Теоретичні основи розробки та експлуатації систем озброєння

УДК 007.51

DOI: 10.30748/soivt.2020.61.10

В.М. Канцедал, А.А. Могила

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, Харків

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ СТІЙКІСТЮ НАЗЕМНОЇ ОГЛЯДОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ В УМОВАХ АКТИВНИХ ЗАВАД

Надано інформаційний опис структури системи управління для пошуку і реалізації на різних рівнях та етапах управління закону управління інформаційною стійкістю режимів зондування РЛС при загрозах і впливах активних завад прикриття і самоприкриття, який узагальнює результати комплексного аналізу впливу на її побудову ряду системо утворюючих чинників. При цьому реалізується повна функція ситуаційного управління із застосуванням різних форм управління для когнітивного пошуку обґрунтованого і оперативного управлінського рішення з урахуванням поставлених цілей і ресурсних обмежень. Вона передбачає цілеспрямоване проведення на вході і виході режимів зондування кожної проблемної області аналіз і прогноз розвитку станів і динамік складових і в цілому конфліктної ситуації, а також умов прийняття рішень. Розглянута багатоконтурна структура управління дозволяє раціонально використовувати ресурсні можливості РЛС щодо забезпечення завадозахищеності її режимів зондування проблемних областей зони огляду і компонент їх систем управління з урахуванням традиційних і нових інформаційних загроз стратегії РЕП.

Ключові слова: радіолокаційний конфлікт, конфліктна ситуація, система управління, стійкість процесів управління, невизначеність, рефлексивне управління, завадо захищеність, скритність випромінювання, завадостійкість, інформаційне протиборство.

Вступ

Постановка проблеми. На даний час актуальним є вирішення проблем розробки інтелектуальних багаторежимних РЛС, які адаптуються до цільової та завадової обстановки, підвищення їх інформативності та завадозахищеності. Це сприяє розвитку оптимальних методів формування зондувальних сигналів, прийому та обробці ехосигналів і радіолокаційної інформації (РЛІ), створенню і застосуванню засобів радіоелектронного захисту зазначених процесів від різного роду завад та управління ними [1–5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що потребує вирішення проблема подальшої автоматизації та підвищення інтелектуального рівня управління засобами радіоелектронного захисту для забезпечення інформаційної стійкості режимів зондування наземної оглядової РЛС за умов впливу активних завад прикриття і самоприкриття. Реально управління вказаного виду стійкістю здійснюється оператором зі значним обсягом автоматизованого й “ручного” внутрішнього управління на основі даних системи аналізу завадової обстановки [6] і не використовує у

повному обсязі комплексне уявлення про двосторонню динамічну модель радіолокаційного конфлікту, зокрема інформаційне протиборство і рефлексивна форма управління [7]. Не використовуються також й інші потенційні можливості системи управління. У роботі [1] з репрезентативним бібліографічним посиланням виділена основа сучасного підходу до управління структурною динамікою системи протиповітряної оборони (ППО), в тому числі до засобів радіолокаційної розвідки повітряного простору та їх завадозахищеності, якісних джерел інформації про повітряного противника. Для постановки навмисних активних завад наземній оглядовій РЛС застосовується комплекс радіоелектронного придушення (РЕП), що розміщується на борту спеціалізованих пілотованих або безпілотних повітряних засобів. Комплекс РЕП складається із систем радіотехнічної розвідки (РТР) і РЕП, об'єднаних системою управління для прицільного та ефективного придушення режимів зондування РЛС за допомогою активних завад та на основі оперативних даних системи РТР. Прогнозоване ускладнення конфліктної взаємодії комплексу РЕП і РЛС пов'язано не тільки з удосконаленням засобів систем РТР і РЕП, а й з використанням у

системі управління як явних, так і прихованих траєкторій управління конфліктними ситуаціями (КС). Тому комплекс РЕП, будучи стороною нападу, зручний при розгляді двосторонньої динамічної моделі радіолокаційного конфлікту, можливих сценаріїв конфліктної взаємодії і базової стратегії управління радіоелектронним захистом (РЕЗ) РЛС, яка протидіє стратегії РЕП [1–5; 8]. Система автоматизованого управління (САУ) включає об'єкт і суб'єкт управління, які взаємодіють між собою для досягнення мети в умовах обмежень і відповідно до обраного критерію ефективності управління.

Об'єктом управління в даному випадку є стійкість набору режимів зондування РЛС із засобами їх реалізації як результат управління процесами вирішення поточних інформаційних функціональних завдань РЛС при пошуку і супроводі повітряних цілей (ПЦ) в розглянутих умовах спостереження.

Постановка інформаційних завдань та алгоритми їх автоматичного вирішення суворо формалізовані для нормальних умов функціонування з урахуванням специфіки, до якої відносяться: етапи розвідки ПЦ – пошук, супровід, побудова і аналіз моделі цільової обстановки в інтересах управління; різні класи та типи ПЦ, їх тактичне призначення, льотно-технічні характеристики і ПЦ як об'єкти радіолокаційного спостереження; погодні умови [2; 5; 9]. Формалізовані також порядок їх проходження на етапах розвідки кожної ПЦ та деякі процеси управління ними. Вони визначаються послідовним вибором: способу огляду простору, моделі зондуючого сигналу, алгоритмів пошуку ПЦ в тій чи іншій області зони огляду, алгоритмів для радіолокаційного розпізнавання її класу (типу) за сигнальними ознаками, вимірювання координат і побудови траєкторії її польоту, комплексного розпізнавання із залученням сигнальних, траєкторних та поведінкових ознак алгоритмів.

Головна мета нападаючої сторони полягає в порушенні стійкості режимів зондування, правильності роботи алгоритмів контурів їх управління та їх структурних зв'язків з системами РЛС. Для цього реалізуються розвинені автоматизовані стратегії руйнування інформаційної стійкості РЛС за допомогою виконання окремих скоординованих дій щодо реалізації заданого переліку загроз, що становлять разом складну багатозадачну стратегію комплексу РЕП. Різноманітність загроз впливає з комбінування можливостей постановки прицільно-загороджувальних активних завад безперервного та імпульсного видів, які перевантажують тракт приймача РЛС, системи первинної та вторинної обробки інформації, а також характеризуються маскуючим і/або імітуючим ефектами впливу. Небезпечними є багатоточкові завади, створювані кількома комплексами РЕП або просторово розподіленими джерелами активних завад під керуванням комплексу РЕП [1–3;

5; 10–12]. При цьому завадові впливи на РЛС здійснюються з урахуванням збігу її селективних властивостей просторових, поляризаційних, частотних, часових), що налаштовані на ефективне виділення корисного ехосигналу, з характеристиками спрямованості системи наведення завад. Ця різноманітність завад доповнюється прихованим інформаційним протидієм, включаючи кібер вплив на алгоритми і структурні зв'язки системи управління режимами зондування, а також тиском на психофізичний стан операторів РЛС.

Таким чином, радіоелектронний вплив противника на РЛС може бути багатоплановим, що значно впливає на реалізацію її інформаційних можливостей і потребує радіоелектронного захисту.

У якості суб'єкта управління виступає ієрархічна структура, що складається з особистості, що приймає рішення (ОПР або координатора, оператора чи вирішуючого пристрою зі штучним інтелектом), на верхньому рівні і допоміжних технічних пристроїв на нижньому рівні, що виконують операції підготовки, прийняття та реалізації управлінських рішень для забезпечення стійкості режимів зондування РЛС в умовах її конфліктної взаємодії з комплексом РЕП при розвідці ПЦ в тій чи іншій області простору зони огляду. ОПР може спостерігати за станом системи і керувати цим станом.

Інформаційна стійкість РЛС – це мета і одночасно характеристика результативності процесу управління, яка визначається критеріями якості РЛІ на виході кожного із режимів зондування в умовах активних завад. Вона задається системою нерівностей, що встановлюють значення допустимих відхилень показників якості РЛІ від їх значень у нормальних умовах спостереження, виходячи з аналізу ризиків управління та з урахуванням ступеня невизначеності умов спостереження і прийняття рішень.

Стійкість режиму зондування забезпечується деяким законом управління, який пов'язує його вихід з впливами завад і засобами підтримки стійкості. Представлена вище система нерівностей для оцінки вимог до стійкості режиму зондування є головним критерієм для пошуку потрібного закону управління діями у реальному часі для підтримки стійкості режиму зондування і для контролю якості результату управління. У цьому випадку, постановка практичного завдання пошуку закону управління полягає у отриманні екстремальних значень показників якості РЛІ з системи критеріальних нерівностей вибором ресурсу протидії противнику при усіх можливих завадових впливах з урахуванням обмежень на ресурсні можливості РЛС.

Пошук закону управління стійкістю режимів зондування РЛС в умовах активних завад полягає у виборі відповідних режимів роботи і порядку використання засобів завадозахисту. Необхідно вирішити це завдання управління за мінімальний час T і

так, щоб мінімізувати витрати ресурсів. Функціонал якості повинен також враховувати не тільки відхилення результату від мети управління, а й характер їх змін з урахуванням тривалості інтервалу управління (зниження/збільшення різниці значень показників стійкості, оцінка крутизни змін значень відхилень). Таким чином, в основі закону управління РЕЗ з урахуванням керуючих елементів (КЕ) лежить модель об'єкта управління (МО) у вигляді множини:

$$MO = \{S^U, S^F, I, R\}, \quad (1)$$

де S^U – вектор опису планованого стану інформаційної стійкості режиму зондування (або КС у разі активної зміни ситуації); S^F – вектор опису фактично досягнутого на даний момент часу стану при виборі поточного КЕ із зазначенням кількісних показників ступеня досягнення мети РЕЗ на основі контролю ризиків і умов невизначеності; I – вектор індивідуальних характеристик режиму зондування (або КС); R – вектор, який характеризує види витрат ресурсів, які є у розпорядженні САУ на даний момент часу.

Закон управління полягає у тому, щоб сформулювати таку послідовність з КЕ, яка найбільш ефективно приводить до поставленої мети РЕЗ. При формуванні кожного керуючого впливу оцінюється відстань між S^U і S^F . Мінімальне значення цієї відстані відповідає оптимальному для даної ситуації керуючому впливу

$$\|S^U - S^F\| = F(Z, R, I, L(u)) \rightarrow \min, \quad T < T_{don}, \quad (2)$$

де F – структура закону, що управляє і зв'язує параметри МО, КЕ і оператора $L: U \rightarrow S^F$, що відображає елементи системи РЕЗ на сукупність показників фактичного стану режиму зондування або КС; Z – матрична база знань; U – множина КЕ, яка веде до поставленої мети РЕЗ, T_{don} – обмеження часу, відведеного на прийняття рішення.

Розробка закону автоматизованого управління послідовністю взаємозв'язаних між собою КЕ повинна здійснюватися таким чином, щоб кожен черговий КЕ найкращим чином відповідав досягненню мети управління з урахуванням індивідуальних особливостей режиму зондування або КС. При цьому загальна кількість КЕ впливає на якість процесу управління, зокрема на його швидкодію.

Головна мета управління утримати зміни показників якості РЛП на виході режиму зондування в області допустимих значень. Показником оцінки стійкості режимів зондування РЛС в умовах завад є завадозахищеність, яка характеризує їх здатність виконувати інформаційні завдання у цих умовах. На даний час вона включає такі компоненти як: показники скритності випромінювання, завадостійкого зондування, інформаційного впливу на стан і дина-

міку зміни КС, стійкості САУ режимами зондування і стійкості суб'єкта управління їх інформаційною стійкістю до прихованого управління процесом РЕЗ з боку противника. Вищесказане доводить актуальність вирішення проблеми подальшого підвищення завадозахищеності режимів зондування РЛС для тієї чи іншої просторової області її зони огляду в умовах активних завад.

Метою статті є вирішення практичних завдань синтезу та реалізації на різних рівнях й етапах управління ефективного закону управління інформаційною стійкістю режимів зондування наземної оглядової РЛС в умовах активних завад прикриття та самоприкриття шляхом вивчення завадозахисних можливостей досліджуваної структури системи управління.

Виклад основного матеріалу

Синтез закону керування інформаційною стійкістю режимів зондування наземної оглядової РЛС в умовах загроз і впливу активних завад прикриття і самоприкриття, структурування призначеної для цього спеціалізованої системи автоматизованого управління передбачає врахування низки наступних системоутворюючих чинників:

- двостороння динамічна модель конфліктної взаємодії повітряного комплексу РЕП і наземної оглядової РЛС в умовах активних завад прикриття і самоприкриття;
- поєднання цільового, ситуаційного та інтерпретаційного підходів до управління;
- обмеження інформаційних та матеріальних ресурсів;
- базова стратегія управління РЕЗ РЛС в зазначених завадових умовах;
- багатоконтурність САУ, що обумовлена наявністю окремих стратегій управління РЕЗ;
- спостережуваність і керованість – істотні властивості процесу управління на вході й виході режимів зондування РЛС, невизначеність умов спостереження КС й прийняття рішень;
- керований поетапний процес прийняття рішень, що забезпечує передбачення ризиків втрат РЛП і стійкості режиму зондування, розподілене керування ними і мінімізацію апостеріорних ризиків;
- реалізація повної функції ситуаційного управління ризиками, невизначеністю умов прийняття рішень та поєднання рефлексивної, ситуаційно-адаптивної й програмної форм управління на етапах інформаційного забезпечення, підготовки, прийняття та реалізації управлінських рішень на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях управління;
- застосування матрично-функціональної схеми рішення формалізованих задач управління для

прогнозованих відносно простих конфліктних ситуацій на етапі проектування САУ;

- використання у процесі експлуатації САУ когнітивної схеми рішення завдань управління, що важко формалізуються у складних конфліктних ситуаціях і в умовах невизначеності;

- особисті якості ОПР (оператора);

- ефективність управління, оцінка витрат матеріальних, інформаційних ресурсів і швидкодії.

При постановці задач і виборі рішення у законі управління стійкістю повинна бути дотримана сукупність обмежень, які утворюють область допустимих рішень. До обмежень відносяться: нестача інформаційного забезпечення, матеріальних ресурсів РЕЗ, рівня кваліфікації та досвіду ОПР (оператора), межі їх розумових здібностей, а також терміни прийняття і реалізації рішення.

При пошуку закону управління стійкістю режимів зондування і інформаційному описі структурної схеми САУ, що його реалізує, доцільно використовувати його декомпозицію на рівні управління та етапи підготовки, прийняття та реалізації рішень. Стосовно конфліктного протистояння між комплексом РЕП та РЛС компонентами конфлікту є взаємодія між їх складовими частинами (системою РТР, РЕП і управління), з одного боку, і засобами РЕЗ (для протидії РТР, РЕП, його системі зовнішнього управління і власного активного інформаційного впливу на системи РТР і управління), з іншого боку.

Оскільки стратегія управління режимами зондування є стратегією слідування за траєкторіями польоту ПЦ і за змінами у повітряній обстановці (ПО), то у зоні огляду виникають проблемні області розвідки ПЦ, котрі пов'язані з наявністю конфліктних ситуацій, обумовлених зазначеними вище компонентами. Конфліктна ситуація – стан досить рухливий, нестійкий, легко може змінитися при зміні будь-якого зі складових елементів. Тому розвиток конфлікту йде через швидку стрибкоподібну зміну конфліктних ситуацій в тій чи іншій проблемній області. Для кожної проблемної області з ПЦ (в тому числі можливо з комплексом РЕП), що розвідується, і КС використовується двостороння динамічна модель конфліктної взаємодії комплексу РЕП і РЛС, яка містить сукупності причин й особливостей появи певної КС з прихованим (зовнішнім) і явним (внутрішнім) управлінням станом та динамікою зміни конфлікту. Дана модель характеризується як узгодженою взаємодією складових частин комплексу РЕП і РЛС всередині між собою, так і їх конфліктною зовнішньою взаємодією один проти одного. Наявність у моделі траєкторій зовнішнього управління конфліктною ситуацією пов'язано з посиленням складової інформаційного протиборства, із застосуванням військових хитрощів, пошуком несподіваних і несиметричних дій. Інформаційне проти-

борство спирається на рефлексивну форму управління і направлено на приховане порушення внутрішніх і зовнішніх зв'язків комплексу РЕП, призначених для функціонування його систем і комплексу в цілому, його взаємодії з РЛС, його навчання з метою використання інфраструктури його інформаційно керуючої системи у своїх цілях і/або зниження її інформаційних і керуючих можливостей. РЕЗ стало функціонування режимів зондування РЛС повинно досягатися приховуванням (РЕ маскуванням) її випромінювань, режимів роботи інформаційних систем РЛС, засобів її РЕЗ від системи РТР, РЕ захистом від впливу завад системи РЕП, засобами активної зміни стану і динаміки конфліктної ситуації в інформаційному протиборстві і зниження інформаційно-технічної та психологічної уразливості від інформаційного впливу противника. Зауважимо, що для придушення захищеного режиму зондування противнику потрібно нарощувати зусилля з урахуванням подолання засобів РЕЗ.

Дана двостороння динамічна модель конфліктної взаємодії викликає:

- зміни у традиційних вимогах до завадозахищеності через наявність прихованих і явних траєкторій управління конфліктом і аналізу прогнозованого сценарію взаємодії складових частин комплексу РЕП та РЛС шляхом введення сукупності вимог до скритності випромінювання, рефлексивного управління КС, завадостійкому зондуванню, захисту свідомості і психофізичного стану ОПР від тиску противника і алгоритмів, структурних елементів САУ режимами зондування і їх стійкістю від інформаційних (кібер) впливів;

- перехід від аналізу станів і змін завадової обстановки і її загроз, в яких діє конкретний режим зондування РЛС, до більш повного аналізу КС, її складових, їх загроз і відповідних уразливостей об'єкту управління, а також до якості прогнозування їх розвитку;

- багатовимірність КС, що обумовлена взаємодією складових частин комплексу РЕП і РЛС, проблемними областями зони огляду РЛС, викликає розширення вимог до засобів інформаційного забезпечення вирішення управлінських завдань САУ і їх складу на етапах підготовки, прийняття та реалізації рішень.

Наведена вище постановка задачі синтезу закону управління інформаційною стійкістю РЛС, яка заснована на цільовому підході до управління, доповнюється ситуаційним управлінням для організації процесів синтезу, яке передбачає [1; 13] наступні етапи дій:

- ідентифікація КС і її складових (за результатами моніторингу параметрів загроз стійкості на вході і уразливості на виході режиму зондування тієї чи іншої області зони огляду, що містить розвідувальну ПЦ і КС), розпізнавання її виду та прогноз роз-

виту КС; оцінка стану і динаміки КС і її складових (аналіз загроз і вразливості режиму зондування) і умов прийняття рішень, завдання мети управління для усунення виниклої проблеми з якістю РЛ і стійкістю; формування критеріїв результативності досягнення мети та ефективності управління з урахуванням обмежень, що впливають на область допустимих рішень, і методів їх оцінки;

– формування переліку альтернатив впливів і реакцій на стан і динаміку КС з оцінкою наслідків (аналізом ризиків) для стійкості режимів зондування РЛС;

– прийняття рішення у вигляді обґрунтованого за критерієм ефективності вибору впливів на КС однією з альтернатив протидії у вигляді оптимального або прийнятного (з точки зору допустимого ризику) способу і засобів досягнення поставленої мети з урахуванням умови прийняття рішення і при наявному у розпорядженні суб'єкта управління ресурсі РЕЗ;

– контроль і оцінка ефективності результату управління пов'язаний з оцінкою поточних ризиків і можливістю подальшого, при необхідності, коригування прийнятого керуючого рішення або його перепризначення, а також з визначенням витрат ресурсів і швидкодії процесу управління.

Складність управління обумовлена залежністю від великої кількості керованих і некерованих чинників, а також невизначеністю умов ухвалення рішень. Останні визначають вплив зовнішнього середовища і способів дій противника.

Етап інформаційного забезпечення вирішення завдань управління

На рис. 1 представлена структурна схема системи нелінійного управління ризиками і невизначеністю умов прийняття рішень, розподіленого за рівнями управління та етапами інформаційного забезпечення, підготовки, прийняття та реалізації рішень з різними критеріями якості. Взаємодія об'єкта управління з зовнішнім середовищем відображена у структурній схемі САУ випромінюванням зондувального сигналу, наявністю ехосигналу на його вході і РЛ на виході, яка далі передається її споживачам через систему передачі даних (СПД). Засоби реалізації режимів зондування доповнені засобами вбудованими та додатковими виконавчими засобами РЕ маскування випромінювання РЛС, РЕ захисту від впливів активних завад, активного інформаційного протидіювання з відповідними каналами управління ними. Ієрархічна структура суб'єкта управління, що заснована на цільовому і ситуаційному підходах до пошуку і реалізації закону управління стійкістю режимів зондування, багатопланова і підтримує послідовність стратегічного, тактичного і оперативного рівнів управління. На кожному рівні управління, в свою чергу, виконується послідовність операцій

повної функції ситуаційного управління у вигляді послідовності етапів інформаційного забезпечення, підготовки, прийняття та реалізації відповідних управлінських рішень. Ці послідовності операцій реалізуються в контурах управління, що містять взаємопов'язані інформаційні, керуючі і виконавчі засоби САУ. Реалізація набору окремих стратегій з базової стратегії РЕЗ режимів зондування РЛС, пов'язаних з різноманітними видами КС та їх складовими, породжує багатоконтурну побудову структури САУ, що аналізується. Призначення структурних елементів схеми САУ впливає з наведеного нижче опису етапу інформаційного забезпечення та рівнів управління. Для здійснення управління необхідно мати інформацію про поточний стан об'єкта управління і системи управління стійкістю режимів зондування. Характерна риса об'єкта управління – зміна режимів зондування внаслідок зміни етапів РЛ розвідки, погроз і впливів активних завад. Етап інформаційного забезпечення пов'язаний з діагностикою стану і динаміки КС та отриманням необхідної інформації, яка далі буде трансформована в управлінські рішення стратегічного, тактичного й оперативного рівнів управління. Під спостережуваністю системи управління розуміють її властивість, що дозволяє визначити стан об'єкта управління для кожного моменту часу (значення вектора стану $S^{\Phi}(t)$) за результатами реєстрації його входних і вихідних сигналів протягом певного часу. Від якості спостережуваності залежить керованість САУ умовами прийняття рішень і мінімізацією ризиків. Потрібно виявлення формальних умов спостережуваності. Управління якістю спостережуваності КС передбачає управління: наглядом за станом і динамікою складових КС і в цілому, всебічним аналізом і обґрунтованим прогнозом розвитку загроз КС на вході режимів зондування і вразливостей режиму, апостеріорних ризиків на їх виході. У структурі САУ для цих цілей передбачені автоматизовані засоби спостереження за КС для кожного режиму зондування у проблемних областях. Для цього в структурних елементах САУ виконуються у реальному часі: моніторинг параметрів процесів на вході і виході режиму зондування; ідентифікація станів КС і її складових; розпізнавання класу (типу, виду) станів КС і її складових, а також визначення ступеня небезпеки загроз КС; прогноз розвитку станів КС і її складових на певних інтервалах часу для стратегічного і тактичного рівнів управління; контроль стану компонентів САУ, що функціонують на етапі інформаційного забезпечення; інтерпретація ОПР (оператором) отриманих інформаційних даних. Отримані достовірні результати далі трансформуються в управлінські рішення (керуючі елементи закону управління) відповідних рівнів та етапів управління.

Рис. 1. Структурна схема автоматизованої системи централізованого управління стійкістю режимів зондування РЛС в умовах навмисних активних завад

Для стратегічного рівня управління повинні бути отримані дані, які б дозволили передбачити зміни поточної КС або появу нової на основі обґрунтованих результатів прогнозу, виявити відповідність варіантів завадозахисних можливостей базової стратегії управління РЕЗ інформаційної стійкості РЛС щоб її змінити. Для тактичного рівня потрібні відомості для ефективної реалізації вибраних тактик РЕЗ і послідовності їх застосування відповідно до кількості загроз КС, ступеню небезпеки їх загрози і умов прийняття рішень. Оперативний рівень потребує даних для здійснення адаптації призначених виконавчих засобів РЕЗ до поточної КС і її змін, а також для контролю допустимих апостеріорних ризиків, невизначеності умов прийняття рішень і корекції прийнятого керуючого рішення, розрахунку показників ефективності управління.

Невизначеність КС впливає на всі рівні і етапи управління. Невизначеність може бути обумовлена неадекватністю використовуваної динамічної моделі конфлікту реальним процесам, непередбаченими діями супротивника, посиленням випадкових впливів зовнішнього середовища, збільшенням обсягів контрольованої інформації та неструктурованої інформації, невпевненістю ОПР внаслідок відсутності інформації, також різноманітням, непередбачуваністю факторів і складністю впливу їх сукупності на процес вирішення. Невизначеність умов прийняття рішень залежить від можливості застосування різних засобів РЕЗ.

Невизначеність зростає у ситуаціях, коли можливі непередбачувані події. Чим вище невизначеність при ухваленні рішення, тим більше інтерпретації ОПР (оператором) наявних даних з метою ідентифікації та оцінки подій і процесів, а також навчання алгоритмів управління. Рівень невизначеності можна знизити шляхом, наприклад, отримання додаткової інформації, але це вимагає певних ресурсних витрат і часу.

Якщо фактор невизначеності не дозволяє прийняти автоматичне рішення, то альтернативою є прийняття рішення ОПР (оператором) на основі інтерпретації наявних даних і його інтуїції, міркувань, досвіду і застосування евристичного підходу.

Комплексному подоланню апіорної невизначеності сприяє метод картографування завод і/або КС [14].

На даному етапі реалізується багатоконтурне управління спостережуваністю в залежності від складових КС у проблемній області, потреб рівнів і етапів управління розв'язуваної в РЛС інформаційної задачі.

Під керіваністю розуміють здатність системи привести об'єкт управління у будь-який потрібний стан за кінцевий проміжок часу шляхом зміни його входних сигналів. Потрібно виявлення формальних умов керуваності при описі трансформації результа-

тів інформаційного забезпечення в управлінські рішення на рівнях і етапах управління та узгодження зв'язків між ними.

Стратегічний рівень управління

Двостороння динамічна модель конфліктної взаємодії в значній мірі визначається тим, яка стратегія управління і які тактики застосовуються у конфліктній ситуації, а також залежить від здібностей протиборчих сторін повно враховувати цілі та поведінку супротивника [3; 8]. Закон управління стійкістю режимів зондування РЛС передбачає управління конфліктною взаємодією через пошук оптимальної стратегії і виконання певних вимог до складу та режимів роботи апаратури РЕЗ.

Оптимальною вважається та стратегія, яка дозволить досягти головної мети – підтримки інформаційної стійкості РЛС на належному рівні з найменшими інформаційними втратами і ресурсними витратами. Особлива роль у побудові закону управління конфліктною взаємодією відводиться розробленій на етапі проектування РЛС базовій стратегії управління РЕЗ, яка зосереджує увагу САУ на основних напрямках РЕЗ і на організації процесу протидії стратегії РЕП в тій чи іншій проблемній області. Базова стратегія управління РЕЗ вибудовується на найбільш ймовірному тривалому сценарії протидії стратегії управління комплексом РЕП з урахуванням зовнішніх і внутрішніх траєкторій управління станом і динамікою КС. Вона розглядається як початковий етап розробки закону управління, коли декомпозиція головної мети РЕЗ використовується для структурування довгострокових комплексних завдань стратегічного управління РЕЗ, формування ряду стереотипних окремих стратегій і їх спрощень. Для отримання конфліктної переваги базова стратегія повинна містити синергію – перевищення сукупного результату над сумою результатів її окремих стратегій. Досягнення синергії (позитивного синергетичного ефекту) забезпечується координацією дій щодо РЕЗ, узгодженням термінів реалізації окремих стратегій та спільним використанням ресурсів РЕЗ.

У цьому розумінні передбачається два напрямки вирішення стратегічних завдань з відповідними групами цілей [3–5]:

- створення сприятливих умов роботи для режимів зондування РЛС і несприятливих для комплексу РЕП;

- чинення опору системі РЕП для нейтралізації впливів активних завод після втрати скритності випромінювання РЛС і утримання змін показників заводостійкості поточних режимів зондування РЛС в області допустимих значень, а також підтримки кібербезпеки структурних зв'язків і алгоритмів САУ режимами зондування і їх стійкістю.

Склад і порядок застосування відповідних окремих стратегій управління РЕЗ містить

– стратегії підтримки скритності випромінювання;

– стратегії активної зміни стану і динаміки КС з використанням впливу маніпуляції інформацією на свідомість і психо-фізичний стан ОПР і операторів у комплексі РЕП і інформаційних (кібер) впливів на компоненти його системи управління:

– стратегії підтримки завадостійкого зондування;

– стратегії управління РЕЗ системи автоматизованого управління стійкістю режимів зондування від зовнішнього прихованого управління рефлексією ОПР і операторів РЛС і її компонент від кібервпливів.

Шуканий закон ситуаційного управління інформаційною стійкістю РЛС складається з технологічних циклів ситуаційного управління окремими стратегіями протидії комплексу РЕП. Для подальшого структурування і надання оперативності та гнучкості закону управління РЕЗ та САУ, що його реалізує, на стратегічному рівні управління утворюється контур контролю та координації процесів управління, який породжує контури подальшого правління кожною обраною окремою стратегією РЕЗ. Вони базуються на зв'язку входу і виходу режимів зондування, реалізації повної функції ситуаційного управління і поєднанні рефлексивної, ситуаційно-адаптивної та програмної форм управління.

Суть стратегічного рішення у законі управління РЕЗ – це результат обґрунтованого вибору напрямку у базовій стратегії управління РЕЗ з урахуванням поставлених цілей, обмежень на ресурси РЕЗ, що є у розпорядженні, способів досягнення цілей, заданих термінів прийняття та виконання рішень, відповідно обраної стратегії дій, її тактик і порядку їх застосування, спираючись на результати інформаційного аналізу загроз КС, уразливості режимів зондування, ризиків управління та невизначеності умов прийняття рішень. Потрібно вибирати таку стратегію, яка дозволить зменшити ступінь протидії, що, в свою чергу, знизить і ступінь ризику. Цілі окремої стратегії пов'язані з проміжними цілями тактичного рівня і відповідними тактиками РЕЗ з програмною і ситуаційно-адаптивною формами управління. Тактика, як засіб реалізації проміжних цілей окремої стратегії, являє собою сукупність конкретних прийомів короткочасного впливу на поточну КС для її зміни і пов'язана з використанням певних ресурсів РЕЗ. Одні й ті ж тактики можуть використовуватися у рамках різних окремих стратегій.

В умовах сучасного конфлікту у змісті закону управління РЕЗ РЛС значиму роль грає інформаційне протистояння для прихованого проникнення в автоматизований процес прийняття противником рішення на проведення РЕП за допомогою обману

(військової хитрості) і рефлексивної форми управління (рис. 1, дивись на стрілку, яка відображає вплив на комплекс РЕП відповідного контуру управління САУ). Це може бути пов'язано з підтримкою скритності випромінювання, завадостійкого зондування, ескалацією динаміки конфліктної взаємодії і РЕЗ компонент систем управління режимами зондування РЛС, їх стійкістю від прихованого управління з боку противника. Введення в оману суб'єкта управління комплексом РЕП шляхом нав'язування йому помилкового уявлення про стан РЛС у конфлікті за допомогою дезінформації, імітації, маневру режимами роботи РЛС і її ресурсами (маскують роботу РЛС), провокаційних і демонстративних дій, які з високим ступенем ймовірності розпізнаються засобами технічної розвідки противника і відволікають його увагу. Зазначені засоби обману і рефлексивна форма управління (не менше 2-го рангу) застосовуються і спрямовані також на ОПР.

ОПР – основний керований суб'єкт, поряд із засобами штучного інтелекту, для нав'язування певної стратегії поведінки, вигідної для керуючого суб'єкту. Впровадження у процес прийняття противником потрібного для ефективного РЕЗ РЛС рішення передбачає використання заздалегідь спеціально підготовленої обманної інформації, що базується на застосуванні сучасних інформаційних технологій та:

– результатів моделювання двосторонньої динаміки конфліктної взаємодії в інформаційній сфері та відображення станів і можливих варіантів дій протисторонніх сторін (підсистем моделювання дій супротивника і моделювання своїх дій);

– вибору та розробці задуму обману противника щодо стану РЛС у конфлікті, оцінки обсягу, часу і порядку застосування обманних дій;

– підтримці цієї обманної інформації діями в процесі безпосередньої конфліктної взаємодії на основі результатів моделювання інформаційного протисторонства у підсистемі моделювання забезпечення прийняття рішення, а також за допомогою порад системи підтримки прийняття рішень у процесі спостереження ПЦ, які дозволять не тільки відслідковувати дії противника і реагувати на них, попереджуючи його наміри і постійно вводячи його в оману, а й узгодити і пов'язати за цілями, завданнями, місцем, часом і способом взаємовпливу сторін.

Сторона, що має більш високий ранг рефлексії, отримає конфліктну перевагу в результаті інформаційного протисторонства.

Різноманітність окремих стратегій управління РЕЗ обумовлює багатоконтурну побудову структури САУ. Контури ситуаційного управління передбачають у складі САУ наявність відповідних окремим стратегіям інформаційних, управляючих та виконавчих засобів РЕЗ, які реалізуються структурними

елементами САУ (рис. 1) для кожного режиму зондування проблемних областей.

Особливістю рішення суб'єктом управління стратегічних завдань з використанням базової стратегії РЕЗ полягає у тому, що можна заздалегідь, ще на етапі проектування РЛС, виділити ряд основних небезпечних КС, перетворити їх в управлінський вплив і швидко реагувати на причини відхилень вихідних даних режиму від мети, реалізуючи стратегію реактивного управління. У цьому випадку оперативне рішення представляється у вигляді матрично-функціональної схеми для кожного режиму зондування РЛС з урахуванням конкретної КС у проблемній області – “ПЦ, проблемна область, поточний режим зондування, загроза КС, ступінь небезпеки – окрема стратегія управління РЕЗ, тактики і їх ресурс, що використовуються в ній, та порядок їх застосування”. Більшість загроз КС реалізуються по попередньо заданим сценаріям, де кожен сценарій складається з послідовних стадій, призначених для порушення стійкості режимів зондування і подолання різних рівнів їх РЕЗ. Вибір циклів ситуаційного управління і управління на етапах підготовки, прийняття та реалізації рішень автоматично виконується в САУ, контролюється і координується ОПР (оператором).

Побудова закону управління стратегією РЕЗ не виключає вибору окремої стратегії в умовах значимої невизначеності. Процес підготовки і прийняття рішень в цьому випадку представляє собою також гнучку процедуру вибору на основі інтерпретаційного підходу. Неточність і невизначеність інформації про конфліктну ситуацію компенсується її інтерпретацією – тобто співвіднесенням нової інформації з існуючими знаннями, досвідом і наділення ОПР щодо конкретних подій суб'єктивним змістом. Управління конфліктом у цьому випадку може розглядатися як інтерпретаційна система управління, робота якої полягає в отриманні інформації, постановці діагнозу і формулюванні пропозиції або варіантів альтернативних рекомендацій щодо вибору рішення. При цьому головною є саме інтерпретація інформації про різноманіття тенденцій розвитку стратегії супротивника, так як вона вирішальним чином впливає на якість прийнятих рішень, зокрема, на активний з випередженням вплив на тенденції розвитку ситуації. У зв'язку з цим, особлива увага приділяється базовим варіантам стратегії РЕЗ, де ситуаційні зміни представлені у вигляді формування ланцюга взаємообумовлених ситуацій, послідовно пов'язаних між собою як причина та наслідок. Ланцюгова реакція змін значно підвищує рівень взаємозв'язку і взаємозалежності ситуацій та діяльності щодо забезпечення стійкості. Підвищення рівня взаємозв'язку і взаємозалежності, у свою чергу, створює

передумови того, що наступні зміни будуть передбачуваними.

Важливу роль у пошуку рішення відіграють рефлексивна форма управління і когнітивна орієнтація ОПР (оператора) на поточну КС у вигляді сукупності його уявлень про неї у рамках двосторонньої динамічної моделі конфліктної взаємодії, що використовується, інтерпретації можливих змін образу КС у вигляді прогностичного сценарію її розвитку. Інтерпретаційний підхід сприяє формуванню інноваційних законів управління стратегією РЕЗ.

Тактичний рівень управління

На тактичному рівні управління уточнюються цілі, задачі обраних альтернатив з базової стратегії РЕЗ, розглядаються можливості застосування у законі управління тактиками РЕЗ стандартних й нестандартних методів їх вирішення.

Прийняття рішень здійснюється як реалізація вибору відповідних альтернатив з базової стратегії РЕЗ (окремої стратегії, її тактик і порядку їх застосування з урахуванням критеріїв, умов прийняття рішення і заданих ресурсних обмежень), виділення і рішення наборів формалізованих задач управління для прогнозованих щодо простих КС і важко формалізуємих завдань управління для складних видів КС і невизначеності умов прийняття рішень. При цьому враховується ряд таких вимог, що як правило пред'являються в РЛС до складу і режимів роботи апаратури РЕЗ від навмисних радіоелектронних завад. Реалізація циклів управління окремими стратегіями повинна:

- бути узгоджена з режимами зондування і не обмежувати інформаційні можливості РЛС з радіолокаційної розвідки ПЦ;
- відповідати реальній завадовій обстановці, максимально забезпечуючи можливості виділення корисних сигналів;
- забезпечувати певну замаскованість роботи комплексу засобів РЕЗ від навмисних завад, тобто не повинна розкривати потенційні можливості тактик і окремої стратегії в цілому;
- виробляти зміну режимів зондування, апаратури завадозахисту лише в тому випадку, коли процеси виявлення і супроводу цілей на фоні завад ускладнюються або ж стають неможливими.

Ефективне застосування способів і засобів РЕЗ від завад в більшості випадків можливе тільки за умови їх комплексування. Комплексне застосування наявних ресурсів завадозахисту стосовно конкретної завадової обстановки має здійснюватися з урахуванням їх сумісності при одночасному використанні. При цьому пріоритет у виборі засобів завадозахисту повинен віддаватися технічним рішенням, що забезпечують найбільшу ефективність захисту від домінуючих видів завад або від завад декількох видів. Нарощування засобів захисту залежить від кіль-

кості загроз КС і ступеня їх небезпеки – загрози втрати стійкості режиму зондування.

Практична реалізація потенційних заводозахисних можливостей РЛС у кінцевому підсумку може бути забезпечена за умови активних цілеспрямованих інформаційних впливів на стан і динаміку КС і адаптації заводозахисту до конкретної заводової обстановки. Оскільки стан поточної КС з плином часу характеризується стрибкоподібними змінами, то це тягне за собою потребу у зміні найважливіших параметрів або навіть структури системи РЕЗ відповідно до обстановки, що складається. Для цього в усіх випадках потрібні контури управління заводозахисністю режимами зондування РЛС і засобами її захисту від завад, що включають до свого складу інформаційні, керуючі і виконавчі засоби.

Основні тактичні прийоми управлінських рішень стосовно підтримки скритності випромінювання і заводостійкого зондування у зв'язку з втраченою скритності випромінювання складаються з:

- уникнення ризику – ухилення від впливів, пов'язаних з ризиком;
- зниження ступеня ризику – зменшення ймовірності втрат і скорочення очікуваного їх обсягу, у тому числі за рахунок активних цілеспрямованих інформаційних впливів на стан і динаміку КС;
- утримання допустимого рівня ризику в умовах невизначеності шляхом подолання невизначеності та чинення опору деструктивним діям додатковими засобами радіоелектронного маскування (РЕМ), РЕЗ та кіберзахисту;
- пошуку ОПР можливих рішень в умовах невизначеності високого рівня, виходячи з накопичених знань та досвіду.

Підготовка рішень на тактичному рівні у проблемній області зони огляду пов'язана зі стандартизованими рішеннями формалізованих (оптимізаційних) завдань управління і нестандартизованими для завдань, що важко формалізуються через фактор впливу складних КС й істотної невизначеності умов прийняття рішень. Рішення формалізованих завдань управління РЕЗ відноситься до постійної складової простору прийнятих в САУ рішень, характеризується визначеністю для прогнозованих відносно простих КС, логічною схемою автоматичного вирішення оптимізаційної задачі, оперативністю вирішення і заздалегідь підготовленою на етапі проектування РЛС матрично-функціональною схемою представлення результатів їх рішень, реактивних на заводові та інформаційні впливи нападаючої сторони. Для побудови матрично функціональної схеми рішення “ПЦ, поточний режим зондування, обрана стратегія РЕЗ, вид КС, загрози з урахуванням ступеня небезпеки – тактика з відповідним ресурсом та ефективністю” необхідно:

- спрогнозувати майбутні умови прийняття рішень;
- розробити перелік можливих альтернатив;
- оцінити витрати усіх альтернатив;
- визначити ймовірність кожної умови;
- вибрати альтернативи за обраним критерієм рішення.

Потрібен попередній перерахунок області допустимих значень показників якості РЛП на виході режимів зондування (на підставі результатів аналізу вразливостей і ризиків) в області допустимих значень параметрів розглянутих видів активних завад, їх небезпеки на вході режимів в тій чи іншій проблемній області зони огляду. Для зручності роботи з небезпечними загрозами допустиму область значень при аналізі загроз розбивають ще на підобласті, відповідно до впливу загроз, наприклад, слабкі, середні, сильні або критичні. При цьому можливе використання апріорної інформації з карти завад або КС. Тобто, в даному разі САУ орієнтована на оперативне управління з використанням тільки поточних умов спостереження на вході режиму зондування і не виробляє аналізу ризиків для КС у процесі розвідки ПЦ. Управління матричним рішенням (призначенням до застосування) цих засобів РЕЗ для нейтралізації загроз системи РЕП може здійснюватися автоматично у вирішуючому пристрої під контролем ОПР з можливістю адаптації до реальних умов спостереження, а також ОПР в ручному режимі.

На якість вирішення формалізованих задач управління істотно впливають достовірність класифікації поточної КС, прогнозу розвитку її динаміки і правила прийняття та критерії раціонального вибору варіантів рішень в матриці можливих станів КС і альтернативних рішень в умовах такого роду невизначеності, наприклад, критерії Ваальда, Севиджа, Гурвіца.

Управління когнітивним пошуком рішення непередбачених і важко формалізованих завдань управління для складних КС і умов невизначеності КС відноситься до змінної складової простору прийнятих в САУ рішень, характеризується значним ступенем ризиків рішень і невизначеністю умов прийняття рішень, безпосередньою участю ОПР на етапах підготовки, прийняття та реалізації рішень, спираючись на реалізацію повної функції управління, поєднання рефлексивної, ситуаційно-адаптивної та програмної форм управління, а також на його накопичені знання, досвід та інтуїцію. Застосування когнітивної схеми рішення пов'язане як з аналізом інформації і інтерпретацією умов прийняття рішень перед його прийняттям, так і з висуванням альтернативних рішень, вибором з них оптимального або прийнятного в умовах дефіциту часу на прийняття і реалізацію рішень. Основна роль при інтерпретації інформаційних даних про КС і виробленні керуючих

рішень відводиться ОПР тому, що знання обмежені, а уява нескінченна.

На етапі прийняття проміжного рішення при досягненні мети обраної стратегії РЕЗ здійснюється багатокритеріальний вибір оптимального рішення з точки зору обраних критеріїв або прийнятного раціонального в умовах дефіциту часу на прийняття і реалізацію рішення і яке задовольняє прийнятим обмеженням, простого або складного в залежності від ступеня небезпеки загроз КС і розмірів втрат якості РЛІ для даної КС.

Отримане рішення для непередбачених КС може бути доповненням до матричної схеми управління відповідно до заданих специфікацій ("якщо то і то, то ...") для рішень формалізованих задач.

Багатоконтурні тактичного рівня управління обумовлені вибором тієї чи іншої окремої стратегії управління РЕЗ.

В цілому, поєднання наведених матрично-функціональної та когнітивної схем прийняття рішень в САУ інформаційною стійкістю РЛС для вирішення формалізованих і важко формалізованих завдань управління РЕЗ дозволяє в окремих випадках скоротити час на прийняття й реалізацію рішень.

Оперативний рівень управління на етапі реалізації рішень

Даний рівень управління розглядається як завершальний етап процесу управління у плані:

- доведення прийнятих управлінських рішень до виконавчих засобів РЕЗ із застосуванням єдиних принципів технічного управління апаратурою складових частин РЛС і наявних каналів управління з подальшою адаптацією режимів і параметрів цих засобів РЕЗ до реальних умов поточної КС;
- контролю рівня апостеріорних ризиків і невизначеності умов прийняття рішень (з визначенням методів і алгоритмів вимірювань їх параметрів) для прийнятого управлінського рішення;
- оцінки показників ефективності управління.

Багатоконтурність оперативного рівня управління пов'язана з контурами управління етапу інформаційного забезпечення, стратегічного і тактичного рівнів управління.

Оперативний (поточний) рівень управління визначає конкретні дії по реалізації рішень окремих завдань РЕЗ, а також здійснює конкретні дії за результатами контролю виконання прийнятого рішення. Для цього використовуються (рис. 1) можливості моніторингу і вихідних параметрів поточного режиму зондування, ідентифікації стану його стійкості, зворотного зв'язку на вирішувальний пристрій і на індикаторні пристрої робочого місця оператора (РМО), коли прийняте рішення не задовольняє досягненню поставленої мети і його необхідно змінити, щоб зробити його ефективним. При цьому інформу-

ється ОПР про необхідність коригування управління або завдання вироблення нового рішення.

Пульт управління РМО забезпечує можливість для ОПР коригувати керуючий вплив при необхідності або перейти до розробки нового рішення. Творчій участі ОПР (оператора) у процесах управління сприяє як проведення автоматизації процесів рішення формалізованих задач управління, що вивільняє ОПР від рутинних операцій для творчого пошуку успішного (результативного і ефективного) рішення важко формалізованих завдань управління, так і вдосконалення РМО, яке пов'язане з розширенням його функцій і розвитком апаратно-програмних засобів людино-машинного (Л-М) інтерфейсу.

Ефективність управління, як фактор впливу, визначається відношенням завадозахищеності до витрат ресурсів РЕЗ. Різноманіття КС і їх загроз, багатоконтурна побудова САУ стійкістю режимів зондування обумовлюють значний обсяг матеріальних ресурсів РЕЗ і розподіл його за окремими стратегіями РЕЗ та їх тактикам. У зв'язку з цим, потрібно мінімізувати витрати матеріальних ресурсів на протидію, використовуючи можливості управління розподілом ресурсів.

Координація процесів управління, правильне комплексування циклів управління окремих стратегій протидії із базової стратегії РЕЗ можуть у кінцевому рахунку призвести до позитивного синергетичного ефекту одночасно для завадозахищеності і ефективності управління. Досягти зниження обсягу необхідних ресурсів можливо при відборі найбільш ефективних окремих стратегій і тактик РЕЗ і комплексування їх матеріальних ресурсів з урахуванням можливості застосування одних і тих же тактик в різних стратегіях. З цієї точки зору істотно при раціональному розподілі витрат пріоритетне застосування інформаційних ресурсів рефлексивних стратегій протидії, що реалізуються у контурах зовнішнього прихованого управління станом і динамікою КС. Ця обставина є важливим доповненням до їхніх можливостей перетворення станів і динамік КС в бажані, відповідно до поставлених цілей.

Для управління розподілом ресурсів РЕЗ та оцінки ефективності управління, конкретизації обмежень при пошуку закону управління РЕЗ та визначенні їх запасу необхідно проводити аналіз наявних ресурсів РЕЗ за їх видами і впливами того чи іншого ресурсу на функціонування САУ і розподілити за ступенем важливості.

Невизначеність динаміки КС заважає ефективному розподілу ресурсів і вимагає у цих умовах гнучкого розподілу, оскільки можлива розбіжність у часі призначеного способу РЕЗ з найбільш ефективним в поточній ситуації. Його суть полягає у знаходженні способів швидкого реагування на зміну поточної КС, що підвищує вимоги до оперативності та

автоматизації інформаційних засобів аналізу КС, своєчасності вирішення управлінських завдань на етапах підготовки, прийняття та реалізації рішень, використання запасу розподілених засобів РЕЗ. При цьому виникає також необхідність оперативної підтримки прийняття ОНР (оператором) управлінських рішень, підвищенням тим самим об'єктивності і раціональності їх вибору і застосування.

На прийняття рішення, в тому числі на його ефективність, істотний вплив роблять рівень професійної компетенції ОНР, його креативно-рефлексивні здібності та інші особистісні фактори. Розглядають таку класифікацію індивідуальних рис ОНР як: уяву, досвід, інтуїцію, керованість, компетенцію, здатність до компромісу, схильність до ризику, коли рішення приймається в умовах невизначеності.

Разом з тим, слід зазначити, що на практиці мають місце: значний обсяг автоматизованої та "ручної" роботи ОНР (оператора) при управлінні режимами зондування РЛС та їх стійкістю, межі розумових здібностей людини, недостатній рівень його кваліфікації та досвіду подолання управлінських труднощів, негативний вплив людського фактору на процеси підготовки, прийняття та реалізації управлінських рішень. Тому доцільно передбачити подальшу автоматизацію процесів управління і можливість підвищення рівня компетенції ОНР (оператора), посилення його креативно-рефлексивних здібностей за допомогою системи підтримки прийняття рішення (СППР) із застосуванням баз знань Z , інтелектуальних методів і засобів штучного інтелекту [1; 13; 15], як інтелектуальної надбудови до даної САУ у складі робочого місця оператора. При цьому ієрархічна структура інтелектуальної системи ситуаційного управління повинна виконувати роль основних засобів боротьби з невизначеністю, забезпечити інтелектуальні можливості з аналізу і розпізнавання КС, включати синтез закону управління на стратегічному і тактичному рівнях.

Синтез закону управління РЕЗ $F(Z, R, I, L(u))$ передбачає певне системне упорядкування і координувану взаємодію його і структурних елементів САУ, що веде до методичного синергізму і отримання позитивного синергетичного ефекту підвищення завадозахищеності РЛС та ефективності управління. Кожен рівень і етап управління у законі та їх представлення у часі є джерелами синергії, досягнення якої забезпечується координацією дій по РЕЗ. Методичний синергізм полягає: у оптимальному поєднанні і узгодженні та синхронізації застосування окремих стратегій і їх тактик; у якісній реалізації повної функції ситуаційного управління; у поєднанні компетенції ОНР (оператора), функціонально-матричної і когнітивної схем пошуку рішень з

використанням наявного ресурсу РЕЗ; у мінімізації затримок та прискоренні процесів управління на рівнях і етапах управління засобами РЕЗ для активно-реактивної зміни стану і динаміки КС.

Висновки

Розглянута структурна схема САУ з урахуванням переліку системо утворюючих чинників дозволяє вирішувати на практиці завдання синтезу закону адаптивного управління інформаційною стійкістю режимів зондування наземної оглядової РЛС в умовах загроз і впливу активних завад прикриття і самоприкриття. При цьому здійснюється управління спостереженнями і об'єктами управління в тій або іншій проблемній області зони огляду для різних критеріїв якості.

Побудова структури управління підтримує стратегічний, тактичний і оперативний рівні управління, а також відповідає вимогам отримання ефективних (за рівнем завадозахищеності, витрат ресурсів і швидкодії) управлінських рішень.

Структура і логіка синтезу закону управління РЕЗ враховують результати комплексного аналізу сукупності факторів впливу, які організують процеси управління і містять потенціал методичного синергізму при досягненні мети – необхідної інформаційної стійкості РЛС і ефективності активно-реактивної зміни конфліктної ситуації.

У даній багатокомпонентній структурі реалізуються матрично-функціональна і когнітивна схеми формування шуканого закону зовнішнього і внутрішнього управління станом і динамікою поточної конфліктної ситуації для забезпечення необхідного рівня завадозахищеності режимів зондування і компонент їх систем управління.

Також описані деякі її особливості, що характеризують повну функцію управління ризиками та невизначеністю умов прийняття рішень на рівнях управління та етапах інформаційного забезпечення, підготовки, прийняття та реалізації управлінських рішень.

Ця структура управління дозволяє обґрунтовано використовувати можливості РЛС щодо забезпечення завадозахищеності її режимів зондування проблемних областей зони огляду і їх компонент систем управління і компонент їх систем управління з урахуванням традиційних і нових інформаційних загроз стратегії РЕП.

Разом з цим, потрібна розробка методики оцінювання ефективності закону управління з врахуванням впливу взаємопов'язаної послідовності прийнятих як окремих стратегічних, так і тактичних рішень на ефективність процесу управління, оскільки кожне рішення тягне за собою прийняття наступного рішення.

Список літератури

1. Системно-концептуальні основи і проблемні аспекти управління структурною динамікою єдиної системи протиповітряної оборони перспективного обрису / О.В. Турінський, Б.О. Демідов, Д.А. Гриб, Ю.Ф. Кучеренко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2019. – № 4(37). – С. 26-35. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.37.04>.
2. Ширман Я.Д. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / Я.Д. Ширман. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
3. Конфликтно-устойчивые радиоэлектронные системы. Методы анализа и синтеза / Ю.А. Астапенко, С.Н. Вайпан, А.А. Вакуленко, Н.Н. Вакуленко и др. – М.: Радиотехника, 2015. – 312 с.
4. Макаренко С.И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сете-центрических войнах начала XXI века: монография / С.И. Макаренко. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2017. – 546 с.
5. Тяпкин В.Н. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин. – Красноярск: Сибирский федеративный университет. – 2011. – 536 с.
6. Корнеев Ю.А. Применение методов анализа радиолокационной обстановки, интерпретации радиолокационных сцен и идентификации обнаруженных объектов для повышения эффективности систем обработки локационной информации / Ю.А. Корнеев // Сборник научных трудов Международной конференции “Системы локации и навигации”. – Харьков, 2005. – С. 71-74.
7. Барышев И.В. Применение рефлексивного управления в конфликтной информационной системе / И.В. Барышев, А.А. Дахно // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 1. – С. 6-9.
8. Дружинин В.В. Введение в теорию конфликта / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
9. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию / С.З. Кузьмин. – К.: КвиЦ, 2000. – 428 с.
10. Канцедал В.М. Экспериментальная оценка помехоустойчивости шумового импульсного радиолокатора ближнего действия в условиях воздействия непрерывных активных помех / В.М. Канцедал, К.А. Лукин, А.А. Могила // Радиопизика и электроника. – 2011. – № 2(16). – С. 77-89.
11. Канцедал В.М. Сравнение помехоустойчивости широкополосных корреляционных приемников шумовых и ЛЧМ импульсных радаров при воздействии непрерывных активных помех / В.М. Канцедал, К.А. Лукин // Прикладная радиоэлектроника. – 2012. – № 1. – С. 23-34.
12. Канцедал В.М. Оценка влияния синхронных импульсных помех на помехоустойчивость широкополосных корреляционных приемников импульсных РЛС с шумовой и линейной частотной модуляцией сигналов / В.М. Канцедал, К.А. Лукин // Прикладная радиоэлектроника. – 2013. – № 3. – С. 408-416.
13. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
14. Журавлев А.К. Обоснование структуры анализатора помеховой ситуации и алгоритмов селекции сигналов при воздействии активных помех прикрития и самоприкрития / А.К. Журавлев, А.А. Монаков // Сборник научных трудов Международной конференции “Системы локации и навигации”. – Харьков, 2005. – С. 186-188.
15. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография / К.А. Аксенов. – Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2011. – 341 с.

References

1. Turins'kyi, O.V., Demidov, B.O., Hryb, D.A. and Kucherenko, Yu.F. (2019), “Systemno-kontseptual'ni osnovy i problemni aspekty upravlinnya strukturnoyu dynamikoyu yedynoyi systemy protypovitryanoyi oborony perspektynvoho obrysu” [System-conceptual bases and problematic aspects of control of structural dynamics of a unified system of air defense of perspective outline], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 4(37), pp. 26-35. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.37.04>.
2. Shirman, Ya.D. (2007), “Radioelektronnyye sistemy: Osnovy postroyeniya i teoriya” [Radio-electronic systems: the foundations of construction and theory], Radiotekhnika, Moscow, 512 p.
3. Astapenko, Yu.A., Vaipan, S.N., Vakulenko, A.A. and Vakulenko, N.N. (2015), “Konfliktno-ustoychivyye radioelektronnyye sistemy. Metody analiza i sinteza” [Conflict-resistant electronic systems. Methods of analysis and synthesis], Radiotekhnika, Moscow, 312 p.
4. Makarenko, S.I. (2017), “Informatsionnoye protivoborstvo i radioelektronnaya bor'ba v sete-tsentrisheskikh voynach nachala XXI veka” [Information warfare and electronic warfare in network-centric wars of the beginning of the XXI century], High technology, St. Petersburg, 546 p.
5. Tyapkin, V.N., Fomin, A.N. and Gvrin, Ye.N. (2011), “Osnovy postroyeniya radiolokatsionnykh stantsiy radiotekhnicheskikh voys” [Fundamentals of the construction of radar stations of radioengineering troops], Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 536 p.
6. Korneev, Yu.A. (2005), “Primenenie metodov analiza radiolokatsionnoy obstanovki, interpretatsii radiolokatsionnykh scen i identifikatsii obnaruzhennykh obektov dlya povysheniya effektivnosti sistem obrabotki lokatsionnoy informatsii” [Application of methods for analyzing the radar situation, interpreting radar scenes and identifying detected objects to improve the efficiency of systems for processing location information], *Collection of scientific papers of the International Conference “Location and Navigation Systems”*, Kharkiv, Ukraine, pp. 71-74.
7. Baryshev, I.V. and Dakhno, A.A. (2017), “Primeneniye refleksivnogo upravleniya v konfliktnoy informatsionnoy sisteme” [The use of reflexive control in a conflict information system], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1, pp. 6-9.

8. Druzhinin, V.V. and Kontorov, D.S. (1989), "Vvedeniye v teoriyu konflikta" [Introduction to the Theory of Conflict], Radio i svyaz, Moscow, 288 p.
9. Kuz'min, S.Z. (2000), "Tsifrovaya radiolokatsiya. Vvedeniye v teoriyu" [Digital Radar. Introduction to Theory], KviTS, Kyiv, 428 p.
10. Kantsedal, V.M., Lukin, K.A. and Mogila, A.A. (2011), "Eksperimental'naya otsenka pomekhoustoychivosti shumovogo impu l'snogo radiolokatora blizhnego deystviya v usloviyakh vozdeystviya nepreryvnykh aktivnykh pomekh" [Experimental evaluation of noise immunity of a short-range noise pulsed radar under conditions of continuous active interference], *Radiophysics and Electronics*, No. 2(16), pp. 77-89.
11. Kantsedal, V.M. and Lukin, K.A. (2012), "Sravneniye pomekhoustoychivosti shirokopolosnykh korrelyatsionnykh priyemnikov shumovykh i LCHM impul'snykh radarov pri vozdeystvii nepreryvnykh aktivnykh pomekh" [Comparison of the noise immunity of broadband correlation receivers of noise and chirp pulsed radars when exposed to continuous active interference], *Applied Electronics*, No. 1, pp. 23-34.
12. Kantsedal, V.M. and Lukin, K.A. (2013), "Otsenka vliyaniya sinkhronnykh impul'snykh pomekh na pomekhoustoychivost' shirokopolosnykh korrelyatsionnykh priyemnikov impul'snykh RLS s shumovoy i lineynoy chastotnoy modulyatsiyey signalov" [Evaluation of the effect of synchronous pulsed noise on the noise immunity of broadband correlation receivers of pulsed radars with noise and linear frequency modulation of signals], *Applied Electronics*, No. 3, pp. 408-416.
13. Pospelov, D.A. (1986), "Situatsionnoye upravleniye: teoriya i praktika" [Situational management: theory and practice], Nauka, Moscow, 288 p.
14. Zhuravlev, A.K. and Monakov, A.A. (2005), "Obosnovanie struktury analizatora pomehovoy situatsii i algoritmov selekcii signalov pri vozdeystvii aktivnykh pomekh prikrityiya i samoprikrityiya" [Substantiation of the structure of the analyzer of the interference situation and signal selection algorithms when exposed to active interference of the cover and self-cover], *Collection of scientific papers of the International Conference "Location and Navigation Systems"*, Kharkiv, Ukraine, pp. 186-188.
15. Aksenov, K.A. (2011), "Teoriya i praktika sredstv podderzhki prinyatiya resheniy" [Theory and Practice of Decision Support Tools], Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 341 p.

Надійшла до редколегії 09.12.2020

Схвалена до друку 11.02.2020

Відомості про авторів:

Канцедал Валерій Михайлович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
старший науковий співробітник інституту
радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
національної академії наук України,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4008-917X>

Могіла Анатолій Андрійович

кандидат фізико-математичних наук
старший науковий співробітник
завідувач відділом інституту
радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
національної академії наук України,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1726-6265>

Information about the authors:

Valery Kantsedal

Candidate of Technical Sciences
Senior Research Senior Research Associate
of Usikov Institute
for Radiophysics and Electronics
of National Academy of Sciences of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4008-917X>

Anatoly Mogyla

Candidate of Physics and Mathematics
Senior Research Head of Department
of Usikov Institute
for Radiophysics and Electronics
of National Academy of Sciences of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1726-6265>

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ НАЗЕМНОЙ ОБЗОРНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ В УСЛОВИЯХ АКТИВНЫХ ПОМЕХ

В.М. Канцедал, А.А. Могіла

Дано информационное описание исследуемой структуры системы управления для поиска и реализации на разных уровнях и этапах управления закона управления устойчивостью режимов зондирования РЛС при угрозах и воздействиях активных помех прикрытие и самоприкрытие, которое обобщает результаты комплексного анализа влияния на ее построение ряда системообразующих факторов. Данная многоконтурная структура управления позволяет рационально использовать ресурсные возможности РЛС по обеспечению помехозащищенности ее режимов зондирования проблемных областей зоны обзора и компонент их систем управления с учетом традиционных и новых информационных угроз стратегии РЭП. Синтезируемый закон рационального управления дополняет реактивное управления РЭЗ информационной устойчивости РЛС в указанных условиях наблюдения скрытым активным управлением состоянием и динамикой конфликтной ситуацией в виде информационного противоборства. Это может быть связано с поддержкой скрытности излучения, помехоустойчивого зондирования, эскалацией динамики конфликтного взаимодействия и РЭЗ

компонент систем управління режимами зондирования РЛС, их устойчивостью от скрытого управления со стороны противника. При этом в обоих случаях описанная структура реализует полную функцию ситуационного управления (с учетом уровней и этапов управления, применения разных форм управления) для когнитивного поиска обоснованного и оперативного управленческого решения с учетом поставленных целей и ресурсных ограничений. Она целенаправленно производит на входе и выходе режимов зондирования каждой проблемной области анализ и прогноз развития состояний и динамик составляющих и в целом конфликтной ситуации, а также условий принятия решений для выбора и реализаций направлений РЕЗ, соответствующих частных стратегий, тактик и порядка их следования. Синтез закона управления опирается на двухстороннюю динамическую модель радиолокационного конфликта и максимальное использование полученной информации, наряду с возможностями повышения уровней дальнейшей автоматизации и интеллектуализации (усилением уровня компетенции ЛППР, его креативно-рефлексивных способностей за счет применения интеллектуальных методов и средств искусственного интеллекта) определенным образом структурированных управленческих процессов на уровнях и этапах подготовки, принятия и реализации решений.

Ключевые слова: радиолокационный конфликт, конфликтная ситуация, система управления, устойчивость процессов управления, неопределенность, рефлексивное управление, помехозащищенность, скрытность излучения, помехоустойчивость, информационное противоборство.

STRUCTURE OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF INFORMATION STABILITY OF A SURFACE SURVEILLANCE RADAR IN THE CONDITIONS OF ACTIVE INTERFERENCE

V. Kantsedal, A. Mogyla

An informational description is given of the desired structure of the control system for the search and implementation at different levels and stages of control of the law of stability control of radar sensing modes under the threats and effects of active interference from cover and self-cover, which summarizes the results of a comprehensive analysis of the influence of a number of system-forming factors on its construction. This multi-loop control structure makes it possible to rationally use the resource capabilities of the radar to ensure noise immunity of its sensing modes for problem areas of the viewing area and components of their control systems, taking into account traditional and new information threats of the REP strategy. The synthesized law of rational management supplements the reactive control of the REZ of the information stability of the radar under the indicated observation conditions by the hidden active control of the state and dynamics of the conflict situation in the form of information confrontation. This may be due to the support of the secrecy of radiation, noise-free sounding, the escalation of the dynamics of conflict interaction and REZ components of the control systems of the radar sounding modes, their resistance to hidden control from the enemy. Moreover, in both cases, the described structure implements the full function of situational management (taking into account the levels and stages of management, the use of different forms of management) for the cognitive search for a reasonable and operational management decision, taking into account the goals and resource constraints. It purposefully produces, at the input and output of the sounding modes of each problem area, analysis and forecast of the development of the states and dynamics of the components and the conflict situation as a whole, as well as decision-making conditions for choosing and implementing REE directions, relevant particular strategies, tactics and the order of their pursuit. The synthesis of the control law is based on a two-way dynamic model of radar conflict and the maximum use of the information received, along with the possibility of increasing levels of further automation and intellectualization (strengthening the level of DM decision-making, its creative and reflective abilities through the use of intelligent methods and artificial intelligence) in a certain way structured management processes at the levels and stages of preparation, adoption and implementation of decisions.

Keywords: radar conflict, conflict situation, control system, sustainability of management processes, uncertainty, reflective management, noise immunity, radiation secrecy, interference immunity, information confrontation.