

УДК 314.14.36

Знаковська Є.А., к.т.н.

АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ РІДКІСНИХ ПОДІЙ ПОРУШЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ

Національного авіаційного університету

Запропонован алгоритм моделювання рідкісних подій порушення цілісності аеронавігаційних засобів на основі модифікованого методу дерева ризику, за допомогою якого можна оцінити імовірність втрати повітряного корабля внаслідок відмови системи наведення.

Вступ

Застосування аеронавігаційних засобів на основі супутникових технологій набуває все більшої практичної цінності особливо там, де є необхідність точного місцевизначення, моніторингу та керування рухомими об'єктами. Супутникові радіонавігаційні системи у комплексі з наземними, космічними і бортовими функціональними доповненнями стають відповідно до рішень ІКАО основними засобами навігації і керування у такій критичній з погляду безпеки галузі, як повітряний транспорт.

Поетапне впровадження елементів нових аеронавігаційних систем дозволяє при експлуатації повітряних кораблів (ПК) одержати в короткий термін переваги експлуатаційного й економічного характеру з урахуванням задоволення вимог з безпеки польотів. Для врахування властивих супутниковим системам обмежень і виконання вимог до характеристик обслуговування як точність, цілісність, готовність і неперервність, на всіх етапах польоту повинні використовуватися різного роду функціональні доповнення: бортові, наземні і супутникові.

При цьому важливою є задача своєчасного прогнозування надійності та безперервності роботи окремих навігаційних засобів в комплексі, що пов'язана з визначенням цілісності засобів аеронавігаційної системи. Цілісність характеризує здатність системи забезпечити своєчасне попередження пілота, чи може система використовуватися для вирішення навігаційних задач для забезпечення відповідного рівня безпеки польотів.

Розв'язанню задачі оцінки цілісності засобів аеронавігаційної системи присвячена велика кількість досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених [5-7].

Актуальність

У методі дерева ризику, який є методом графічного представлення логічного зв'язку між окремим станом відмови і причинами або відмовами, що призводять до цього стану, та дає наочне уявлення про послідовності і сполучення подій, що призводять до завершального стану відмови і може використовуватися для визначення ймовірності виникнення завершальної події, значення складових ризиків порушення цілісності засновані на допущенні про значення часу прольоту перешкод та значення середнього наробітку між виходами з ладу для навігаційних елементів відповідно, що не дає достатньо точної оцінки основних складових ризиків втрати цілісності.

Складність оцінки і моделювання основних складових ризиків втрати цілісності, таких як порушення цілісності основного і допоміжного наведення, полягає в тому, що такі події є рідкісними явищами.

Враховуючи актуальність та необхідність рішень для забезпечення безпеки польотів, задачі оцінки цілісності аеронавігаційних засобів входять до рангу першочергових.

Мета роботи

Основною метою роботи є побудова алгоритму моделювання рідкісних подій порушення цілісності аеронавігаційних засобів на основі модифікованого методу дерева ризику, за допомогою якого можна оцінити імовірність втрати повітряного корабля внаслідок відмови системи наведення.

Постановка задачі

Метод моделювання рідкісних подій порушення цілісності аеронавігації складається з:

– методики вибору об'єму оптимальної

вибірки [4];

– методики моделювання рідкісних подій порушення цілісності [1];

– методики ідентифікації сузір'я навігаційних супутників для завад різноманітного походження [2, 3].

За допомогою методики моделювання рідкісних подій порушення цілісності обчислюється ймовірність порушення цілісності основного наведення.

За допомогою методики вибору об'єму оптимальної вибірки, яка входить до складу методики моделювання рідкісних подій порушення цілісності, обчислюється оптимальний об'єм вибірки, при якому можна обчислювати ймовірність з меншими витратами часу.

За допомогою методики ідентифікації сузір'я навігаційних супутників для завад різноманітного походження виявляються та ідентифікуються навігаційні супутники, що передають невірні дані інформацію.

Алгоритм моделювання рідкісних подій для розрахунку ймовірності порушення цілісності основного наведення при заході на посадку.

Розглянемо методику моделювання рідкісних подій для розрахунку ймовірності порушення цілісності основного наведення при заході на посадку, алгоритм якої представлено на рис. 1.

Моделювання порушення цілісності основного наведення проводимо за методом моделювання рідкісних подій при оптимальній допоміжній вибірці, розрахованій за методикою вибору об'єму оптимальної вибірки [4]. Маємо:

$$N_x = \max(N_{1x}, N_{2x}, N_{3x}).$$

$$N_y = \max(N_{1y}, N_{2y}, N_{3y})$$

$$N_z = \max(N_{1z}, N_{2z}, N_{3z})$$

$$n_0 = (N_x).$$

Теоретична ймовірність зближення за висотою:

$$P_x = \int_{\mu_1-a}^{\mu_1+a} f(x, \mu_1) dx \int_{x-d}^{x+d} f(y, \mu_2) dy,$$

де a – таке додатне число, при якому чисельне значення даного виразу стабілізується.

Розрахунок експериментальної ймовірності катастрофічної ситуації ПК Y_n наведено у [1]:

$$Y_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{f_x(\hat{X}_1^{(i)}, \hat{X}_2^{(i)})}{(1-\alpha)\rho(\hat{X}_1^{(i)}) + \alpha\rho(\hat{X}_2^{(i)})}$$

Відносна похибка розраховується як $|P_n - Y_n|/P_n$.

Алгоритм ідентифікації сузір'я навігаційних супутників для розрахунку ймовірності порушення цілісності допоміжного наведення при заході на посадку.

Розглянемо методику ідентифікації сузір'я навігаційних супутників для розрахунку ймовірності порушення цілісності допоміжного наведення при заході на посадку. Алгоритм приведено на рис. 2. Даний алгоритм складається з таких кроків:

1. Визначення вектора координат контрольно-корегувальної станції (ККС) $X = (X_1, X_2, X_3)^T$.

2. Знаходження величин:

$$W_1 = V \cdot \Delta t_{bias1}, W_2 = V \cdot \Delta t_{bias2}.$$

3. Знаходження регресійної частини моделі спостереження $\bar{F}(X) = (F_1(X), \dots, F_N(X))^T$ та регресійної частини моделі спостереження для трійки еталонних координат.

4. Побудова моделі псевдовідстаней та еталонних псевдовідстаней до ККС.

5. Моделювання координат ККС на основі еталонних координат ККС за допомогою методу послідовних наближень.

6. Перевірка гіпотези про нормальний режим.

6.1. Побудова моделі псевдовідстаней з урахуванням змодельованих координат ККС.

6.2. Знаходження залишкової суми квадратів:

$$RSS = \left\| S^{-1}(\bar{r} - \bar{F}(X_e) - \bar{F}'(X_e) \cdot \Delta \hat{X} - \hat{W}_1 e_1 - \hat{W}_2 e_2) \right\|^2.$$

6.3. Перевірка закону розподілу $\bar{\epsilon}$. Якщо $\bar{\epsilon}$ має нормальний розподіл, то виконується перехід до п. 6.4, у противному випадку – до п. 6.5.

6.4. Перевірка умови $\frac{RSS}{\sigma_{\phi 0}^2} \geq (\chi_{N+M-5}^2)_\alpha$.

Якщо вона справедлива, то відхиляється гіпотеза про нормальний режим, і виявляються й вилучаються несправні супутники. Якщо умо-

ва не справедлива то виконується перехід до п. 7.

6.5. Перевірка умови $\frac{RSS}{\sigma_{\phi_0}^2} \geq \frac{N+M-5}{\alpha}$. Якщо

вона справедлива, то відхиляється гіпотеза про нормальний режим, і виявляються й

вилучаються несправні супутники. Якщо умова не справедлива то виконується перехід до п. 7.

7. Знаходження ймовірності порушення цілісності допоміжного наведення P_{s2} .

$$P_{s2} = F_{N-4} \left(\frac{RSS}{\sigma_{\phi_0}^2} \right)$$

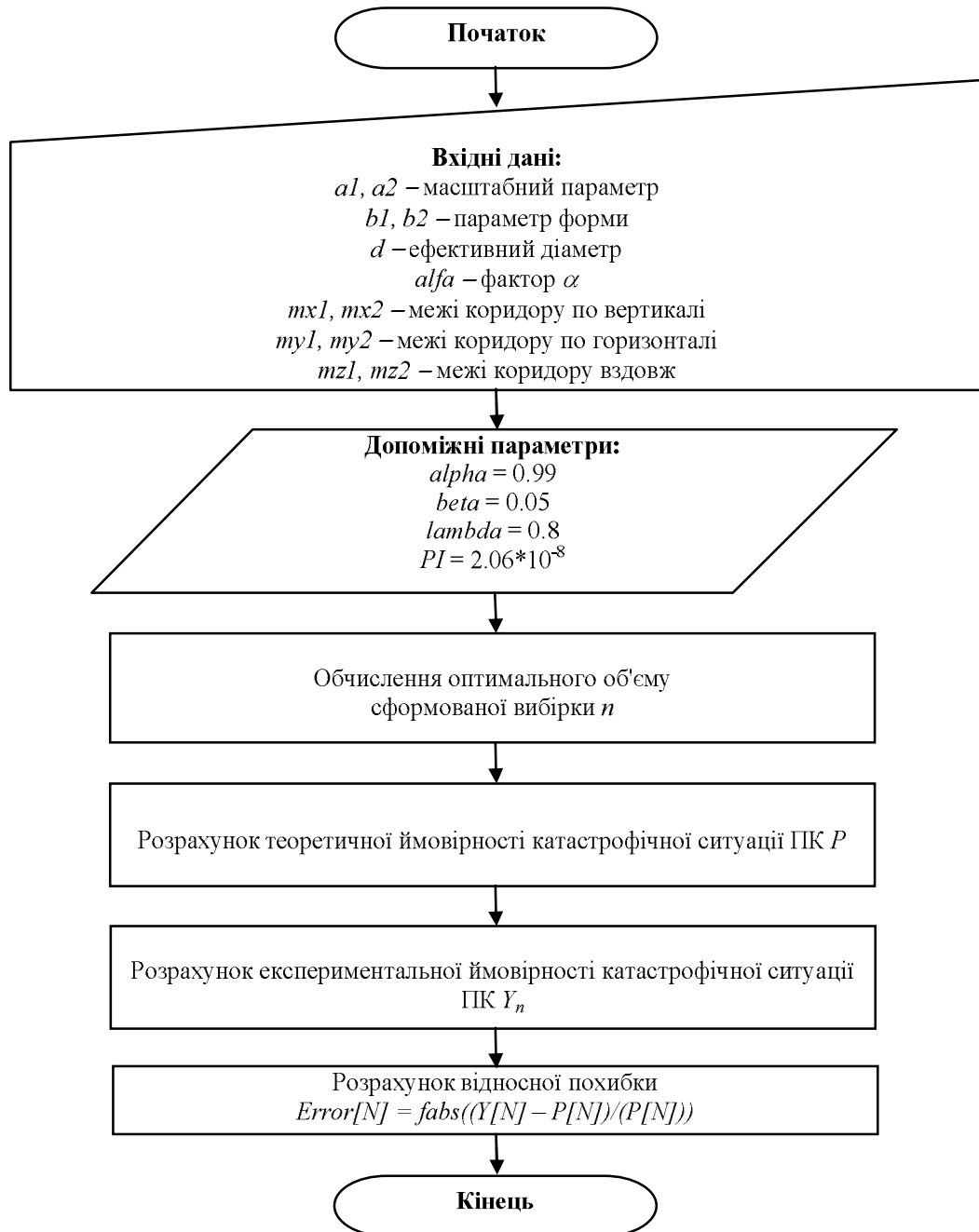


Рис. 1. Алгоритм моделювання рідкісних подій порушення цілісності аеронавігаційних засобів

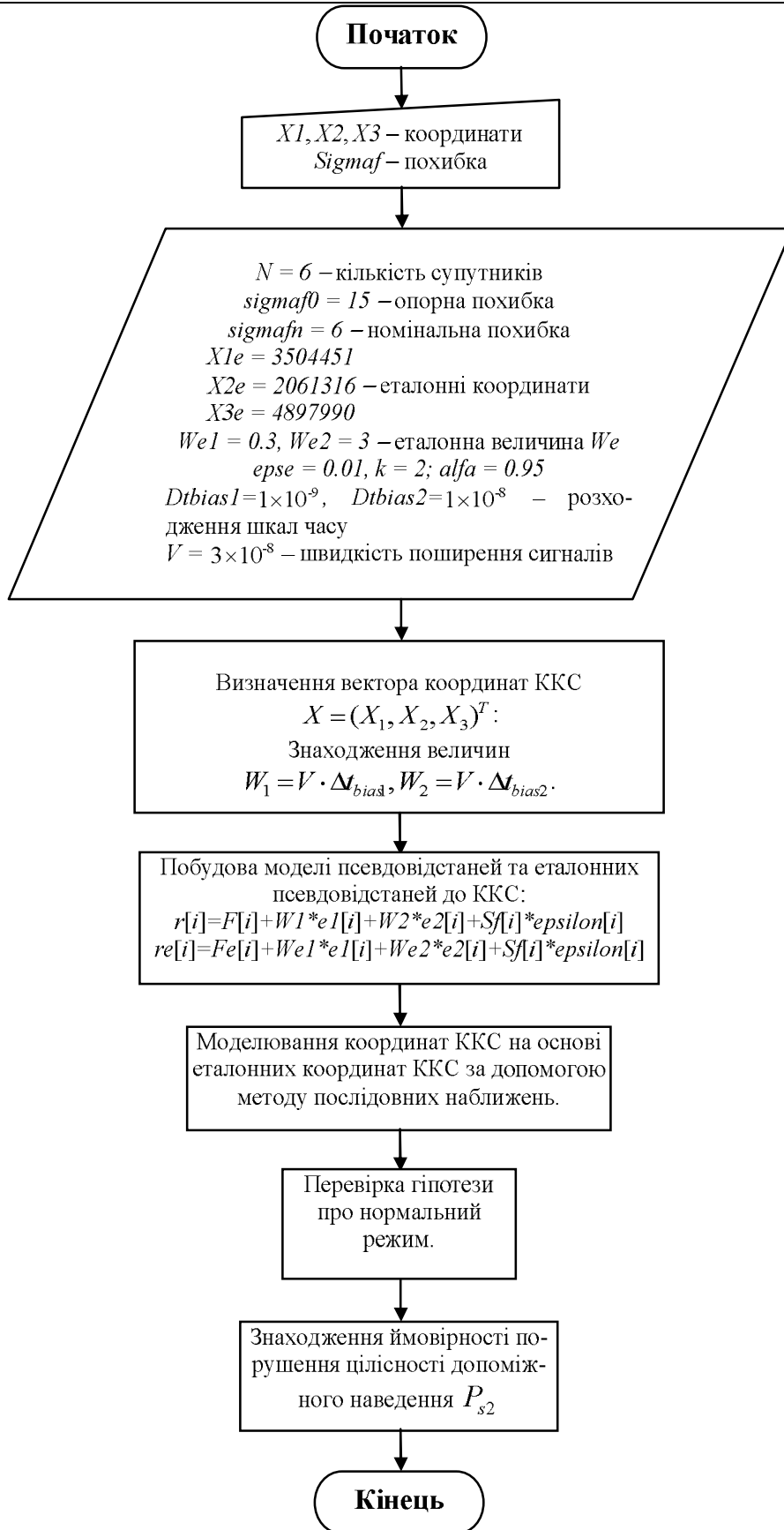


Рис. 2. Послідовність етапів процедури оцінки безпеки польотів при ОПР

Висновки

За допомогою представленого алгоритму моделювання рідкісних подій порушення цілісності аеронавігаційних засобів на основі модифікованого методу дерева ризику можна адекватно оцінювати імовірність втрати повітряного корабля внаслідок відмови системи наведення, що не знаходиться на борту повітряного корабля і відноситься до наземної частини. Аналогічним чином оцінюються інші підсистеми аеронавігаційної системи, що дозволяє більш адекватно визначити цілісність аеронавігаційної системи в цілому.

Список літератури

1. Бабак В.П., Харченко В.П., Знаковська Є.А. Дослідження ймовірності катастрофічної ситуації методом моделювання рідкісних подій за оптимальною вибіркою // Вісник НАУ. К.: НАУ – № 4. – 2004. – С. 3-7.
2. Харченко В.П., Кукуш А.Г., Бабак Є.А. Перевірка гіпотези нормального функціонування супутникової радіонавігаційної системи // Матеріали IV МНТК. – К.: НАУ, – 2002. – Секція 21. – Т. 2. – С. 21.159-21.162.
3. Харченко В.П., Кукуш А.Г., Бабак Є.А. Гіпотеза якості функціонування супутни-

вої радіонавігаційної системи при різноточному спостереженні та негаусових похибках // Вісник НАУ. К.: НАУ, 2002. – № 2. – С. 85-90.

4. Харченко В.П., Нагаев С.В., Кукуш А.Г., Знаковская Е.А., Доценко С.И. Выбор объема выборки в методе моделирования редких событий // Кибернетика и системный анализ. № 1. – 2006. – С. 79-86.

5. Бабак В.П., Конін В.В., Харченко В.П. Супутникова радіонавігація. – К.: Техніка, – 2004. – 328 с.

6. Иванов Ю.П. Метод оценки целостности спутниковой навигационной системы / Ю.П. Иванов, В.Г. Никитин, А.А. Рогова, О.И. Саута, С.П. Соболев // Изв вузов России. Радиоэлектроника / СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2006. – Вып. 5. Радиоэлектроника и телекоммуникации. – С. 69-77.

7. Толоконников С.В. Свойства алгоритма автономного контроля целостности спутниковой навигационной информации для бортового оборудования навигации и посадки / А.А. Рогова, С.П. Соболев, С.В. Толоконников // Изв ГЭИУ / СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Известия Государственного электротехнического университета) – 2004. – Вып. 2. Радиоэлектроника и телекоммуникации. – С. 55-60.