

ГОНЧАРЕНКО Євген Володимирович
КОВБА Орест Петрович

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

НЕЧІТКІ ПІДХОДИ В МОДЕЛЮВАННІ РИЗИКІВ ДЛЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ БОЙОВИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

У статті запропоновано методика підтримки прийняття рішення на застосування бойового авіаційного комплексу з урахуванням результатів оцінювання ризику для безпеки польотів. Алгоритм зазначеної методики реалізовано пакетом програм MATLAB: Simulink та Fuzzy Logic Designer та отримано кількісне значення ризику безпеки польотів.

Розроблена методика враховує особливості льотної експлуатації повітряних суден Збройних Сил України та дозволяє перейти від якісного до кількісного оцінювання рівня безпеки польотів на основі ризику. Запропонована методика дозволить кількісно оцінити ризики для безпеки польотів, своєчасно виконати заходи щодо ефективного блокування або зменшення впливу цих ризиків, що приведе до зменшення випадків вилучення у політ непідготовлених екіпажів та повітряних суден в авіації Збройних Сил України.

Ключові слова: безпека польотів, бойовий авіаційний комплекс, оцінювання ризику, нечітка логіка.

Постановка проблеми. Бойовий авіаційний комплекс (БАК) це функціонально пов'язана сукупність військових повітряних суден (ПС), екіпажів, сил та засобів технічного забезпечення що призначена для виконання бойових завдань. Будь-яке завдання для БАК це, перш за все, виконання польоту. Успішний політ будь якого ПС (як цивільного так і військового) можливий лише за умови доброї організації застосування усіх засобів забезпечення польотів [1,2]. Існуюча система управління безпекою польотів (БзП) в авіації Повітряних Сил Збройних Сил (ПС ЗС) України оцінює ризики в БАК уже після виникнення небезпечної події (авіаційної події (АП), серйозного інциденту (СІ), інциденту). Вона не дозволяє адекватно та завчасно реагувати на існуючі та потенційні ризики для БзП, що призводить до великої (у порівнянні з військовою авіацією країн НАТО) кількості АП [3].

Аналіз останніх досліджень. Проблематика у сфері оцінювання ризиків для безпеки польотів в цивільній авіації розглядається багатьма ученими. Зокрема, розглядаються питання оцінювання ризику для БзП з використанням методів теорії нечіткої логіки [4-8]. Проте є великою рідкістю публікація, що присвячена питанням оцінювання ризиків військових ПС [9,10]. В доступній літературі питання оцінювання ризиків для БзП авіації ПС ЗС України не розглядаються.

Метою даної роботи є вирішення задачі оцінювання ризику для безпеки польоту БАК із застосуванням підходів нечіткої логіки.

Виклад основного матеріалу дослідження

В основі запропонованого алгоритму прийняття рішення на застосування БАК за результатами оцінювання ризику для безпеки польоту покладено методика оцінювання ризику для безпеки польоту на базі підходів нечіткої логіки. Блок-схема зазначеної методики зазначена на рис. 1.

На рівні БАК визначається значення ризику польотного завдання, що планується (у тому числі бойового), з метою прогнозування, зміни технічного стану повітряного судна в процесі експлуатації.

У блоці 1 проводиться визначення обсягу оцінки ризику та вхідні дані, тобто яке завдання якому екіпажу на конкретному ПС у відповідних умовах (у тому числі метеорологічних) планується до виконання. Враховуються всі фактори ризику та їх наступні субфактори, що пов'язані з цим завданням, проводиться побудова ієрархічної структури дерева для факторів ризику.

Практично для всіх елементів (підсистем) БАК можна назвати загальні фактори, що визначають якість функціонування елементів з точки зору їх надійності та безпеки польотів. Чисельну сукупність факторів, які впливають на безпеку польотів, можна розділити на три групи:

- надійність авіаційної техніки;
- рівень професійної підготовки авіаційного персоналу;
- характер та складність завдань, що вирішують, умови бойового застосування авіації (навколишнє середовище).

Готовність льотного складу до виконання дій, що складають специфіку даного виду польотів залежить від великої кількості (більше 30) показників. Проте, для проведення дослідження авторами визначається 5 основних показників, які в більший мірі впливають на кінцевий результат. До них відноситься загальний наліт (год), наліт за 12 місяців (год), наліт на особисте удосконалення за останні 12 місяців у відскоках по відношенню до нальоту за 12 місяців, перерви у польотах (днів) та вік льотчика.

Надійність ПС характеризують як надійність його основних систем (планер, двигун; авіаційне обладнання; радіоелектронне обладнання тощо) так і залишок ресурсу.

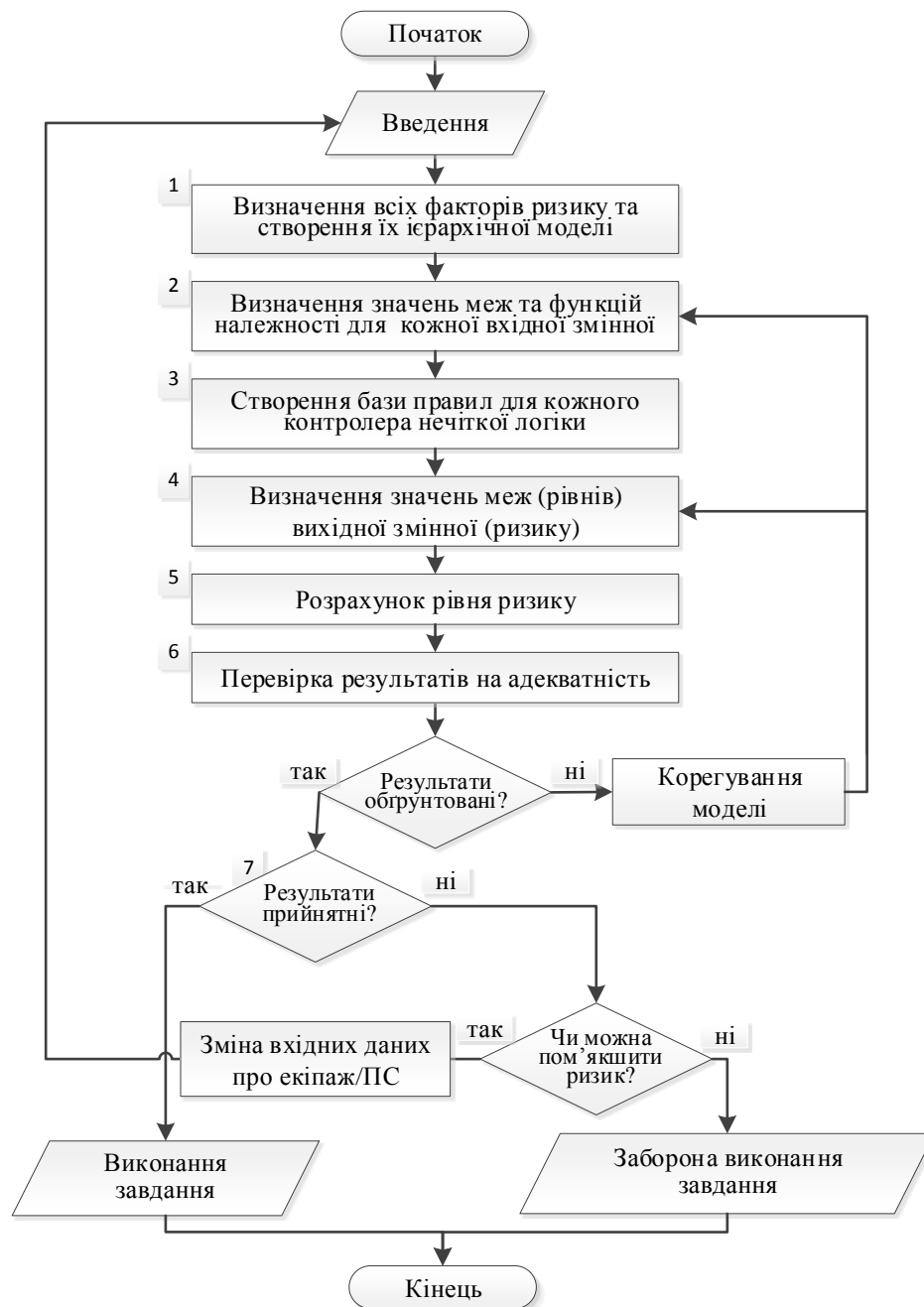


Рис.1 Блок-схема методики оцінювання ризику для безпеки польоту при виконанні завдання БАК на базі підходів нечіткої логіки

Серед зовнішніх факторів (ризиків), що мають суттєвий вплив на виконання польотного завдання екіпажами тактичної авіації є якість аеродрому, погодні умови та складність завдання.

За результатом аналізу факторів та їх субфакторів створюється [11-13] ієрархічна структура дерева ризиків в середовищі Simulink.

У блоці 2 Здійснюється формалізація оцінки вхідних факторів (субфакторів) ризику як кортеж $\langle E_j, T, K, G \rangle$, де E_j – назва, T – терми, K – межі, $G = \{\mu_i(X)/X\}$ – функції належності лінгвістичної змінної ризику [14]. Побудова функцій належності здійснюється на основі авіаційних нормативних вимог, статистичних показників експлуатації ПС, або експертних оцінювань.

Побудова функцій належності (далі – ФН) впливу небезпечних факторів на ризики застосування авіаційного комплексу. Теорія нечітких множин не зобов'язує абсолютно чітко або точно вибирати вид функції належності [14,15]. Вона може бути уточнена в процесі дослідження на основі результатів вирішення задачі. Найбільш поширеними є трикутні, трапецієвидні та ФН у формі дзвону, які й будуть застосовані у запропонованій моделі. Попередньо визначені інтервали нечітких множин є базою для побудови ФН вхідних лінгвістичних змінних.

Як зазначалося вище, на результат польоту впливають рівень підготовки екіпажу, стан ПС та навколишнє середовище (у тому числі вплив

противника). Розглянемо вплив цих факторів детальніше.

Готовність льотного складу до виконання дій, що складають специфіку даного виду польотів залежить від великої кількості (більше 30) показників. Проте, для проведення дослідження авторами було визначено 5 основних показників, які в більший мірі впливають на кінцевий результат та розподілені на 3 групи:

наліт командира екіпажу: загальний наліт, наліт за 12 місяців, відсоток нальоту на особисте удосконалення за останні 12 місяців;

перерви у польотах;
вік командира екіпажу.

Моделювання нечіткого управління виконується у блоці 3 за допомогою системи нечіткого виведення FIS (Fuzzy Inference System). Для кожного блоку FIS Модель розрахунку ризиків БАК визначається система нечітких правил.

У блоці 4 Здійснюється формалізація оцінки вихідного ризику. Визначаються його значення $\langle \mathcal{E}_j, T, K, G \rangle$ а також вибір необхідного алгоритму нечіткого висновку (Мамдані або Сугено).

У блоках 5-6 в середовищі графічного набору інструментів Fuzzy Logic Designer, з комплексу програм MATLAB будуються відповідні вхідні

дані. Після чого проводиться розрахунок вихідного ризику та перевірка його значень на адекватність. Перевіряється робота кожного нечіткого логічного блоку (рис. 3.13), щоб він давав очікувані вихідні значення і, отже, підтвердив, що розроблений метод аналізу прийнятний.

Після цього слід проводити кілька запусків з різними вхідними значеннями, а результати порівнювати один з одним. Мета – визначити, чи є результати адекватними, щоб модель дала реалістичні та послідовні результати. Після підтвердження цього результати слід перевірити на допустимі межі, встановлені для типу операції. У разі необхідності вносяться відповідні корективи.

У блоці 7 проводиться порівняння отриманих значень ризику з із критерієм прийнятності ризику. У разі неприйнятності ризику, вносяться відповідні зміни вхідних даних. У разі прийнятності ризику – підготовка до виконання завдання (польоту).

Результатами проведених розрахунків є числове значення ризику для БзП в межах від 0 до 1.

Ризик для БзП застосування БАК оцінюється відповідно до шкали ризику (рис. 2) яка умовно відповідає серйозності наслідків виконання завдання (польоту).



Рис. 2 Шкала ризику для безпеки польотів БАК

Коли значення R_i знаходиться у межах від $0 < R_i < R_{інц}$ то з високою ймовірністю $P_{АК}$ політ завершується безпечно, без небезпечної події. Якщо значення ризику знаходяться в межах

відповідного ризику, то політ завершується відповідною небезпечною подією, тобто справедливі наступні правила:

$$\text{if } R_i = \begin{cases} 0 < R_i < R_{інц} \\ R_{інц} < R_i < R_{сі} \\ R_{сі} < R_i < R_{ап} \\ R_{ап} < R_i < 1 \end{cases}, \text{ then } Y_{AKi} = \begin{cases} y_{бп} \cdot P_{АК} \\ y_{інц} \cdot P_{АК} \\ y_{сі} \cdot P_{АК} \\ y_{ап} \cdot P_{АК} \end{cases}$$

Чим точніше побудована модель відображає процеси, що відбуваються під час застосування АК, тим значення $P_{АК}$ наближається до 1 ($P_{АК} \rightarrow 1$).

Якщо значення ризику для БзП перевищують значення критерію ризику що дорівнює $R_{ап}$, то командиром приймається рішення на корегування рішення U_K^* щодо складу екіпажу або іншого ПС або на зміну завдання.

Після отримання числових значень ризику проводиться порівняння отриманих значень із критерієм прийнятності ризику. В залежності від обстановки та мети застосування БАК, цей рівень може змінюватись. У разі неприйнятності ризику,

вносяться відповідні зміни вхідних даних – проводиться заміна екіпажу або повітряного судна. У разі прийнятності ризику – підготовка до виконання завдання.

Висновки

Таким чином, авторами запропоновано методику підтримки прийняття рішення на застосування бойового авіаційного комплексу з урахуванням результатів оцінювання ризику для безпеки польотів. Алгоритм зазначеної методики реалізовано пакетом програм MATLAB: Simulink та Fuzzy Logic Designer та отримано кількісне значення ризику безпеки польотів.

Розроблена методика враховує особливості льотної експлуатації повітряних суден ПС ЗС України та дозволяє перейти від якісного до кількісного оцінювання рівня безпеки польотів на основі ризику. Запропонована методика дозволить кількісно оцінити ризики для безпеки польотів, своєчасно виконати заходи щодо ефективного блокування або зменшення впливу цих ризиків, що приведе до зменшення випадків випуску у політ невідготовлених екіпажів та повітряних суден в авіації Збройних Сил України.

Напрямок подальшого дослідження може бути вирішення питання наукового обґрунтування значень критерію прийнятності ризику в залежності від необхідності виконання бойового завдання.

Список використаних джерел

- 1 Safety Management – Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation, 2nd edition. Montreal: ICAO. 2016.
- 2 Doc 9859-AN/474, *Safety Management Manual*, 4th edition. Montreal: ICAO. 2017.
- 3 Y. Honcharenko, O. Martyniuk, O. Radko, P. Open'ko. The method of proactive risk assessment for flight safety based on the rate of dangerous events // *Advances in Military Technology*, Vol. 15, No. 2. 2020. – p. 365-377.
- 4 Lухhøj, J. Coit, D. Modeling Low Probability/High Consequence Events: An Aviation Safety Risk Model. Reliability and Maintainability Symposium. [E-journal]. 2006. Pages 215-221. DOI: 10.1109/RAMS.2006.1677377. ISSN: 0149-144X.
- 5 Cheng, C. Kuo, Y. Shyur, H. Implementation of a flight operations risk assessment system and identification of critical risk factors. *Journal of Scientia Iranica*. [E-journal] Vol. 21. 2014. – Pages 2387-2398. DOI: Not published. ISSN: 2345-3605.
- 6 Sami Vuokko Safety Risk Modelling of Flight Planning in Commercial Operation of Performance Class B Aeroplanes. [Master's Thesis]. Aalto University. 2016. – 76 p.
- 7 Hadjimichael, M. A fuzzy expert system for aviation risk assessment. *Journal of Expert Systems with Applications*. [E-journal] Vol. 36. 2009. – P. 6512-6519. DOI: 10.1016/j.eswa.2008.07.081. ISSN 0957-4174.
- 8 Takács, M. Multilevel Fuzzy Approach to the Risk and Disaster Management. *Acta Polytechnica Hungarica*. [E-journal] Vol. 7. 2010. – P. N/A. DOI: Not published. ISSN 1785-8860.
- 9 Павленко М. Принципи системи оцінювання ризику в авіаційній організації. Системи обробки інформації, 2015, Vol. 11 (136) ISSN – с. 1681-7710.
- 10 Мартинюк, О.Р., Радько, О.В., Гончаренко, С.В. Оцінювання ризику в системі забезпечення безпеки польотів державної авіації України // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: НУОУ, 2019. № 1(34). – С. 155-160
- 11 Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. Горячая линия -Телеком, (2007). – 288 с. ISBN: 5-93517-359 -X.
- 12 Гончаренко С.В., Блискун О.С. Жидков С.М. Контур управління рівнем готовності авіаційного персоналу до виконання завдань на основі підходів теорії нечіткої логіки. Труды університету. – К.: НУОУ, 2019. №3(153). – с. 106-113.
- 13 В. П. Харченко, Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія / К. : НАУ, 2016 – 308 с. ISBN 978-966-932-010-0.
- 14 Леоненков, А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб: БХВ-Петербург. 2005. – 720 с. ISBN 5-94157-087-2.
- 15 Y. Honcharenko, O. Martyniuk, O. Radko, O. Blyskun, Yu. Kolomiets, M. Bilokur. Flight safety fuzzy risk assessment for combat aviation system // 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory Conference Proceedings/ Kyiv / Ukraine. – p. 132-137.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОБОРОНИ УКРАЇНИ
імені ІВАНА ЧЕРНЯХОВСЬКОГО

КОВБА О.П. – доцент кафедри авіації
ГОНЧАРЕНКО Є.В. – ад'юнкт кафедри авіації

НЕЧІТКІ ПІДХОДИ В МОДЕЛЮВАННІ РИЗИКІВ ДЛЯ БЕЗПЕКИ
ПОЛЬОТІВ БОЙОВИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

The National Defence University of Ukraine
www.pdu.edu.ua/en/

THE NATIONAL DEFENCE UNIVERSITY OF UKRAINE
NAMED AFTER IVAN CHERNIAKHOVSKYI

O.KOVBA – Associate Professor of Aviation Department
Y.HONCHARENKO – PhD student of Aviation Department

FUZZY APPROACHES IN RISK SIMULATION FOR FLIGHT SAFETY
OF COMBAT AVIATION SYSTEMS

The National Defence University of Ukraine
www.pdu.edu.ua/en/

