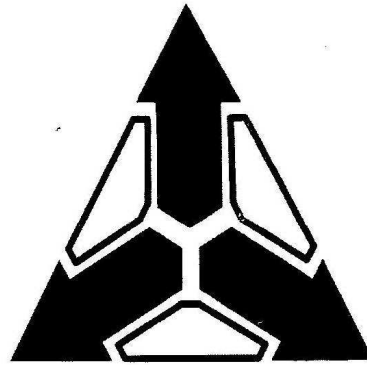


XII
2013

Міністерство освіти і науки України
Українська технологічна академія
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП"
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова
Хмельницький національний університет
Редакція наукового журналу "Вісник ХНУ"
Вінницький національний технічний університет
Севастопольський національний технічний університет
Хмельницький обласний ЕНЦУМ
Видавництво "Техносфера"
Науково-технічний журнал "Фотоніка"
Томська група і студентське відділення Інституту інженерів
з електротехніки і радіоелектроніки IEEE



ВИМІРЮВАЛЬНА
ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
(ВОТТП-12-2013)

Матеріали XII міжнародної
науково-технічної конференції

3 - 8 червня 2013 р.
Одеса

О.К. ЯНОВИЦЬКИЙ

Хмельницький національний університет

т. 0679305439

E-mail: a_k_yan@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В АЕРОДРОМНІЙ ЗОНІ

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 проведення 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 із 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 по даним статистики відбувається переважна більшість небезпечного зближення і зіткнення літаків.

Ця задача вирішувалась в роботах [1,2]. В них за допомогою "газової" математичної моделі аналітично визначена 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].

При проведенні моделювання руху літаків в аеродромній зоні потрібно задати початкові умови. Виходячи із статистичної інформації руху літаків в аеродромних зонах обираємо наступні початкові умови:

- кількість аеродромів (злітно-посадкових смуг) – 3;
- максимальна кількість літальних апаратів в аеродромній зоні – 10;
- радіус аеродромної зони – 10 км;
- висота аеродромної зони – 3 км.

Також приймемо наступне. На кожен аеродром протягом часу моделювання може злітати і сідати не більше одного літака. Тобто, один літак злітає і в той же час з боку границі аеродромної зони залітає літак який сідає на даний аеродром. Таким чином, протягом часу моделювання три літака злітають, три літака сідають і, відповідно, чотири літака пролітають транзитом аеродромну зону.

Для кожного ЛА виконуються операції:

1. Обирається один з трьох типів польоту (зліт, посадка, транзит) у відповідності з ймовірностями P_1, P_2, P_3 . Для цього з сукупності випадкових чисел, розподілених рівномірно в інтервалі $[0,1]$, обирається випадкове число X і перевіряється умова

$$X \underset{\substack{\downarrow \\ \text{зліт} \\ \text{ці}}} > P_1 \rightarrow X \underset{\substack{\downarrow \\ \text{ні} \\ \text{посадка}}} > P_1 + P_2 \xrightarrow{\text{да}} \text{транзит} \quad (1)$$

2. Обираються початкові та кінцеві значення висоти й швидкості польоту ЛА. Для цього з сукупності випадкових чисел, розподілених рівномірно в інтервалі $[0,1]$, обирається випадкове число X , і для обраного типу ЛА в залежності від типу польоту знаходиться:

при зльоті: $h_{\Pi} = 0, v_{\Pi} = 0, v_k$; посадці: $h_k = 0, v_k = 0, v_{\Pi}$; прольоті транзитом $h_k = h_{\Pi}$, $v_k = v_{\Pi}$.

3. За тими ж правилами, що і в перших двох пунктах, обираємо аеродром, тобто координати x_{Π}, y_{Π} для злітаючих ЛА і x_k, y_k для ЛА, що здійснюють посадку.

4. Так само обираємо повітряний коридор вльоту (виліту) ЛА.

5. Розраховуються точки вильоту з АВЗ x_{Π}, y_{Π} і x_k, y_k для ЛА, які пролітають АВЗ транзитом.

6. Обчислюється прискорення b і коефіцієнти c_{Π}, c_y, c_h , які разом з координатами $x_{\Pi}, y_{\Pi}, h_{\Pi}$ і швидкістю v_{Π} записуються в масив 1 плинних координат.

Розрахунок початкових умов моделювання наведено у таблиці 1. Ці дані відображують початкові

значення прискорення, векторів зміщення, координати та швидкість літальних апаратів в початковий момент моделювання.

Таблиці 1

Початкові значення параметрів руху літальних апаратів в аеродромній зоні.

| № ЛА | Прискорення b , м/с ² | Проекція вектору швидкості на координату | | | Координата, x , м | Координата, y , м | Висота, h , м | Швидкість v , м/с |
|------|------------------------------------|--|-------------|-------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| | | x , c_x | y , c_y | h , c_h | | | | |
| 1 | 1.3857 | -0.5477 | -0.8039 | 0.2319 | 10956.7 | 7690.3 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | -0.7324 | 0.5175 | -0.8518 | -0.0812 | 4485.7 | 18342.2 | 1014.84 | 135.34 |
| 3 | 1.6347 | 0.9232 | -0.3345 | 0.1894 | 7500.0 | 14330.1 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | -2.8784 | 0.8732 | 0.4765 | -0.1024 | 2.8475 | 10238.6 | 879.3 | 222.3 |
| 5 | 1.3056 | -0.7366 | 0.6652 | 0.1215 | 11732.1 | 11000.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | -0.7597 | 0.5463 | 0.8333 | -0.0844 | 5292.2 | 1177.5 | 995.1 | 133.8 |
| 7 | 0.0 | 0.9768 | 0.2142 | 0.0 | 5835.7 | 908.3 | 2718.3 | 150.8 |
| 8 | 0.0 | -0.7107 | -0.7034 | 0.0 | 9705.1 | 19995.6 | 1940.7 | 209.5 |
| 9 | 0.0 | 0.2734 | 0.9618 | 0.0 | 10859.1 | 36.9 | 739.5 | 133.6 |
| 10 | 0.0 | 0.9988 | -0.0481 | 0.0 | 1933.3 | 15909.9 | 1386.6 | 160.1 |

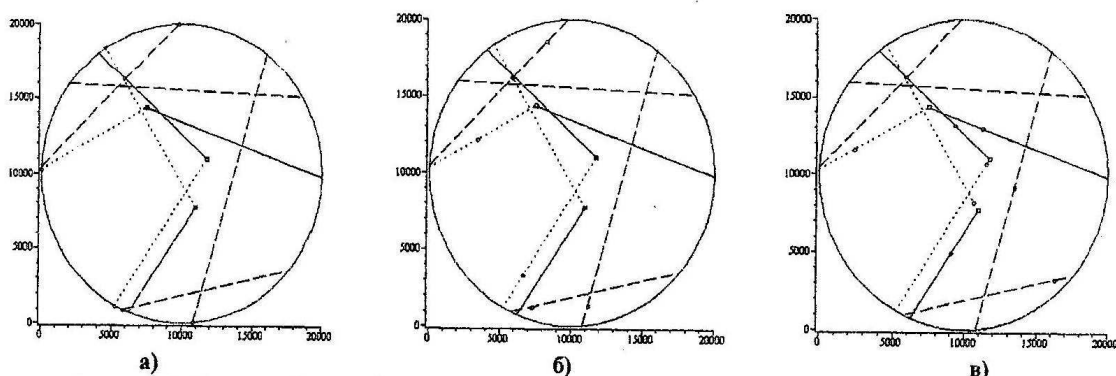


Рисунок 1. Траєкторії руху літальних апаратів в аеродромній зоні через 1с (а), 10с (б) 70с (в):
 ——— - зліт, - - - - посадка, - транзит.

В результаті проведеного моделювання видно, що конфліктних ситуацій не виникало, тому що літальні апарати не наближались на небезпечну відстань при одночасному русі їх назустріч. Це свідчить про вірність вибраного способу моделювання та доцільність використання його для перевірки системи забезпечення безпеки руху літальних апаратів в аеродромній зоні.

Запропоновано математичну у роботах [3,4] модель розрахунку параметрів руху літальних апаратів в аеродромній зоні та визначення конфліктних ситуацій. Відповідно до розробленого алгоритму роботи програми математичного моделювання руху літальних апаратів було проведено математичне моделювання руху десяти літальних апаратів в аеродромній зоні, яка складається з трьох посадкових смуг. За допомогою розробленої моделі та програми можна визначити конфліктні ситуації максимально наближені до реальних ситуацій в аеродромній зоні, що дозволяє провести аналіз ефективності використання системи забезпечення безпеки руху літальних апаратів в аеродромній зоні, що значно здешевлює виробництво, налагодження та випробування системи управління повітряного руху на базі літакових відповідачів.

Література

1. А.С. №682015 СССР. Устройство для подавления запроса боковыми лепестками систем УВД/ Н.И. Жиган, А.К. Яновицкий, Н.А., Харкевич// БИ, 1979.
2. Прохоров Г.В. Математический пакет Maple V Release 4: Руководство пользователя / Прохоров Г.В., Колбеев В.В., Желнов К.И., Леденев М.А. – Калуга: Облиздат; 1998.- 200с.
3. Мазуренко О.В. Підвищення ефективності бортової радіолокаційної системи управління повітряним рухом / О.В. Мазуренко, О.К. Яновицкий, К.Л. Горященко // Вісник національного університету, Технічні науки, Хмельницький №1, 2011, с.173-178.
4. Любчик В.Р. Моделювання руху літальних апаратів в аеродромній зоні / В.Р. Любчик, С.О. Яновицкий, 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, 2011р. - С. 83-85.