

УДК 621.396

О.А. Коршець

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

## ДО ПИТАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ СТРУКТУРИ СУЧАСНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ ЛІТАКІВ В БАГАТОПОЗИЦІЙНІЙ СИСТЕМІ САМОНАВЕДЕННЯ

*В статті запропонована структурна схема перспективної радіоелектронної системи наведення винищувачів на повітряну ціль. Розглянуті принципи побудови та склад багатопозиційної системи управління літаками в сучасних умовах.*

**Ключові слова:** група літаків, самонаведення, повітряна ціль.

### Вступ

**Постановка проблеми і аналіз літератури.** В сучасних умовах значне розширення тактичних можливостей винищувача за рахунок скорочення часу його виходу в зону застосування зброї та істотного збільшення її розмірів, більшої можливості отримання позиційної переваги в бою, неможливе без супроводу надманеврених цілей [1-3]. В свою чергу, аналіз стану і перспектив розвитку винищувачів дає можливість стверджувати, що радіотехнічні системи наведення і управління, які існують, вимагають удосконалення інформаційно-обчислювальних систем і управляючих систем [1].

Зрозуміло, що в сучасних умовах потрібно застосовувати бойові засоби і можливості комплексно. Цей факт дозволяє прийти до висновку, що основною формою використання бойового потенціалу авіації слід вважати групові дії [3]. Алгоритмічне забезпечення і стан автоматизації на борту сучасних винищувачів та найближчі перспективи розвитку при груповій взаємодії дозволяють стверджувати, що рішення задач управління групою літаків по визначеним траєкторіям польоту, розглядаються лише у перспективі [2].

В статті запропонована структура перспективної системи самонаведення групи винищувачів в зону застосування зброї, без використання наземних радіотехнічних засобів управління. В якості вимірювачів радіолокаційної інформації пропонується використовувати бортові радіолокаційні системи (БРЛС), а також засоби міжлітакової навігації. Радіоелектронні засоби вимірювання утворюють поверхні положення з вертикальною утворюючою для формування координатної інформації сучасних винищувачів, що дозволило перейти від просторових координат об'єкта управління до координат на площині [4, 5].

**Метою статті** є розробка структури сучасної радіоелектронної багатопозиційної системи самонаведення винищувачів.

### Основний матеріал

При веденні групових дій забезпечення скритності при підході в зону застосування зброї можливе при опроміненні цілі одним з винищувачів групи і зміною винищувачів які випромінюють [3]. Тому необхідно автоматизувати рішення задачі управління винищувачами в групі, яка потребує точного визначення взаємного положення літаків.

Необхідно підкреслити, що для інформаційного забезпечення нових методів наведення, потрібно оцінювати більшу кількість фазових координат відносного і абсолютного руху винищувача та цілі, включаючи складові їх власних прискорень. Для цілі, яка інтенсивно маневрує, необхідна розробка алгоритмів високоточного і стійкого її супроводження. Тому доцільно використовувати багатоконтурні системи спостереження з оцінюванням складових відносного прискорення.

Задача розробки структури багатопозиційної радіоелектронної системи (РЕС) самонаведення складається з трьох основних етапів: вирішення питань динаміки управління, вимірювання радіоелектронними засобами, здійснення оптимального управління.

Аналіз принципів траєкторного руху винищувачів показав можливість використання саме рівнянь у просторі станів різницевих параметрів (різниця квадратів відстаней) для вирішення задачі управління групою винищувачів при самонаведенні їх в зону застосування зброї по інформації від бортових радіолокаційних вимірювачів (БРЛВ) [6].

З огляду на необхідність використання сучасних принципово нових методів траєкторного управління винищувачами, в статті запропоновано нову структуру управління літаками по програмним траєкторіям у просторі станів різницевих параметрів. Відзначимо, що геометричним місцем точок постійної різниці квадратів відстаней у просторі станів є площина (напрямна цієї поверхні в площині  $OXZ$  - пряма лінія), яка перпендикулярна лінії бази двох БРЛС (інших винищувачів в групі). Перетином двох

ліній положення на площині можна визначити положення програмної точки траєкторії управління винищувачем у наступний проміжок часу при наведенні на ціль, тобто різниці параметри потрібні для одержання програмних точок.

Координати просторового положення винищувача що управляється можна обчислити у випадку відомих базових відстаней між вимірювачами (в даному випадку між БРЛС, тобто інших винищувачів в групі) і визначених відповідних параметрів руху літаків. В якості таких параметрів можуть бути використані азимутальні виміри ( $\beta_i$ ), похилі дальності ( $R_i$ ), різниці квадратів відстаней (різниці

параметри). На підставі досліджень, проведених в попередніх роботах [7, 8], кращим методом формування управляючої функції для застосування в радіотехнічних системах управління, є використання різностей квадратів відстаней. Для реалізації даного методу необхідно мати в наявності не менш як три винищувача, окрім винищувача до якого застосовується метод управління по програмній траєкторії при наведенні на ціль. Важливою складовою радіотехнічної системи самонаведення винищувачів на основі застосування рівнянь у просторі станів різниці параметрів є пристрій формування програмних точок [8] (рис. 1).

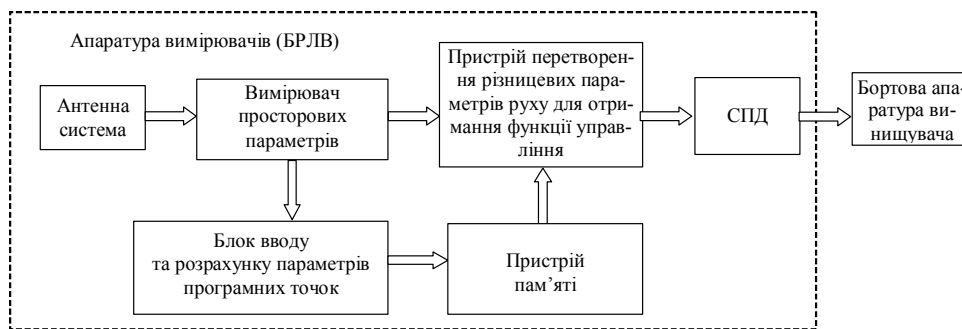


Рис. 1. Структурна схема апаратури формування програмних точок

Апаратура БРЛВ повинна містити в собі блок вводу та розрахунку параметрів програмних точок, обчислювальний пристрій перетворення обмірних просторових параметрів управління, а також пристрій пам'яті для збереження параметрів програмних точок, які у подальшому передаються системою передачі даних (СПД) на борт винищувача що наводиться на ціль. Для побудови апаратури формування програмних точок інформаційно-обчислювальної системи (ІОС) системи автоматичного управління (САУ) винищувача, необхідно надати споживачеві координатну інформацію про параметри руху цілі, її курс та швидкість, інформацію про базові відстані між БРЛВ. Таким чином, здійснення траєкторного управління рухом повітряного об'єкта в просторі станів різниць параметрів дозволяє вирішити задачу гіпотетичного контакту між винищувачем і програмними точками траєкторії самонаведення.

Вибір вектора простору станів з урахуванням обмежень на вид вимірюваних параметрів сприяє успішному застосуванню фундаментальних основ сучасної теорії систем управління, практична суть яких складається в описі поведінки вектора станів на основі використання різниць рівнянь для дискретного класу систем [9]. Використання різниць рівнянь дозволяє досліджувати спостережливість і управляємість об'єктів системи управління в просторі станів. Необхідно відзначити, що визначені методи повинні забезпечити управління в умовах, коли взаємне розташування винищувачів в групі визначе-

не, а положення лінії візування між повітряним об'єктом і програмними точками не контролюється.

У більшості реальних випадків різниці рівняння є нелінійними і у такому вигляді їх застосування для рішення багатьох практичних задач, у тому числі і задач траєкторного управління, стає складним. У зв'язку з цим виникає необхідність лінеаризації вихідних нелінійних рівнянь, особливо при реалізації алгоритмів управління на ЕОМ.

Істотною особливістю радіоелектронної системи управління (РЕСУ) винищувачем, є той факт, що складові частини даної системи входять до складу замкнутого контуру автоматичного управління, тому її варто віднести до складу авіаційних систем радіоуправління, що представляють сукупність функціонально зв'язаних підсистем, які забезпечують у свою чергу цілеспрямовану зміну траєкторії польоту винищувачів за допомогою радіолокаційних засобів.

Складовими частинами даної радіоелектронної системи є сам винищувач, як об'єкт управління, ІОС і управляюча (виконавча) система (УС) [10, 11] (рис. 2).

Ефективність РЕСУ багато в чому визначається програмним забезпеченням, що представляє сукупність законів обробки інформації і управління, закладених у ІОС - найбільш складну частину РЕСУ. До складу інформаційно-обчислювальної системи входять датчики інформації і обчислювачі. ІОС здійснює інформаційне забезпечення процесу управління.

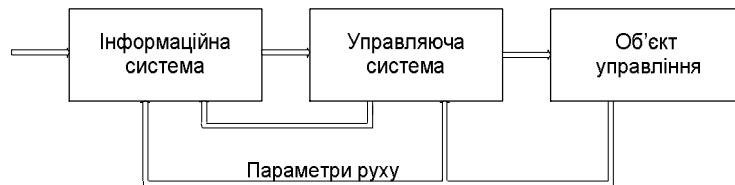


Рис. 2. Узагальнена структурна схема системи радіоуправління винищувачем

Суть цього процесу, у кінцевому рахунку, зводиться до перетворення векторів стану цілі, винищувача і необхідного руху у вектор параметрів неузгодженості, що безпосередньо впливають на управляючу систему. Для рішення своїх задач інформаційно-обчислювальна система включає інформаційні пристрої і цифрову електронно-обчислювальну машину.

Управляючою підсистемою забезпечується безпосередній вплив на рулі винищувача. Для зміни траєкторій польоту винищувачів використовуються

підсистеми, які прийнято називати системами автоматичного управління.

Сукупність інформаційної і управляючої систем, а також об'єкта управління, створюють багатомірну динамічну систему, характерною рисою якої є присутність зворотних зв'язків, завдяки яким під впливом сигналів, що відображають параметри програмної траєкторії наведення, ця система може формувати сигнали, що надалі коректують траєкторію польоту винищувача або групи винищувачів [10 – 12] (рис. 3).

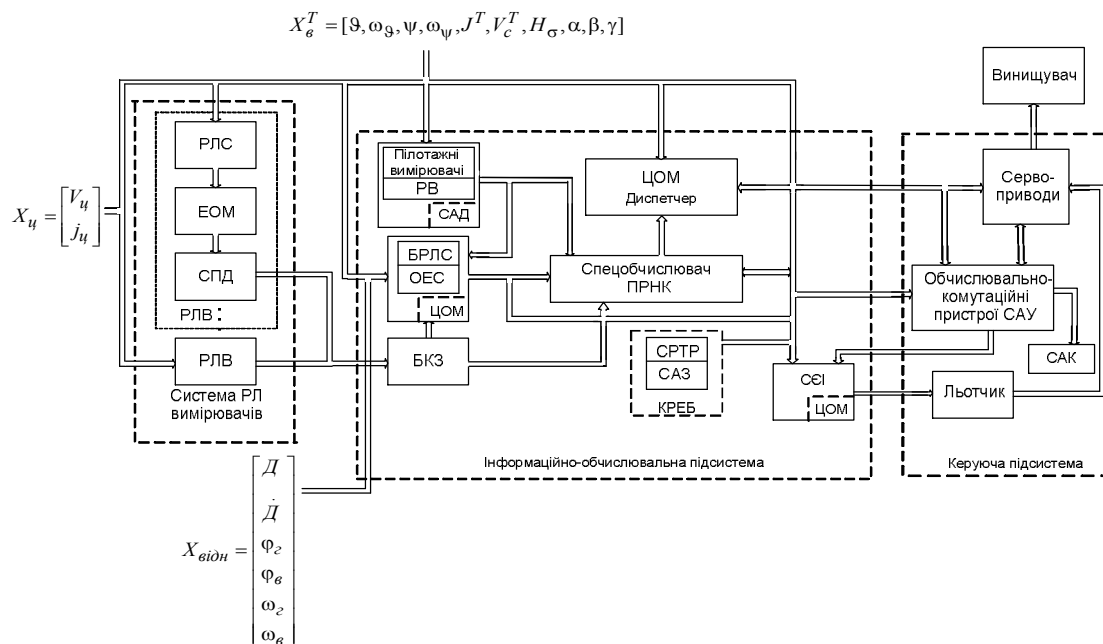


Рис. 3. Перспективна структурна схема РЕС самонаведення винищувачів

Радіотехнічні вимірювачі параметрів відносно руху винищувача і цілі і деяких параметрів її абсолютного руху об'єднуються в складі БРЛС. Датчики параметрів власного руху винищувача об'єднуються в систему автономних датчиків (САД). Передбачається, що представлена (див. рис. 3) структурна схема РЕС самонаведення буде функціонувати в режимах: пошуку і виявлення цілей, автоматичного супроводу декількох цілей у режимі огляду (АСЦРО) і режимі супроводу одиночної цілі (РНП). При АСЦРО цілі ранжуються по ступеню небезпеки. При цьому ІОС формує вектор неузгодженості, завдяки якому літак наводиться або на найбільш небезпечну ціль, або на геометричний центр групи цілей. До складу бортової обчислювальної системи входять ЦОМ – диспетчер, що управляє всіма режимами роботи ІОС у цілому і її складо-

вих частин, і ЦОМ, що входять до складу БРЛС, оптоелектронні станції (ОЕС) і системи єдиної індикації (СЄІ). За їх допомогою виконується первинна обробка сигналів, що надходять від цілей, і вторинна обробка, у результаті якої формуються оцінки усіх фазових координат, необхідних для самонаведення винищувачів. Вектор параметрів неузгодженості формується в ІОС шляхом перетворення фазових координат власного руху літака і цілі і їх відносного руху. В автоматичному режимі управління літаком параметри неузгодженості надходять з системи автономного контролю (САК) і відображаються в СЄІ.

Система автономних датчиків (САД) являє собою сукупність вимірників різної фізичної природи. У загальному випадку в САД формуються оцінки: кутів тангажа, курсу і їх похідних, векторів власних

прискорень і швидкості, барометричної висоти, кутів атаки ковзання і крену.

Спеціалізована ЕОМ аналізує місце розташування цілі і обробляє дані, отримані від радіолокаційних засобів виміру координатної інформації. Ця інформація за допомогою системи передачі даних надходить на бортовий комплекс зв'язку. Прийняті сигнали, оброблені спецобчислювачем пілотажного радіонавігаційного комплексу, разом із сигналами від БРЛС надходять на обчислювально-комутаційні пристрої САК літака. Відповідно розробленим алгоритмам САК формує сигнали управління за курсом і висотою, що у вигляді команд через сервоприводи потрапляють на рулі винищувача. Це призводить до зміни напрямку руху винищувача.

### Висновки

Із вищевикладеного можна відзначити, що отримана структурна схема радіоелектронної системи самонаведення групи винищувачів відповідає сучасним вимогам. До того ж перспективна РЕСУ з представленою структурою може цілком функціонувати з огляду на існуючі бортові радіотехнічні пристрої та засоби, якими обладнаний сучасний винищувач.

Отримані в статті результати можуть бути використані в подальших роботах при розробці та удосконаленні радіоелектронних систем управління групою літаків.

Але слід зауважити, що специфічна особливість РЕСУ - високий ступінь невизначеності умов функціонування, обумовлена складними законами переміщення цілей, великим розкидом висот, дальностей і швидкостей застосування, великим числом різноманітних по своїй природі збурювань, включаючи і навмисні радіозавади. Наявність такої високої невизначеності визначає необхідність вивчення чутливості РЕСУ до умов застосування. Безсумнівними перевагами запропонованої РЕСУ є: можливість виконання своїх функцій у будь-який час року і доби, при будь-яких метеоумовах; велика дальність дії і висока точність. Істотний недолік РЕСУ - низька перешкодозахищеність, обумовлена використанням радіоканалів.

### К ВОПРОСУ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ САМОЛЕТОВ В МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЕ САМОНАВЕДЕНИЯ

Е.А. Коршець

*В статье предложена структурная схема перспективной радиоэлектронной системы наведения истребителей на воздушную цель. Рассмотрены принципы построения и состав многопозиционной системы управления самолетами в современных условиях.*

**Ключевые слова:** группа самолетов, самонаведение, воздушная цель.

### TO QUESTION OF PERSPECTIVE STRUCTURE OF MODERN RADIO ELECTRONIC CONTROL THE SYSTEM BY GROUP OF AIRPLANES IN MULTIPOSITION SYSTEM OF HOMING

E.A. Korshec'

*In the article the flow diagram of the perspective radio electronic system of aiming of destroyers is offered on an air purpose. Principles of construction and composition of multiposition control the system by airs are considered in modern terms.*

**Keywords:** group of airplanes, homing, air purpose.

### Список літератури

1. Радиолокация и радиометрия. Вып.1. Радиолокационное сопровождение интенсивно маневрирующих целей / Под ред. В.И. Меркулова. – М.: Радио и связь, техника, 1999. – 109 с.
2. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс. Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / Под ред. Е.А. Федосова. – М.: Дрофа, 2004. – 816 с.
3. Канащенков А.И. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения / А.И. Канащенков и др. – М.: ИПРЖР, 2002. – 176 с.
4. Барышев И.В. Формирование и использование поверхностей положения с вертикальной образующей / И.В. Барышев, А.В. Длужневский // Успехи современной радиоэлектроники. – 1999. – № 11. – С. 55-59.
5. Висоцький О.В. Принцип формирования электронных маяков для систем управления воздушным движением / О.В. Висоцький // Сб. науч. тр. по мат. 1-го Межд. радиоэлектр. форума. – Х.: ХНУРЕ, 2002. – С. 221-224.
6. Коршець О.А. Автоматизоване управління літаками в групі у просторі станів різницевих параметрів / О.А. Коршець // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 32. – С. 38-46.
7. Висоцький О.В. Керування рухом об'єктів по програмних траєкторіях за даними азимутальних вимірів / О.В. Висоцький // Зб. наук. пр. – Х.: XI ВПС, 2001. – Вип. 1 (7). – С. 86-92.
8. Барышев И.В. Управление движением объектов по программным траекториям / И.В. Барышев, А.В. Мазуренко // Авиационно-космична техніка і технологія. – 2000. – № 20. – С. 50-55.
9. Медич Дж. Статистические оптимальные линейные оценки и управление / Дж. Медич.. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
10. М.В. Максисмов Авиационные системы радиоуправления / М.В. Максисмов и др. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1984. – 364 с.
11. В.И. Меркулов Авиационные системы радиоуправления. Т.1. Принципы построения систем радиоуправления. Основы синтеза и анализа / В.И. Меркулов и др. – М.: Радиотехника, 2003. – 192 с.
12. Баханов Л.Э. Режимы и задачи управления истребителем при атаке целей в дальнем воздушном бою / Л.Э. Баханов // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». – 2002. – № 11. – С. 26-34.

Надійшла до редколегії 1.12.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.