

де $k_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}$, то видно, що існує певне екстремальне

значення σ , при якому рівень кореляції зберігається в достатньо широкому діапазоні значень τ , (рис. 3) а це означає, що при застосуванні генераторів такого типу, в залежності від обраного критерію оптимальності (максимальне розрізнення по доплерівському зсуву, або максимальне розрізнення по часовому запізненню) необхідно корегувати значення параметрів амплітудної і частотної нестабільності.

Слід зазначити, що така ситуація притаманна і для більшості інших комбінацій розподілів і їх параметрів. А отже, якщо в передавачі неможливо усунути флуктуації, то їх необхідно скоректувати таким чином, щоб флуктуація відповідала саме оптимальному значенню.

Таким чином, отримана удосконалена математична модель дає змогу підтвердити гіпотезу, що потенційні можливості зонduючого сигналу щодо розрізнення, при урахуванні різних флуктуаційних модулюючих складових, перевищують, а при дотриманні певних умов значно перевищує можливості розрізнення без їх урахування. Проте недетермінізм цих флуктуацій, вимагає застосування додаткових заходів для їх застосування, а отже необхідно розробити відповідний метод обробки ехо-сигналів, що дає змогу реалізувати потенційне розрізнення на етапі прийому.

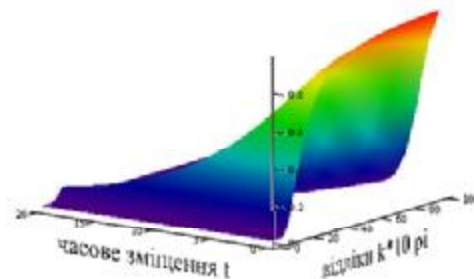


Рис. 3. Залежність коефіцієнта кореляції від часового зміщення та значень коефіцієнта k_1

Література

1. Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография / Под редакцией А.В. Соколова. – М. : Радиотехника, 2003 – 512 с.
2. Передающие устройства СВЧ : [учебно-пособие для радиотехнических спец. Вузов] /Вамберский М.В., Казанцев В.И., Шелухин С.А. ; под ред. М.В. Вамберского. – М. : Высш. шк., 1984. – 448 с.
3. Обробка радіолокаційних сигналів урахуванням внутрішньоімпульсних фазочастотних нестабільностей / О.М. Шинкарук, І.І. Чесановський // Зб. наук. пр. військ. ін-ту Київського нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка / за ред. С.В. Ленкова. – К. : ВІКНУ, 2009. – Вип. № 17. – С. 89–92.

Рецензент: д.т.н. Троцишин І.В.
Надійшла 11.2.2012 р.

УДК 621.317

К.В. ЧМЕРУК, О.К. ЯНОВИЦЬКИЙ, С.О. ЯНОВИЦЬКИЙ, В.Р. ЛЮБЧИК
Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН В ЗОНІ ДІЇ ВТОРИННИХ РЛС

В статті проаналізовані методи визначення небезпечних ситуацій між літальними апаратами. Показано, що для налагоджування системи попередження зіткнення, необхідно проводити математичне моделювання. Запропоновано математичну модель для визначення небезпечних ситуацій та їх вирішення.

The article analyzed the methods for determining hazardous situations between aircraft. It is shown that for debugging collision warning system, to carry out mathematical modeling. A mathematical model for determination of hazardous situations and solutions.

Ключові слова: зона підвищеної уваги; зона попередження; зона зіткнення; моделювання руху літаків; повітряні судна.

Постановка проблеми. Однією з самих актуальних задач в авіації є забезпечення безпеки руху повітряних засобів літаючих апаратів. Рішення її можливо двома основними способами: проведенням натурних експериментів або проведенням досліджень за допомогою розроблених моделей.

Перший спосіб являється найбільш ефективним, але в той же час дуже громіздкий і потребує значних людських і матеріальних затрат. Тому на практиці натурні випробування проводять тільки з фрагментами систем попередження зіткнень, а основні показники їх ефективності визначають за допомогою методів математичного або імітаційного моделювання. Сама модель складається з двох взаємозв'язаних частин (моделей): моделі повітряної обстановки і моделі роботи бортової апаратури системи попередження зіткнень СПЗ.

Моделювати повітряну ситуацію необхідно не в масштабі держави (континенту), а тільки в аеродромно-вузлових зонах (АВЗ), так як там за даними статистики відбувається переважна більшість небезпечного зближення і зіткнення літаків.

Аналіз досліджень та публікацій. Ця задача вирішувалась в роботах [1, 2]. В них за допомогою "газової" математичної моделі аналітично визначалась залежність частоти небезпечних зближень від

інтенсивності повітряного руху в АВЗ. В основу цієї моделі було положено припущення про випадковий рух ЛА. Другою різновидністю відомих моделей є модель повністю упорядкованої повітряної ситуації.

У цьому випадку робилось припущення, що всі ЛА рухаються з різними швидкостями в одному напрямку, кожний маршрут здійснюється по одній трасі і не враховувалась можливість небезпечного зближення. Це дало змогу оцінити можливості траси по щільності повітряного руху. Розглянуті моделі є спрощеними і не дозволяють здійснювати пошук конфліктних ситуацій, визначати ступінь свободи конфліктуючих ЛА, визначати ймовірність прийняття помилкового рішення, ймовірність хибної тривоги. В зв'язку з цим є актуальною задача розробки моделі, яка б враховувала ці чинники [2].

Постановка задачі. Запропонована модель повинна розв'язувати задачу моделювання виникнення небезпечних ситуацій в повітрі між літальними апаратами, видачі рекомендацій з уникнення зіткнення ЛА та моделювання процесу розходження літаків.

Основна частина. Максимальна кількість конфліктуючих ЛА не більше трьох (згідно з міжнародним стандартом ICAO). Конфліктною ситуацією вважається ситуація, яка призводить до зіткнення двох або трьох літаків, що зображено на рис. 1. За модель взята Декартова система координат, реалізації функцій наступних математичних функцій [3]:

Довжина ділянки траєкторії польоту літального апарату:

$$r = \sqrt{(x_K - x_{II})^2 + (y_K - y_{II})^2 + (h_K - h_{II})^2}, \quad (1)$$

де $x_{II}, y_{II}, h_{II}, x_K, y_K, h_K$ – координати початкової і кінцевої опорних точок траєкторії.

Прискорення ЛА:

$$b = (n_K - n_{II})(n_K - n_{II}) / r, \quad (2)$$

де n_{II}, n_K – початкове і кінцеве значення швидкості ЛА.

Поточне значення швидкості в момент часу $t + \Delta t$ обчислюється за формулою:

$$n(t + \Delta t) = n(t) + b\Delta t, \quad (3)$$

де Δt – проміжок часу.

В моделі використовуються постійні коефіцієнти розкладу вектора швидкості ЛА по координатах x, y, h :

$$c_x = \frac{x_K - x_{II}}{r}, c_y = \frac{y_K - y_{II}}{r}, c_h = \frac{h_K - h_{II}}{r}. \quad (4)$$

Плинне значення складових вектора швидкості визначаються співвідношеннями:

$$n_x = c_x n, n_y = c_y n, n_h = c_h n. \quad (5)$$

Значення координат ЛА обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned} x(t + \Delta t) &= x(t) + c_x n_{\Delta t}, \\ y(t + \Delta t) &= y(t) + c_y n_{\Delta t}, \\ h(t + \Delta t) &= h(t) + c_h n_{\Delta t}. \end{aligned} \quad (6)$$

Присутність ЛА в зоні підвищеної уваги знаходиться нерівностями:

$$(x - R)^2 + (y - R)^2 \leq R^2, \quad (7)$$

$$\Delta h > 0. \quad (8)$$

Невиконання хоча би однієї із цих умов означає, що ЛА вилетів за межі зони підвищеної уваги.

Присутність ЛА в зоні попередження знаходиться нерівностями:

$$(x - R_n)^2 + (y - R_n)^2 \leq R_n^2, \quad (9)$$

$$\Delta h_n > 0. \quad (10)$$

Присутність ЛА в зоні зіткнення знаходиться нерівностями:

$$(x - R_3)^2 + (y - R_3)^2 \leq R_3^2, \quad (11)$$

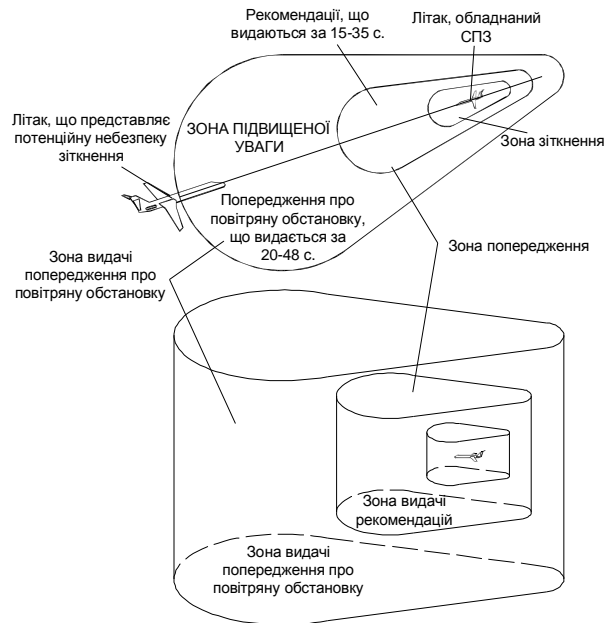


Рис. 1. Зони визначення конфліктної ситуації

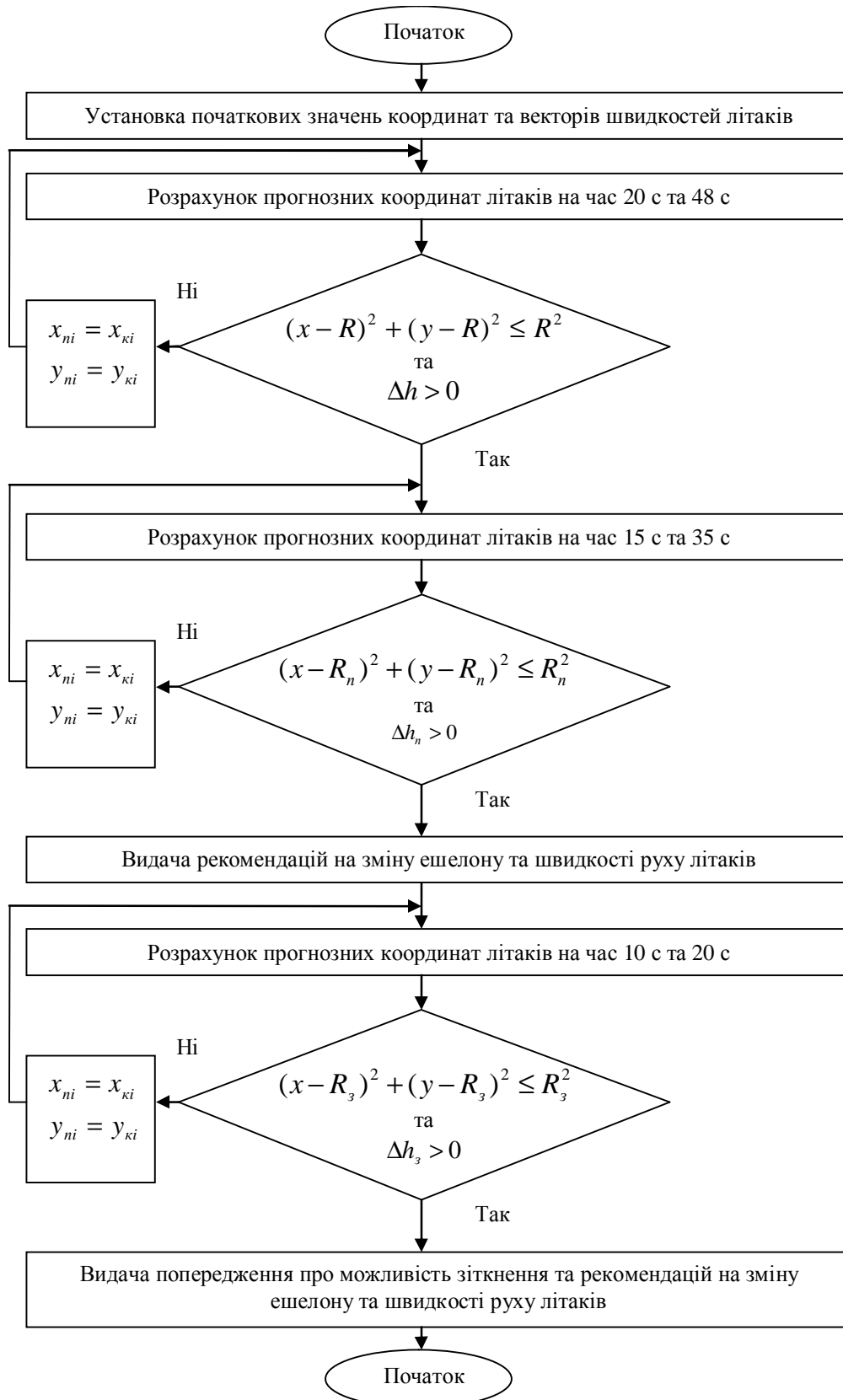


Рис. 2. Алгоритм роботи моделі руху літаків в зоні підвищеної уваги

Якщо конфліктуючий літак входить в зону попередження, то СПЗ видає рекомендації щодо усунення конфліктної ситуації, що задає маневри в вертикальній площині, які за даними прогнозу забезпечує збільшення чи утримання інтервалу ешелонування відносно літака, що представляє загрозу. Рекомендації можуть бути або коригуючими, або обмежуючими. Рекомендація яка зображується на індикаторі СПЗ або змінюється на рекомендацію з переходу в набір висоти або зниження з указанням

вертикальної швидкості, або змінюється на попередження екіпажу про те, щоб не змінювати поточну вертикальну швидкість. Одночасно подається голосова команда.

СПЗ працює за принципом обчислення часу, тому, незалежно від взаємної геометрії траєкторій конфліктуючих літаків, в даний момент часу попередження про повітряну обстановку і рекомендації щодо усунення видаються екіпажу приблизно з одним і тим же запасом часу.

В загальному вигляді алгоритм моделювання буде полягати у виконанні наступних дій:

1. Задаються початкові координати літаків та їх швидкості.
2. Обираються типи польоту кожного з конфліктуючого літаків: набір висоти, зменшення висоти, горизонтальний політ.
3. За виразом (6) розраховуються прогнозоване значення координат на час що відповідає часу входження літаку в зону підвищеної уваги.
4. За виразами (7) та (8) визначається можливість присутності літаків в зоні підвищеної уваги.
5. За виразом (6) розраховуються прогнозоване значення координат на час, що відповідає часу входження літаку в зону попередження.
6. За виразами (9) та (10) визначається можливість присутності літаків в зоні підвищеної уваги.
7. Розрахунок рекомендацій по зміні поточного ешелону та вектору швидкості одного літака і не зміні ешелону іншого літака.
8. За необхідності, коригування траєкторій руху літаків.
9. Повернення до виконання пунктів 3–8.

Алгоритм моделі руху літаків в зоні підвищеної уваги та роботи СПЗ наведено на рис. 2.

Висновки. Таким чином в роботі було запропоновано для перевірки працездатності та надійності роботи системи попередження зіткнення літаків використовувати розрахункові вирази, що дозволяють визначати входження літаків в зони підвищеної уваги, зону попередження та зону зіткнення. Запропонований алгоритм роботи математичної моделі дозволяє визначати усі етапи відпрацювання СПЗ та перевіряти її роботу в режимі видачі рекомендацій про зміну ешелону, курсу та швидкості руху літаків в зоні попередження та зоні зіткнення.

Література

1. Яновицький С.О. Способи дискретного вимірювання часового критерію небезпеки у вторинних радіолокаційних системах попередження зіткнення літаючих апаратів / С.О. Яновицький // Міжнародний науково-технічний журнал. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. –1997. – № 1. – С. 101–104.
2. Яновицький С.О. Аналіз похибок аналогових вимірювачів часу до зіткнення літаків в бортових радіолокаційних системах / С.О. Яновицький, О.К. Яновицький // Міжнародний науково-технічний журнал Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1997. – № 1. – С. 104–107.
3. Любчик В.Р. Моделювання руху літальних апаратів в аеродромній зоні / В.Р. Любчик, С.О. Яновицький, О.В. Мазуренко // Механіка та інформатика: тези наукових праць. VIII Українсько-польська конференція молодих науковців, 12–14 травня 2011 р., м. Хмельницький (Україна) – Хмельницький національний університет, 2011. – С. 83–85.

Рецензент: д.т.н. Троцишин І.В.

Надійшла 19.2.2012 р.

УДК 621.396

О.В. МІРОШНИЧЕНКО

Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка

АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ КОРЕЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ ПЕЛЕНГАЦІЇ

У статті розглядається оцінка пропускної спроможності кореляційних систем пеленгації джерел активних шумових перешкод в складній перешкодовій обстановці.

In the article the estimation of carrying capacity of the correlation systems of taking of sources of active noise hindrances the bearing is considered, in a sticky pomehovoy wicket.

Ключові слова: активна шумова перешкода, радіолокаційна станція, діаграма направленості, пропускна спроможність.

Постановка задачі

В складній перешкодовій обстановці, що характеризується числом постановників активних шумових перешкод в зоні більше 4...5, стають малоефективними засоби адаптивного захисту від активних шумових перешкод активних радіолокаційних станцій (РЛС), (якість придушення кожної перешкоди знижується з 17...23 ДБ до 8...10 ДБ). В цих умовах зростає роль систем пасивної локації (СПЛ)