

УДК 656.7.052 (045)

Ю.В. Чинченко, к.т.н., доц.

ОЦІНЮВАННЯ ЗАГРОЗ ТА РИЗИКІВ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Національний авіаційний університет

E-mail: jdestiny@ukr.net

Наведено інформацію щодо результатів наукових досліджень в області оцінювання загроз та ризиків на робочих місцях авіадиспетчерів за допомогою нечітких множин.

Information about outcomes of scientific researches in field of hazards and risks assessment at air traffic controllers workplaces is provided.

Приведена информация о результатах научных исследований в области оценки угроз и рисков на рабочих местах авиадиспетчеров с помощью теории нечетких множеств.

Постановка проблеми

На безпеку польотів впливає велика кількість факторів, від яких залежить якість функціонування авіаційної транспортної системи. Враховуючи складність процесів обслуговування повітряного руху (ОПР), дослідити всі фактори досить складно. Тому актуальною є проблема ідентифікації та аналізу факторів небезпек та ризиків в ході виробничої діяльності на робочих місцях авіадиспетчерів.

За результатами аналізу вітчизняних та зарубіжних літературних джерел, проведеного в рамках дослідження, розділимо характеристики системи ОПР на чотири основні групи, що мають найбільший вплив на ризик зіткнення повітряних суден (ПС) [1–3]:

- структура та організація повітряного простору з урахуванням інтенсивності руху ПС;
- зближення ПС з іншими ПС, виявлення та вирішення конфліктних ситуацій;
- характеристики систем зв'язку, навігації, спостереження для неінтегрованого та інтегрованого застосування;
- людський фактор.

Мета роботи полягає в застосуванні методів теорії нечітких множин [4; 5] для кількісно-якісного зіставлення факторів небезпек та ризиків у діяльності людини-оператора в системі ОПР.

Це необхідно для подання значущої інформації щодо безпеки польотів у зрозумілій, ясній формі для подальшого опрацювання фахівцями-експертами.

Загрози під час керування повітряним рухом

Чинники загрози для постачальника послуг ОПР можна поділити на чотири категорії [2]:

- внутрішні;
- зовнішні;
- в повітрі;
- пов'язані з довкіллям.

Знання цих загроз допомагає прийняттю індивідуальних і загальних контрзаходів для забезпечення безпеки польотів у ході ОПР.

Внутрішні загрози

Досить суттєвим джерелом загроз для ОПР є устаткування. У повсякденній роботі диспетчерам доводиться в тій або іншій мірі стикатися з неспрацьовуванням і конструктивними недоробками устаткування, з неякісним радіозв'язком і телефонним зв'язком з іншими центрами ОПР.

Джерелом загрози можуть стати автоматизовані системи, якщо в разі введення необхідних даних система їх не приймає, і диспетчер повинен з'ясувати причину такої відмови і знайти вихід із ситуації, що склалася.

- До чинників робочого місця відносяться:
- відблиски;

- віддзеркалення;
- температура в залі;
- нерегульовані стільці;
- сторонній шум.

Робота диспетчера ускладнена, якщо на екранах дисплеїв відбиваються джерела внутрішнього освітлення. У зв'язку з цим у нічний час у диспетчера можуть виникнути проблеми з візуальним спостереженням за аеродромним рухом.

Зовнішні загрози

Джерелом загрози для операцій з ОНР можуть бути схема та конфігурація аеропорту. Наприклад, у невеликому аеропорту з однією короткою рульовою доріжкою, що сполучає перон із серединою злітно-посадкової смуги (ЗПС), службі ОНР треба передбачати руління назад по ЗПС для більшості ПС, що прилітають і вилітають.

Цього можна уникнути за наявності рульової доріжки, що проходить паралельно ЗПС і перетинається з нею з обох кінців.

Загрози в повітрі

Загроза для ОНР може йти від пілотів, які не знайомі з повітряним простором або аеропортом.

Пілоти можуть не повідомляти органу ОНР про деякі маневри, які вони можуть здійснити, наприклад, для обходу небезпечних явищ погоди. Це може бути загрозою для ОНР. Пілоти можуть забути доповісти про проходження контрольної точки або висоти, можуть підтвердити дії, які згодом не зроблять. Помилка пілота може служити чинником загрози для ОНР.

Загрози, пов'язані з довкіллям

Найбільш загальним джерелом чинників загрози для всіх видів діяльності авіації, включаючи роботу органів ОНР, є погода. Контролювати цей чинник загрози простіше, якщо знати поточну погоду і прогноз на період тривалості зміни диспетчера.

Наприклад, зміна напрямку вітру може викликати необхідність зміни ЗПС. Чим інтенсивніший рух, тим більше значення має вибір правильного моменту для зміни ЗПС.

Заходи протидії чинникам загрози та помилкам

Під час роботи диспетчера ОНР використовують заходи протидії чинникам загрози, помилкам і небажаним станам, щоб не допустити зниження безпеки польотів при ОНР.

До засобів такої протидії входять:

- контрольні карти;
- інструктажі та стандартні експлуатаційні процедури;
- індивідуальні стратегічні та тактичні прийоми.

Льотні екіпажі та диспетчери приділяють значний час і зусилля підтримці необхідного рівня безпеки польотів.

Результати безпосередніх спостережень у ході тренажерної підготовки свідчать, що на заходи протидії небезпечним чинникам льотні екіпажі та диспетчери можуть витрачати до 70% свого часу.

Усі заходи протидії чинникам загрози та помилкам обов'язково пов'язані з діями диспетчера ОНР. Проте деякі заходи протидії чинникам загрози, помилкам і небажаним станам, використовувані диспетчерами ОНР, спираються на ресурсну базу, що забезпечується авіаційною системою. До моменту заступання диспетчера ОНР на зміну ці ресурси вже існують у системі, тому їх вважають системними засобами протидії.

Наведемо приклади елементів ресурсної бази, які використовуються диспетчерами ОНР як системні засоби протидії:

- система попередження про мінімальну безпечну абсолютну висоту в секторі (MSAW);
- короткострокове попередження про конфліктну ситуацію (STCA);
- стандартні експлуатаційні правила (SOP);

– інструктажі та тренування.

До заходів протидії, безпосередньо пов'язаних з внеском людини в безпеку польотів при ОНР, відносять:

- індивідуальні стратегічні і тактичні прийоми;
- індивідуальні і колективні контрзаходи;

– загальні навички, знання і відношення до роботи, вироблені в результаті спеціальної підготовки.

Небезпеки та ризики в аеронавігаційній системі

Керування факторами ризику – це вид основної діяльності, що забезпечує керування безпекою польотів і сприяє здійсненню інших організаційних процесів.

Термін «керування факторами ризику для безпеки польотів» на відміну від загальнішого терміну «керування факторами ризику» означає, що керування безпекою польотів не спрямоване безпосередньо на керування чинниками фінансового, правового, економічного ризику тощо, а в першу чергу стосується тільки керування чинниками ризику для безпеки польотів.

Навіть після зведення використання загального терміну ризику до конкретнішого терміну ризику для безпеки польотів все ще може виникнути нерозуміння тому, що поняття ризику є штучним поняттям.

Чинники ризику для безпеки польотів не є відчутними або видимими компонентами будь-якого фізичного або природного середовища. Для того, щоб зрозуміти чинники ризику для безпеки польотів або сформулювати образне поняття про них, необхідно уявити чинники ризику для безпеки польотів.

Поняття ризику для безпеки польотів – це те, що відомо як уявна концепція, тобто створена людиною штучна умовність.

Якщо чинники небезпеки і наслідку є фізичними компонентами природного довкілля, чинники ризику для безпеки польотів насправді в ній не існують.

Ризик для безпеки польотів – це продукт людської свідомості, призначений для того, щоб виміряти серйозність наслідків чинників небезпеки або «пронумерувати» їх.

Ризик для безпеки польотів визначається як оцінка наслідків небезпеки, виражена у вигляді прогнозованої вірогідності або серйозності. При цьому за контрольний орієнтир береться найгірша ситуація.

Чинники ризику для безпеки польотів позначаються в буквено-цифровій формі, що дозволяє здійснити їх вимір.

Дані щодо рівня ризику можна класифікувати за такими ознаками [2; 5]:

– неприйнятні рівні ризику (можливі події достатньо небезпечні, тому потребують додаткових дій для їх усунення);

– прийнятні рівні ризику (можливі події незначною мірою впливають на безпеку);

– рівні ризику, що перебувають між першими двома категоріями (потрібно оцінити компроміс між ступенем ризику й економічними вигодами).

У всіх випадках, коли фактор ризику не задовольняє встановлені критерії, необхідно знизити його до прийняттого рівня, використовуючи наявні методи зменшення ризику.

Наведені положення у вигляді трикутника «допустимості ризику» показано на рис. 1 [2].

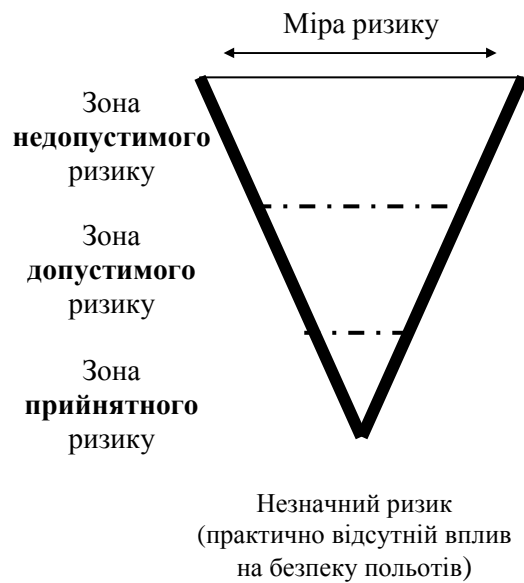


Рис. 1. Класифікація факторів ризику

Оцінювання небезпек та ризиків методами теорії нечітких множин

Через порівняння ймовірності несприятливого результату з потенційним ступенем значущості фактори ризику можна класифікувати в межах матриці оцінювання ризику (табл. 1).

Таблиця 1

Схема класифікації ризику

Імовірність події	Індекс ризику				
	<i>A</i> катастрофічні	<i>B</i> небезпечні	<i>C</i> значні	<i>D</i> незначні	<i>E</i> дуже незначні
5 – часто	5A	5B	5C	5D	5E
4 – періодично	4A	4B	4C	4D	4E
3 – рідко	3A	3B	3C	3D	3E
2 – малоймовірно	2A	2B	2C	2D	2E
1 – практично неможливо	1A	1B	1C	1D	1E

Серйозність ризику класифікується як катастрофічна, небезпечна, значна, незначна або дуже незначна з описом кожної категорії, в якому вказується потенційна значущість наслідків.

Імовірність (або можливість) настання події також класифікується з використанням п'яти рівнів якісних характеристик і описом ступеня ймовірності події.

Між прийнятним і неприйнятним ризиками існує певна зона, де рішення щодо прийнятності виражене не чітко.

Кожний випадок необхідно проаналізувати з погляду його позитивних аспектів з урахуванням вигод, одержуваних у результаті здійснення пропонованих змін, а також рівня ризику (табл. 2).

Якщо ризик не задовольняє заздалегідь установлені критерії прийнятності, то слід спробувати зменшити його до прийняттого рівня або до найменшого можливого рівня, використовуючи відповідні процедури щодо його зниження.

До зменшення ризику можна використовувати:

- перегляд проекту системи;
- перегляд експлуатаційних правил;
- зміни в штатному розкладі;
- навчання персоналу методів нейтралізації небезпечних факторів.

Для видачі інформації про рівень загроз та ризиків у діяльності авіадиспетчерів у звичній для користувачів формі (на природній мові) кількісні значення показників рівня загроз та ризиків перетворюють в якісні показники. Для отримання якісних показників рівня готовності використаємо математичний апарат теорії нечітких множин [4].

Нечіткою підмножиною \tilde{R} множини S називається сукупність пар [4; 5]:

$$\tilde{R} = \left\{ \left\langle \frac{\mu_R(x)}{x} \right\rangle \right\}, \quad x \in S, \mu_R(x) \in [0, 1].$$

Таблиця 2

Рівень ризику

Індекс ризику	Характеристика рівня ризику
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A 5D, 4E, 4C, 3B, 3C, 2A, 2B	Неприйнятний в існуючих умовах Необхідний контроль рівня ризику та організаційні заходи, спрямовані на його зниження
4D, 4E, 3D, 2C, 1A, 1B 3E, 2D, 2E, 1C, 1D, 1E	Прийнятний після перегляду експлуатаційних умов Прийнятний

Функція належності $\mu_R : S \rightarrow [0,1]$ ставить у відповідність кожному елементу $x \in S$ число з інтервалу $[0,1]$, що характеризує ступінь належності x нечіткій підмножині \tilde{R} .

Для співставлення кількісних і якісних оцінок рівня загроз та ризиків у діяльності авіадиспетчерів уведемо узагальнену лінгвістичну змінну «рівень загроз та ризиків», яка характеризується набором [4; 5]:

$$(X, T^M(X), S, C, M),$$

де X – назва змінної;

$T^M(X)$ – терм-множина змінної X , що являє собою сукупність лінгвістичних (вербальних) значень змінної з областю визначення S ;

C – синтаксичне правило, що визначає назви вербальних значень змінної X ;

M – семантичне правило, що ставить у відповідність змінній X її зміст.

У ході побудови лінгвістичної змінної «рівень загроз та ризиків» (табл. 3) використовувалися такі класи розпливчастих категорій [5]:

- кваліфікатори \bar{c} ;
- модифікатори \bar{h} .

Таблиця 3

Терм-множина $T^M(X)$ лінгвістичної змінної «рівень загроз та ризиків»

Імовірність події	Значущість наслідків	Рангова відповідність термів T_i
Часто	Катастрофічні	T_1
Періодично	Небезпечні	T_2
Рідко	Значні	T_3
Малоймовірно	Незначні	T_4
Практично неможливо	Дуже незначні	T_5

Припустимо, що

$$T^M = \{T_i\} \{i \in L = \{1, \dots, m\}\}$$

є базовою терм-множиною узагальненої лінгвістичної змінної «рівень загроз та ризиків» $(X, T^M(X), S, C, M)$. Позначимо $\inf X$ через x_1 , а $\sup X$ через x_2 . Введемо нечітку змінну $\langle T_i, X, \tilde{R}_i \rangle$, що відповідає терму $T_i \in T^M$, де

$$\tilde{R}_i = \left\langle \left\langle \frac{\mu_{R_i}(x)}{x} \right\rangle \right\rangle \quad (x \in X),$$

R_i – носій нечіткої множини \tilde{R}_i , що включає ті елементи з X , для котрих значення функції належності більше нуля.

Терм-множину $T^M(X)$ впорядкуємо відповідно до виразу [3]:

$$(\forall T_i \in T^M)(\forall T_j \in T^M) \leftrightarrow (\exists x \in R_i)(\forall y \in R_j).$$

Якісна шкала оцінок рівня загроз та ризиків (імовірність події та значущість наслідків) авіадиспетчерів буде упорядкована в такий спосіб:

$$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5.$$

Тоді функція належності лінгвістичної змінної матиме вигляд, показаний на рис. 2. Це дозволить виконувати кількісно-якісне зіставлення факторів небезпек та ризиків у діяльності людини-оператора в системі ОПР.

Висновки

Запропоноване визначення фактора ризику для безпеки польотів дозволяє пов'язати фактори ризику для безпеки польотів з факторами безпеки та наслідками, замкнувши контур «небезпека – наслідки – ризик для безпеки польотів».

Фактори безпеки є потенційною уразливістю для безпеки, властивою авіаційній системі. Така уразливість проявляється у вигляді сукупності наслідків.

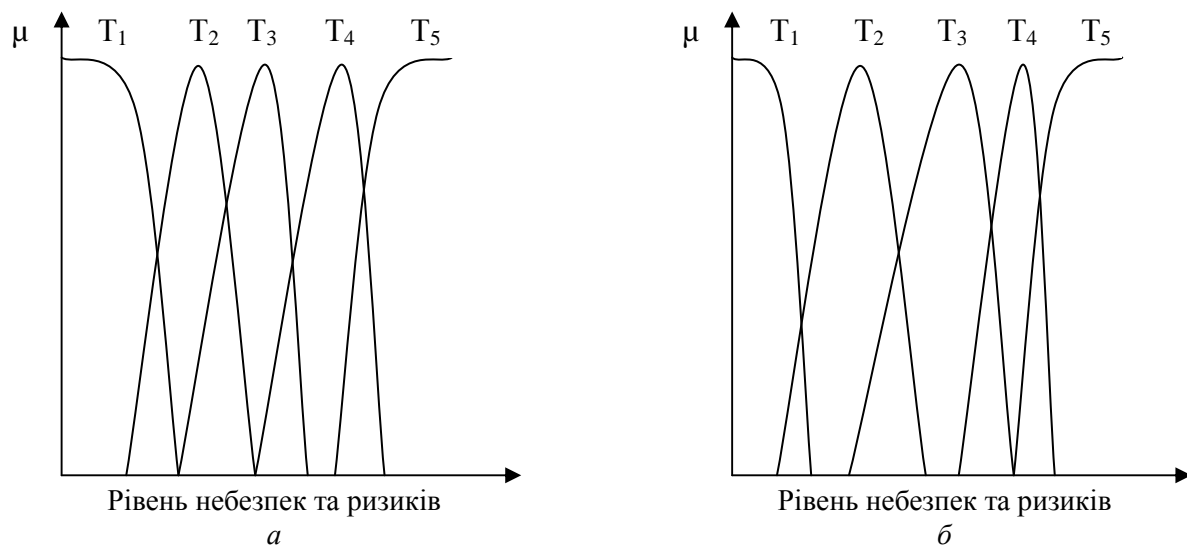


Рис. 2. Функція належності лінгвістичної змінної «рівень загроз та ризиків»:
 a – імовірність події;
 b – значущість наслідків

Для керування безпекою польотів необхідно оцінити фактори ризику для безпеки польотів, пов'язані з наслідками факторів небезпеки, шляхом надання кожному фактору ризику для безпеки польотів певного індексу.

Кожен фактор небезпеки може генерувати одне або декілька наслідків, а кожен наслідок може оцінюватися як один або декілька чинників ризику для безпеки польотів. Тому першим кроком у процесі зменшення (контролю) факторів ризику для безпеки польотів є виявлення небезпеки/наслідків і оцінювання факторів ризику для безпеки польотів.

Після виявлення факторів небезпеки і наслідків та кількісно-якісного зіставлення факторів ризику для безпеки польотів за допомогою теорії нечітких множин необхідно оцінити ефективність і дієвість існуючих засобів захисту авіаційної системи (техніка, підготовка і нормативні положення) відносно даних факторів небезпеки і наслідків.

Література

1. *Енциклопедія безпеки авіації* / М.С. Кулик, В.П. Харченко, Ю.В. Чинченко и др. – К.: Техніка, 2008. – 1000 с.
2. *DOC 9859. Руководство по управлению безопасностью полетов.* – Монреаль: ИКАО, 2009. – 318 с.
3. *Козлов В.В. Безопасность полетов: от обеспечения к управлению* / В.В. Козлов. – М.: Аэрофлот, 2010. – 270 с.
4. *Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования* / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
5. *Герасимов Б.М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации* / Б.М. Герасимов, Г.Г. Грабовский, Н.А. Рюмшин. – К.: Техніка, 2002. – 140 с.