

КУБАРЬ С.В., начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук
ШАТРОВ О.А., науковий співробітник Наукового центру Повітряних Сил
Харківського університету Повітряних Сил

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ШВИДКОДІЇ РЕЛЬЄФОМЕТРИЧНОЇ КОРЕЛЯЦІЙНО-ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Наведено обґрунтування вимог до
швидкодії рельєфометричної
кореляційно-екстремальної системи
навігації оперативно-тактичних
безпілотних літальних апаратів*

Світовий досвід розвитку безпілотних літальних апаратів (БпЛА) свідчить про зростання їх питомої ваги серед усіх літальних апаратів військового призначення. Вони є незамінними при вирішенні завдань, де залучення пілотованої авіації є небезпечним або недоцільним.

Класичний принцип побудови рельєфометричної кореляційно-екстремальної системи навігації (КЕСН) оперативно-тактичних і стратегічних БпЛА, який передбачає наявність другої навігаційної системи для завдання району пошуку та жорстко зафіксованих районів корекції, має ряд суттєвих недоліків.

По-перше, застосування такого принципу обмежує оперативність зміни маршруту польоту, який виконується лише по заздалегідь заданим траєкторіям, жорстко прив'язаним до районів корекції, що суттєво знижує ефективність БпЛА оперативно-тактичного рівня.

По-друге, корекція неможлива при видачі помилкових даних навігаційною системою, яка задає район пошуку, внаслідок технічної відмови її обладнання або бойових ушкоджень. Крім того, при бойовому застосуванні можливі значні аномальні помилки навігації, причинами яких можуть бути впливи повітряних мас та вибухових хвиль, а також впливи організованих завад на попередній ділянці корекції [1].

По-третє, використання інформації з існуючих космічних навігаційних систем викликає суттєві технічні труднощі через відсутність достовірних даних щодо матриці переходу між використовуваними системами координат [2].

Таким чином, доповнення КЕСН другою навігаційною системою хоч й підвищує точність навігації, але в цілому не забезпечує якісного збільшення навігаційних можливостей.

Для БпЛА військового призначення особливий інтерес представляють такі КЕСН, які б взагалі не залежали від інших навігаційних систем. Крім того, це додатково забезпечить як зменшення часу підготовки БпЛА до польоту (оскільки не потрібно окремо завантажувати кожний район корекції), так й розширення його бойових можливостей.

Для ефективного застосування КЕСН на оперативно-тактичних БпЛА, пропонується її використання у режимі постійного спостереження при малому часовому інтервалі між корекціями. Такий режим роботи дозволяє застосовувати результати попередньої корекції при завданні апріорного району наступної корекції без необхідності використання додаткових навігаційних систем.

Основна проблема при практичній реалізації режиму постійного спостереження рельєфометричної КЕСН полягає в тому, що завдання визначення місцезнаходження БпЛА повинно бути вирішене в межах жорстко обмеженого часу, оскільки необхідно забезпечити досить високий темп надходження нових реалізацій поточного зображення (ПЗ) з датчиків та еталонного зображення (ЕЗ) із пам'яті КЕСН. Таким чином, сигнал похибки місцезнаходження необхідно сформувати за час польоту БпЛА між двома сусідніми районами корекції. Для цього необхідна наявність не тільки ЕЗ, що охоплює всю зону дії БпЛА, а й швидкодіючого механізму вибірки фрагмента ЕЗ для подальшої обробки. Оскільки в цілому має місце пряма залежність між точністю прив'язки, об'ємом ЕЗ та часом отримання фрагменту ЕЗ із носія інформації. Збільшення останнього параметра може привести до неможливості формування сигналу похибки визначення місця в заданий час. Крім цього, райони корекції повинні мати значний розмір з метою більшого накопичення ПЗ при польоті над слабоконтрастною місцевістю та збільшення ймовірності правильної прив'язки [3].

Труднощами практичної реалізації таких КЕСН є необхідність визначення місцезнаходження в межах жорстко обмеженого часу, тобто сигнал помилки місцезнаходження повинен бути сформований за час польоту БпЛА між двома сусідніми районами корекції (Δt). При цьому оцінкою швидкодії роботи КЕСН є час на формування сигналу похибки місцезнаходження БпЛА [3]

$$\tau = T_d + T_v,$$

де T_d – час формування ПЗ інформаційним датчиком КЕСН, T_v – час обробки ПЗ та ЕЗ для обчислення величини похибки місцезнаходження.

Час T_d обмежено можливістю появи масштабних перекручувань („змазування” зображення) у залежності від висоти польоту. Вважається, що допустима величина зсуву елемента зображення не повинна перевищувати половини плями діаграми спрямованості антени (ДСА).

Так, наприклад, у [3] наведено, що для горизонтального польоту на швидкості 300 м/с та висоті 10 км, пляма ДСА 8-ми міліметрового діапазону на земній поверхні буде мати діаметр 350 м та за 0,1 секунду польоту переміститься на 30 м. Тобто, при діаметрі плями ДСА 350 м, зсув на 30 м не приводить до перекручування зображення. У випадку ж польоту на висоті 1 км діаметр плями ДСА дорівнює 35 м і зсув елемента зображення на 30 м вже є недопустимим. Очевидно, що у цьому випадку час T_d необхідно зменшити до 0,01 с.

Алгоритм роботи рельєфометричної КЕСН, що працює в автономному режимі, передбачає використання попередніх результатів вимірів. У цьому випадку траєкторію руху БпЛА в горизонтальній площині можна представити у вигляді

ланцюга відрізків (рис. 1), кожний з яких БпЛА проходить за час Δt . Точки А, В, С, D характеризують місця прив'язки координат КЕСН.

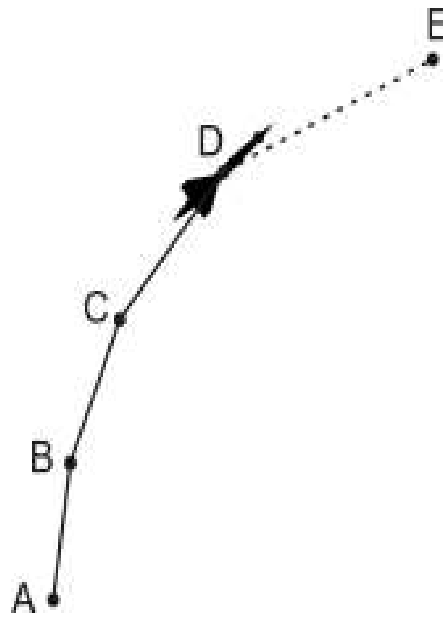


Рис. 1. Траєкторія руху БпЛА у горизонтальній площині у вигляді відрізків

На основі отриманих даних можливе прогнозування місця знаходження БпЛА через час Δt (точка E), що у свою чергу визначить район наступної прив'язки КЕСН до ЕЗ (рис. 2). Область Z характеризує всі можливі положення БпЛА через час Δt при визначених його параметрах польоту на момент часу $t=0$ та з урахуванням впливів випадкових факторів (точка E*).

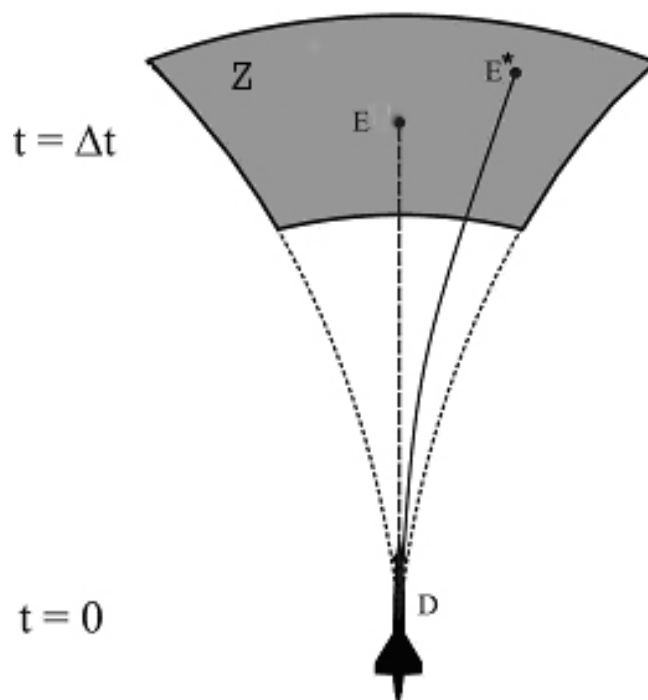


Рис. 2. Визначення району наступної прив'язки КЕСН до ЕЗ

Таким чином, область пошуку ЕЗ повинна бути обрана так, щоб забезпечити визначення місцезнаходження БпЛА при його будь-якому русі в межах області Z на кожному кроці роботи алгоритму. Забезпечення роботи рельєфометричної КЕСН із заданою точністю у режимі постійної корекції траєкторії руху досягається жорстким дотриманням умови $\Delta t \geq \tau$. Прогнозування знаходження області пошуку КЕСН можна виконувати відомими методами, наприклад, шляхом використання системи диференціальних рівнянь руху [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Баклицкий В.К. Применение метода нелинейной фильтрации Калмана к синтезу корреляционно-экстремальных систем. // Известия ВУЗов СССР. Радиоэлектроника, 1982, т. 25, №3. С. 53 – 58.
2. Козелков С.В., Пашков Д.П. Космічні навігаційні системи. Аналіз існуючих та перспективи розвитку навігаційних систем в Україні.// Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління, 2008. – Вип. 3(7). С. 16 – 18.
3. Антюфеев В.І., Биков В.М., Грічанюк О.М., Краюшкін В.О. Радіометричні кореляційно-екстремальні системи навігації літальних апаратів. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2008. – 356с.
4. Горбатенко С.А. и др. Механика полета. – М.: Машиностроение, 1969. – 420с.

Надійшла до редакції 29.10.2009