному функціонуванню БПРЛС, і як засіб досягнення поставлених перед БПРЛС цілей.

Метою управління інформаційними підсистемами в БПРЛС і всією системою в цілому має бути підтримання ефективності її роботи на можливо більш високому рівні в умовах динамічної зміни ПСПО в зоні виявлення БПРЛС, як сукупності перешкодових впливів на вході інформаційних підсистем БПРЛС. Для цього у БПРЛС має бути реалізована можливість визначення тактичних і перешкодових ситуацій, що створюються засобами інформаційної протидії противника [9–14]. Пошук вирішення задач оптимального управління інформаційними системами БПРЛС безпосередньо приведе до необхідності управління спостереженням.

Управління спостереженням має зводитись до вибору складу апаратури вимірювання і способів обробки РЛІ (вибору режимів роботи вимірювачів, розподілення у часі інтервалів спостереження і визначення їх тривалості, а також встановлення черговості обробки РЛІ).

Під об'єктом управління будемо розуміти параметри і структуру каналів спостереження у складі інформаційної підсистеми БПРЛС.

Показники якості РЛІ мають враховувати склад зовнішнього середовища (простір, сигнали, перешкоди) і внутрішні параметри приймально-передатвальних позицій БПРЛС, що коректуються при управлінні.

Задача управління спостереженням в БПРЛС, що відносяться до класу задач управління процесом спостереження в інформаційних системах, має складатися у забезпеченні кращих умов спостереження за рахунок:

- планування режимів роботи вимірювачів;
- вибору складу вимірювальних параметрів;
- вибору положення вимірювачів.

У тих випадках, коли у результаті інформаційної протидії на вхід інформаційних підсистем БПРЛС будуть поступати хибні сигнали, які не відрізняються за інформаційними параметрами від істинних, за допомогою моделі управління спостереженням будуть формуватися оптимальні оцінки хибного вектору фазових координат ЛА, що в свою чергу, призведе до різкого зниження перешкодостійкості БПРЛС. Даний недолік можливо усунути (частково компенсувати) шляхом використання у моделі спостереження об'єднаних екстрапольованих оцінок вимірювання координат ЛА на основі інформації від вимірювачів з усіх позицій БПРЛС, що потребує розробки додаткових способів ідентифікації присутності хибних реалізацій у прийнятому сигналі в межах моделі управління спостереженням.

На ЄЦУ БПРЛС доцільно покласти виконання наступних задач:

- оцінювання фазових координат ЛА і параметрів постановників перешкод;
- ідентифікація або визначення структури інформаційних підсистем БПРЛС;
- управління обробкою інформації;
- управління вимірювальними підсистемами;
- управління системою зв'язку і телекомунікації.

Вирішення даних задач має гуртуватися на визначенні ймовірнісних характеристик процесів функціонування БПРЛС і процесів на входах її вимірювачів.

У результаті впливу організованих перешкод на інформаційні підсистеми БПРЛС будуть відбуватися зміни вхідних сигналів та параметрів вимірювальних підсистем. В умовах дії перешкод ці зміни можуть бути стрибкоподібними або поступовими. Результат управління в цьому випадку буде суттєво залежати від достовірності виявлення отриманих вимірювань і проміжку часу на виявлення дії перешкод [9–10].

З причини впливу навмисних перешкод у випадкові моменти часу може відбуватись переривання у

видачі інформації, а параметри деяких вимірювачів можуть виходити із поля допуску, що у своїй сукупності може порушувати процес нормального функціонування БПРЛС. Для підтримання процесу ефективного функціонування БПРЛС у відповідності зі своїм призначенням виникає необхідність у комплексуванні різних вимірювачів і цілеспрямованої зміни структури інформаційних підсистем БПРЛС, із задіянням спеціальних алгоритмів обчислювання їх ефективності.

При відновленні штатних алгоритмів обчислювання БПРЛС будуть повертатись до основної функціональної структури.

Управління СД БПРЛС має зводитись до визначення і відбору варіантів її структури з кінцевої технічно реалізованої множини структур у відповідності з ПСПО. Процес управління БПРЛС і обробкою РЛІ має бути автоматичним.

Для ефективного вирішення задач обробки РЛІ в інформаційних підсистемах БПРЛС в умовах впливу перешкод необхідне використання адаптивних методів її обробки і відповідного алгоритмічного забезпечення [4–5].

Під адаптацією інформаційних підсистем БПРЛС розуміється процес зміни параметрів і структури інформаційних підсистем, а також управляючих впливів на основі поточної інформації з метою досягнення певного стану системи при початковій невизначеності і змін умов роботи.

Адаптація структури інформаційних підсистем БПРЛС має забезпечуватись комплексом організаційних і технічних засобів, а також створенням спеціального математичного забезпечення процесів обробки інформації і процесів управління її функціонуванням.

Оскільки інформаційні підсистеми входять до складу БПРЛС, яка є більш складною радіотехнічною системою, необхідно виділення видів і рівнів її адаптації, характерних як для всієї БПРЛС, так і застосовуваних безпосередньо до її інформаційних підсистем.

У відповідності з системним підходом до задач формування адаптивної структури БПРЛС можливо запропонувати три рівні адаптації: алгоритмічний, параметричний і поведінковий.

Алгоритмічна адаптація БПРЛС (рис. 3) буде мати місце у створенні і застосуванні для кожного конкретного випадку алгоритмів обробки РЛІ для визначення вектору станів ЛА за будь-яким ступенем ситуаційної невизначеності. Рівень параметричної адаптації БПРЛС має зводитись до адаптивної зміни параметрів, структур і режимів функціонування БПРЛС.

Для зменшення апріорної ситуаційної невизначеності (рис. 4) параметрична адаптація має реалізовуватись в темпі надходження вхідної інформації.

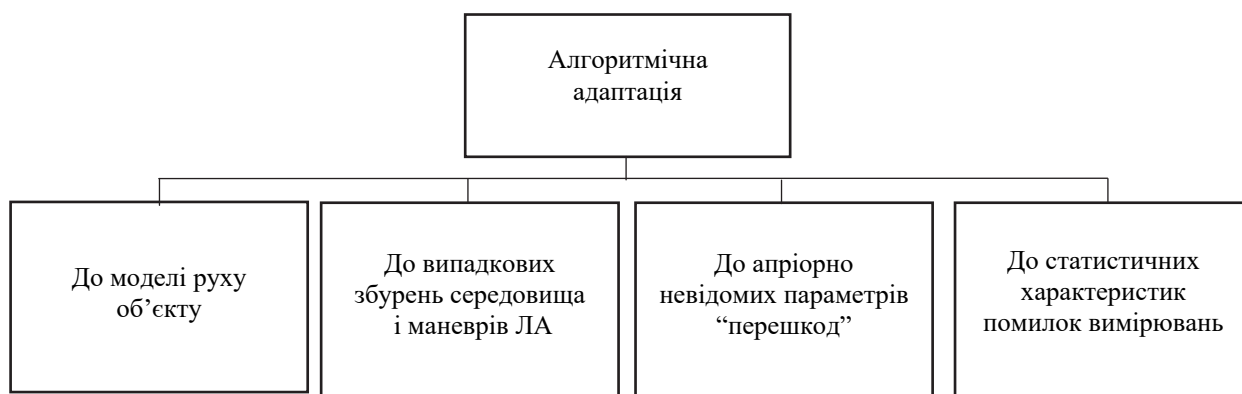


Рис. 3. Види алгоритмічної адаптації БПРЛС до умов ведення радіолокаційної розвідки у системі ППО



Рис. 4. Види параметричної адаптації БПРЛС до умов ведення радіолокаційної розвідки у системі ППО

Адаптивне управління функціонуванням БПРЛС і її підсистем буде являти собою самий високий і складний рівень адаптації (рис. 5). Вона має включати до себе алгоритмічну і параметричну адаптацію, але при цьому її особливість буде виявлятися у тому, що сама БПРЛС стане розглядатися як об'єкт управління.

Реалізація адаптації процесу функціонування БПРЛС буде можлива при включенні ЄЦУ в загальний контур управління процесами функціонування БПРЛС у реальному масштабі часу.

В цілому для методів і процесів адаптації можуть бути виділені наступні характеристики і ознаки:

- математичною основою адаптивного управління функціонуванням БПРЛС можуть бути методи загальної теорії адаптивних систем, теорії статистичного управління, теорії систем випадкових структур, теорії ігор і нейронних мереж;

- методи забезпечення автоматичної адаптації структури інформаційних підсистем БПРЛС, мають бути віднесені до класу адаптивних методів і забезпечувати різні рівні її адаптації до змін зовнішніх і внутрішніх умов її функціонування;

- автоматична адаптація структури інформаційних підсистем БПРЛС має дозволяти забезпечувати у кожний момент часу максимально можливий рівень перешкодозахищеності БПРЛС, мінімальний рівень помилок визначення координат і параметрів руху ЛА і, як наслідок, мінімальні втрати РЛП від хибних рішень.

Необхідний рівень автоматизації функціонування БПРЛС і ефективність управління нею має бути підтриманий відповідними інформаційними технологіями, реалізованими з використанням програмних засобів [15].



Рис. 5. Основні етапи управління функціонуванням БПРЛС у системі радіолокаційної розвідки ППО

Висновки

Ведення ефективної збройної боротьби з ЗПН в умовах активної антагоністичної бойової і інформаційної протидії конфліктуючих сторін обумовлює необхідність підвищення рівня інформатизації і автоматизації ведення радіолокаційної розвідки у системі ППО.

Виділяється два важливі аспекти цієї боротьби – апріорна невизначеність дій ЗПН і обмежена кількість варіантів побудови системи ППО стороною, що обороняється.

До засобів інформаційного забезпечення ППО відносяться ЗРЛР повітряного простору. Одним з основних шляхів підвищення ефективності системи ППО може бути визначений шлях об'єднання окремих ЗРЛР у єдину БПРЛС з ЄЦУ.

Виділення для застосування у складі ППО БПРЛС як перспективної актуальної інформаційної підсистеми може бути пояснене тим, що отримані результати їх застосування у провідних країнах світу вказують на те, що така система буде здатна надати повні і достовірні розвід дані про ЗПН в умовах застосування противником вогневого і радіоелектронного впливу.

Разом з цим, створення складної перешкодостійкої БПРЛС вимагатиме як реалізації нових кон-

цептуальних технічних рішень, так і розробки особливих методів організації обробки РЛІ, та проробки ряду проблемних аспектів управління БПРЛС, у тому числі й управління її СД, з урахуванням різного ступеня невизначеності, як поточної, так і тієї, що виникає в умовах впливу організованих перешкод.

До проблемних аспектів можуть бути віднесені:

- обґрунтування концепції розвитку БПРЛС як інформаційної підсистеми системи ППО держави та її збройних сил;
- формування обрису перспективної СРЛР повітряного простору, що подається у вигляді БПРЛС;
- визначення принципів побудови і розробки основних вимог до обрису БПРЛС, що функціонує в умовах дії організованих перешкод;
- розробка методів і алгоритмів вторинної обробки РЛІ в інформаційних системах БПРЛС;
- розробка моделі процесів обробки сигналів і РЛІ (виявлення, вимірювання та ін.) в БПРЛС;
- розробка методів корекції структури БПРЛС при помилках ідентифікації впливів перешкод;
- аналіз і синтез методів оптимального управління структурою БПРЛС, у тому числі в умовах різного виду невизначеності;
- розробка методів організації ефективної протидії організованим перешкодам;

– обґрунтування і вибір каналів інформаційного обміну і управління БПРЛС;

– обґрунтування і розробка методів адаптивного управління функціонуванням БПРЛС і відповідного алгоритмічного забезпечення;

– аналіз можливості ефективного використання інтелектуальних технологій для обробки інформації і управління в БПРЛС.

Структура БПРЛС, сукупність компонентів і стійких зв'язків між її компонентами визначають цілісність і властивості цієї системи, які не властиві окремим її елементам.

Вимоги, що висуваються до БПРЛС, вказують на необхідність її побудови у активно-пасивному варіанті з приймально-передавальними і приймальними позиціями (модулями). Об'єднання великої кількості ЗРЛР в одній структурі БПРЛС недоцільне з причини виникнення небажаних і важко урахуваних зв'язків, що знижує стійкість БПРЛС і викликає зростання помилок при обробці сигналів. Практично застосовувана і технічно реалізована буде БПРЛС з обмеженою кількістю структур.

Управління СД БПРЛС буде адаптивним і зводиться до визначення і вибору варіантів її структури з кінцевої множини її реалізованих структур у від-

повідності з тактичною і перешкодовою ситуацією. Під адаптацією функціонування БПРЛС до поточної ПСПО слід розуміти процес зміни параметрів, структури і режимів функціонування БПРЛС, а також управляючих впливів на основі використання результатів прогнозування змін її стану, з метою досягнення певного стану системи при початковій невизначеності змін умов функціонування.

У загальному вигляді БПРЛС з мережерозподіленими, стаціонарними і рухомими (мобільними) цілеспрямовано керованими ЗРЛР з активними і пасивними режимами роботи, може мати різну конфігурацію і масштабність у залежності від її призначення. Управління БПРЛС має здійснювати з ЄЦУ або із територіально-розподілених пунктів через спеціальну телекомунікаційну мережу з використанням телекомунікаційних технологій.

При обґрунтуванні конфігурації перспективної СРЛР повітряного простору необхідно враховувати відмінності задачі двох різновидів ППО: ППО держави і її збройних сил, що прикриває важливі об'єкти її інфраструктури, у тому числі об'єкти інфраструктури збройних сил (арсенали склади боєприпасів і тощо) і військової ППО, що виконує задачі прикриття військ на полі бою або на марші.

Список літератури

1. Бурмистров С.К. Справочник офицера воздушно-космической обороны / С.К. Бурмистров. – Тверь: ВА ВКО, 2005. – 564 с.
2. Системно-концептуальные основы методологии военно-научных исследований и решения прикладных военно-технических проблем: монография. Книга 1 / Б.А. Демидов, С.Н. Остапенко, М.И. Луханин, А.Ф. Величко. – Тверь: ЗНП АО, 2014. – 676 с.
3. Демидов Б.О. Концептуальні положення щодо створення автоматизованої системи управління протиповітряною обороною держави / Б.О. Демидов, О.Ф. Величко, Ю.Ф. Кучеренко // Наука і оборона. – 2014. – № 3. – С. 51-56.
4. Ширман Я.Д. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / Я.Д. Ширман. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
5. Флоров И.Б. Информационные технологии в радиотехнических системах / И.Б. Флоров. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 846 с.
6. Системно-концептуальні положення й організаційно-методичні основи обґрунтування, вибору і реалізації обрису перспективної системи озброєння протиповітряної оборони держави та її збройних сил / О.В. Туринський, Б.О. Демідов, Д.А. Гриб, О.О. Хмелевська // Системи озброєння і військова техніка. – 2019. – № 2(58). – С. 55-69. <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.58.08>.
7. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация / В.С. Черняк. – М.: Радио и связь, 1992. – 416 с.
8. Верба В.С. Многопозиционные радиолокационные системы наведения. Возможности и ограничения / В.С. Верба, В.И. Меркулов. – М.: Радиотехника, 2013. – С. 94-99.
9. Меньшаков Ю.К. Виды и средства иностранных технических разведок / Ю.К. Меньшаков. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 656 с.
10. Меньшаков Ю.К. Теоретические основы технических разведок / Ю.К. Меньшаков, Ю.Н. Лаврухин. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 536 с.
11. Меньшаков Ю.К. Основы защиты от технических разведок / Ю.К. Меньшаков, Ю.Н. Лаврухин. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 478 с.
12. Мельников Ю.П. Воздушная радиотехническая разведка – методы оценки эффективности / Ю.П. Мельников. – М.: Радиотехника, 2005. – 304 с.
13. Принципи, методи і технології ведення збройної боротьби, управління силами і засобами в умовах активного інформаційного протистояння конфліктуючих сторін / Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, Ю.Ф. Кучеренко, А.М. Ткачов, Т.В. Кулешова // Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУ. – 2019. – № 1(34). – С. 12-22. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.02>.
14. Єрмошин М.О. Збройна боротьба у повітрі та космосі / М.О. Єрмошин, С.П. Ярош, Є.І. Ряполов. – Х.: ХНУПС, 2019. – 492 с.

15. Фёдоров И.Б. Возможности и особенности построения нового поколения информационных систем на основе принципов когерентной малобазовой радиолокации / И.Б. Фёдоров, И.В. Крючков // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. Спец. вып. – 2009. – С. 28-40.

References

1. Burmistrov, S.K. (2005), “*Spravochnik oficera vozdušno-kosmicheskoy oborony*” [Aerospace Defense Officer Directory], VA VKO, Tver, 564 p.
2. Demidov, B.A., Ostapenko, S.N., Luhanin, M.I. and Velichko, A.F. (2014), “*Sistemno-konceptual'nye osnovy metodologii voenno-nauchnyh issledovaniy i resheniya prikladnyh voenno-tekhnicheskikh problem*” [System-conceptual bases of the methodology of military-scientific researches and solutions of applied military-technical problems], ZNP AO, Tver, 676 p.
3. Demidov, B.O., Velichko, O.F. and Kucherenko, Yu.F. (2014), “*Konceptual'ni polozhennya shchodo stvorenniya avtomatizovanoi sistemi upravlinnya protipovitryanoyu oboronoyu derzhavi*” [Conceptual provisions for the creation of an automated air defense system for the state], *Science and Defense*, No. 3, pp. 51-56.
4. Shirman, Ya.D. (2007), “*Radioelektronnye sistemy: Osnovy postroeniya i teoriya*” [Radioelectronic systems: Fundamentals of construction and theory], Radiotekhnika, Moscow, 512 p.
5. Florov, I.B. (2011), “*Informacionnye tekhnologii v radiotekhnicheskikh sistemah*” [Information technology in radio engineering systems], Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 846 p.
6. Turins'kij, O.V., Demidov, B.O., Grib, D.A. and Khmelevs'ka, O.O. (2019), “*Sistemno-konceptual'ni polozhennya j organizacijno-metodichni osnovi obruntuvannya, viboru i realizacii obrisu perspektivnoi sistemi ozbroennya protipovitryanoyi obroni derzhavi ta yiyi zbrojnih sil*” [System-conceptual provisions and organizational and methodological bases for substantiation, selection and implementation of the outline of a promising air defense system of the state and its armed forces], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2(58), pp. 55-69. <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.58.08>.
7. Chernyak, V.S. (1992), “*Mnogopozicionnaya radiolokaciya*” [Multipurpose radar], Radio i svyaz', Moscow, 416 p.
8. Verba, V.S. and Merkulov, V.I. (2013), “*Mnogopozicionnye radiolokacionnye sistemy navedeniya. Vozmozhnosti i ogranicheniya*” [Multipoint radar guidance systems. Opportunities and limitations], Radiotekhnika, Moscow, pp. 94-99.
9. Men'shakov, Yu.K. (2009), “*Vidy i sredstva inostrannyh tekhnicheskikh razvedok*” [Types and means of foreign technical intelligence], Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 656 p.
10. Men'shakov, Yu.K. and Lavruhin, Yu.N. (2008), “*Teoreticheskie osnovy tekhnicheskikh razvedok*” [Theoretical foundations of technical intelligence], Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 536 p.
11. Men'shakov, Yu.K. and Lavruhin, Yu.N. (2011), “*Osnovy zashchity ot tekhnicheskikh razvedok*” [Fundamentals of protection against technical intelligence], Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 478 p.
12. Mel'nikov, Yu.P. (2005), “*Vozdushnaya radiotekhnicheskaya razvedka – metody ocenki effektivnosti*” [Aeronautical Radio Intelligence – Performance Evaluation Methods], Radiotekhnika, Moscow, 304 p.
13. Grib, D.A., Demidov, B.O., Kucherenko, Yu.F., Tkachov, A.M. and Kuleshova, T.V. (2019), “*Principi, metodi i tekhnologiyi vedennya zbrojnoyi borot'bi, upravlinnya silami i zasobami v umovah aktivnogo informacijnogo protiborstva konfliktuyuchih storin*” [Principles, methods and technologies of armed struggle, control of forces and means in the conditions of active information confrontation of the conflicting parties], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(34), pp. 12-22. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.34.02>.
14. Yermoshin, M.O., Yarosh, S.P. and Ryapolov, Ye.I. (2019), “*Zbrojna borot'ba u povitri ta kosmosi*” [Armed struggle in the air and space], KNAFU, Kharkiv, 492 p.
15. Fyodorov, I.B. and Kryuchkov, I.V. (2009), “*Vozmozhnosti i osobennosti postroeniya novogo pokoleniya informacionnyh sistem na osnove principov kogerentnoj malobazovoj radiolokacii*” [Features and features of the construction of a new generation of information systems based on the principles of coherent small-scale radar], *Newspaper of Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Making*, pp. 28-40.

Надійшла до редколегії 19.09.2019

Схвалена до друку 19.11.2019

Відомості про авторів:

Турінський Олександр Васильович
кандидат технічних наук начальник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6888-6045>

Демідов Борис Олексійович
доктор технічних наук професор
провідний науковий співробітник
Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1728-6925>

Information about the authors:

Oleksandr Turinskyi
Candidate of Technical Sciences
Chief of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6888-6045>

Boris Demidov
Doctor of Technical Sciences Professor
Lead Research
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1728-6925>

Гриб Дмитро Анатолійович

кандидат військових наук доцент
головний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8478-978X>

Тютюнник Владислав Олександрович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
начальник науково-дослідного відділу
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7766-3246>

Хмелевська Ольга Олександрівна

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9018-5552>

Dmitrii Grib

Candidate of Military Sciences Associate Professor
Chief Research
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8478-978X>

Vladyslav Tiutiunnyk

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Chief of Scientific Research Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7766-3246>

Olga Khmelevska

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Lead Research
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9018-5552>

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

А.В. Туринский, Б.А. Демидов, Д.А. Гриб, В.А. Тютюнник, О.А. Хмелевская

В статье рассматриваются методические аспекты обоснования концептуального построения (конфигурации) перспективной системы радиолокационной разведки воздушного пространства, которая осуществляется в интересах обеспечения выполнения задач противовоздушной обороны, а также методические аспекты исследования процесса управления ее функционированием и структурной динамикой в условиях динамического изменения воздушной и сигнально-помеховой обстановки. В качестве перспективной системы радиолокационной разведки предлагается использовать многопозиционную радиолокационную систему (МПРЛС), состоящую из сети территориально-распределенных радиолокационных средств. Считается, что МПРЛС должна состоять из приемных, передающих и приемо-передающих позиций, согласованно управляемых из центрального пункта управления, связи, сбора и обработки информации о воздушной и сигнально-помеховой обстановке. Это обеспечит обнаружение и сопровождение как излучающих, так и неизлучающих летательных аппаратов. Указывается на необходимость адаптивного управления параметрами, структурой и режимы работы МПРЛС. Показано, что для автоматизации адаптивного управления в обобщенный контур управления необходимо вводить соответствующие специальные программные средства, позволяющие обеспечивать реализацию методов адаптации на различных иерархических уровнях. В качестве основных преимуществ МПРЛС выделяются ее высокие помехоустойчивость, информативность, живучесть, а также устойчивое сопровождение траекторий летательных аппаратах. Отмечается, что для построения помехоустойчивой и территориально-распределенной МПРЛС необходима реализация как новых конструктивных технологических решений, так и дополнительная разработка специфических методов обработки информации и управления МПРЛС с комплексным учетом неопределенности в действиях противника и влияния организованных радиопомех.

Ключевые слова: система радиолокационной разведки, многопозиционная радиолокационная система, управление структурной динамикой, средства телекоммуникаций и связи, методы адаптации.

METHODOICAL ASPECTS OF RESEARCH OF PROCESSES OF FUNCTIONING AND MANAGEMENT OF STRUCTURAL DYNAMICS OF THE PERSPECTIVE RADAR SYSTEMS

O. Turinskyi, B. Demidov, D. Grib, V. Tiutiunnyk, O. Khmelevska

The article deals with the methodological aspects of conceptually accounting substantiation of construction (configuration) of perspective system of radar intelligence of air space, which is carried out in the interests of ensuring the fulfillment of air defense tasks, as well as the system aspects of the study of the process of managing its functioning and structural dynamics in the conditions of dynamic change of air and signal crossing the situation. As a prospective radar intelligence system, it is proposed to use a multi-position radar system (BPRLS), consisting of a network of distributed, territorially remote radar facilities. It is considered that the BPRLS should consist of receiving, transmitting and receiving and transmitting positions, coordinated by the central control point, communication, collection and processing of information on the air and signal-interference situation, which provides detection and tracking of both radiating and non-radiating aircraft. The need for adaptive control of parameters, structure and modes of operation of the SLBM is pointed out, as well as the fact that for the automation of adaptive control it is necessary to enter into the general control loop appropriate special software tools that allow to provide the implementation of adaptation methods at different hierarchical levels. Its main advantages are its high noise immunity and accuracy of tying and tracking of the trajectory of aircraft, as well as great informativeness and increased survivability. It is noted that the construction of interference-proof and territorially-distributed radar systems requires the implementation of both new constructive technological solutions and the additional development of specific methods of processing the organization of information processing and control of the radar system with a complex consideration of uncertainty, the actions of the enemy and the influence of organized radio interference.

Keywords: radar intelligence system, multi-position radar system, control of structural dynamics, telecommunication and communication facilities, adaptation methods.