

УДК 510.22.001.57:656.7.052(045)

О.М. РЕВА¹, С.П. БОРСУК²¹ *Кіровоградський національний технічний університет, Україна*² *Національний авіаційний університет, Київ, Україна*

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ СТАВЛЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРА ДО РИЗИКУ НАСТАННЯ ПОТЕНЦІЙНО-КОНФЛІКТНОЇ СИТУАЦІЇ

Враховуючи вплив людського чинника на безпеку аеронавігаційної системи та застосовуючи методи організаційної ергономіки, лінгвістичних змінних та нечітких множин, запропонована методика формування тренажерних вправ для авіадиспетчерів, спираючись на їх ставлення до окремих відстаней усередині нормативно встановлених інтервалів ешелонування. Обґрунтована розмірність терм-множини і побудовані функції належності лінгвістичної змінної «ризик виникнення потенційно-конфліктної ситуації», яка є моделлю ставлення авіадиспетчерів до зменшення норм ешелонування при управлінні повітряним рухом. Спираючись на отримані результати, показана можливість кількісного розв'язання «трикутника ризиків» ІКАО.

Ключові слова: безпека польотів, людський чинник, авіадиспетчер, потенційно-конфліктна ситуація, нечітка модель ставлення до відстані між літаками, кількісно-лінгвістичні оцінки ризику.

Постановка проблеми

За прогнозами ІКАО обсяг світових регулярних перевезень, вимірюваний у виконаних пасажирокілометрах, «найімовірніше», зростатиме в середньому щорічно на 4,6% аж до 2025 р. Очікується, що міжнародні перевезення збільшуватимуться на 5,3% на рік, а внутрішні перевезення – в середньому 3,4% на рік [1]. Закономірно, що паралельно з цим прогнозом був розроблений Глобальний план забезпечення безпеки польотів (ГПБП) [2], у якому зазначено, що безпека польотів (БП) є «очікуваною характеристикою» авіаційної транспортної системи (АТС). Авіаперевезення вже вважаються найбезпечнішим видом транспорту, тому завдання, що стоїть перед галуззю і регламентуючими органами, полягає в тому, щоб зробити безпечну систему ще більш безпечнішою. Очікується, що зацікавлені сторони в авіаційному співтоваристві досягнуть «зниження глобальних показників ризику авіаційних пригод в комерційній авіації». При цьому виникає актуальне питання про оптимальні способи кваліметрії цього ризику, а також пов'язаних з ним змін, що реалізуються завдяки ефективному виконанню ГПБП і так званої «дорожньої карти» забезпечення БП.

Враховуючи вплив людського чинника (ЛЧ) на надійність функціонування АТС, зокрема аеронавігаційних систем (АНС), в контексті наведеного значимо, що авіадиспетчери (А/Д) при звичайному виконанні своїх службових обов'язків з управління повітряним рухом (УПР) повинні уміти застосовувати такі заходи протидії, щоб погрози, помилки і небажані стани не призвели до зниження порогового

рівня БП. Йдеться, скажімо, про контрольні карти, інструктажі і стандартні експлуатаційні процедури, а також індивідуальні стратегічні і тактичні прийоми.

Як було встановлено за наслідками спостережень, льотні екіпажі в ході виконання польоту приділяють багато часу і енергії вживанню заходів протидії в цілях забезпечення порогового рівня БП. Емпіричні спостереження, проведені в ході професійної підготовки (ПП) і перевірок, свідчать про те, що більше 70% свого робочого часу льотні екіпажі витрачають на діяльність, пов'язану з вживанням заходів протидії. Імовірно аналогічний сценарій застосований і до УПР [3]. І цілком зрозуміло, що знання, вміння, навички (ЗВН) такої протидії слід формувати в процесі саме ПП. Однак, ПП А/Д хоча і грає фундаментальну роль в АНС CNS/ATM [4], проте опанування ЗВН в технічній області професійної діяльності само по собі ще не гарантує високої надійності і ефективності праці на робочих місцях. Тому в теперішній час розробляються спеціальні навчальні програми по оптимізації праці А/Д згідно відповідних вимог [5]. І хоча ПП А/Д, у тому числі в області ЛЧ, має певні позитиви, вона була б незрівняно більш ефективною, якщо б враховувала особливості ЛЧ, зокрема, ставлення до ризику.

1. Аналіз досліджень і публікацій

В контексті цієї статті під ризиком, враховуючи [6], розумітимемо можливість настання небажаної ситуації в АНС. ІКАО якісно класифікує ризик за допомогою імовірності (чи шансів) наявності небезпечної події чи стану (табл. 1) [7].

Таблиця 1

Якісні (лінгвістичні) категорії чинників ризику для безпеки польотів

| Категорія ризику | Характеристика | Ступінь (величина) |
|---------------------|--|--------------------|
| Часто | Може відбутися багато разів (відбувалося часто) | 5 |
| Іноді | Може відбуватися час від часу (відбувалося нечасто) | 4 |
| Вельми рідко | Маловірогідно, але можливо, що відбудеться (відбувалося рідко) | 3 |
| Маловірогідно | Вельми мала імовірність, що відбудеться (немає інформації, що відбулося) | 2 |
| Украй маловірогідно | Можливість настання події майже виключена | 1 |

Дані табл. 1 є, скоріше, концептуальними, їх нескладно пристосувати пропорційно до конкретних потреб і складнощів виробничих операцій в АНС.

Таким чином, серйозність чинників ризику для БП визначається як можливі наслідки небезпечної події або стану, при цьому за базову абсолютно справедливо береться щонайгірша очікувана ситуація. Адже такий підхід віднесений в системному аналізі до «принципу зняття невизначеності» [8, 9], коли при розв'язанні проблемної ситуації прогнозується найгірший її розвиток, а потім повертаються до початкової позиції і здійснюють заходи щодо її запобігання. В табл. 2 подана типова характеристика серйозності чинників ризику для БП.

Враховуючи [10 – 12], шкали якісної кваліметрії категорій ризику і небезпеки подій можна уявити як терм-множину (множину термінів) відповідної лінгвістичної змінної (ЛЗ):

$$T^M(\text{категорія ризику}) = \begin{matrix} \text{Ч} & \text{І} & \text{ВР} \\ \text{часто} + \text{іноді} + \text{вельми} \\ \text{МВ} & \text{УМ} \\ \text{рідко} + \text{маловірогідно} + \text{украї маловірогідно} \end{matrix}, (1)$$

$$T^M(\text{небезпека події}) = \begin{matrix} \text{К} \\ \text{катастрофічна} + \\ \text{НБ} & \text{С} & \text{НЗ} & \text{Н} \\ \text{небезпечна} + \text{суттєва} + \text{незначна} + \text{нікчемна} \end{matrix}, (2)$$

де «+» у формулах (1), (2) – це позначка операції логічного підсумовування термінів.

Зіставляючи дані табл. 1 і 2, було отримане якісне співвідношення імовірності і серйозності ризику в АНС, що сприятиме розв'язанню так званого «трикутника ризиків» ІКАО [10]. Однак, розмірність шкал категорій ризику і небезпеки подій не обгрунтована. З іншого боку, не зрозуміло, при якому саме аргументі слід будувати відповідні функції належності (ФН) вказаних ЛЗ.

У праці [13] поняття «ризик» розглядається в ракурсі відповідної ЛЗ, структура якої подана на рис. 1. Тоді оцінювання експертом-фахівцем стану елемента (чи системи в цілому) і співвіднесення з цим станом певного ризику є задачею ПР (ЗПР) щодо вибору однієї альтернативи з їх заданої множини.

Таблиця 2

Небезпека чинників ризику для безпеки польотів

| Небезпека події | Характеристика наслідку | Ступінь |
|-----------------|--|---------|
| Катастрофічна | – знищення обладнання; – чисельні людські жертви | А |
| Небезпечна | – значне зменшення "запасу міцності безпеки", фізичний стрес чи таке робоче навантаження, що немає упевненості в правильному і повному виконанні А/Д своїх завдань; – серйозні тілесні ушкодження; – значний збиток устаткуванню | В |
| Суттєва | – істотне зменшення "запасу міцності безпеки", А/Д не повною мірою здатні подолати несприятливі експлуатаційні умови із-за збільшення робочого навантаження або унаслідок умов що знижують ефективність їх праці; – серйозний інцидент; – тілесні ушкодження | С |
| Незначна | – незручність; – виробничі обмеження; – застосування правил на випадок аварійної ситуації.; – незначний інцидент. | Д |
| Нікчемна | – малозначущі наслідки | Е |

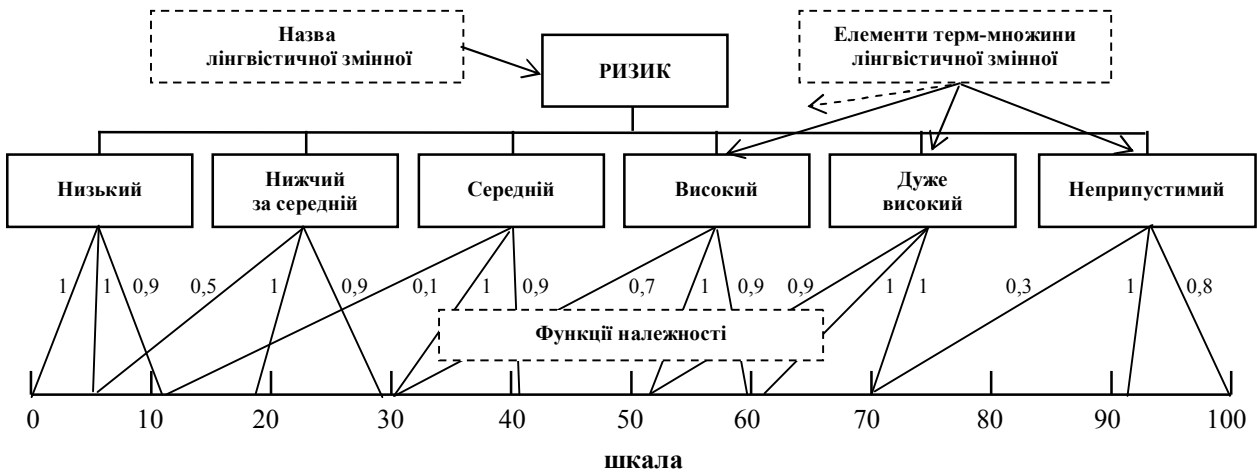


Рис. 1. Гіпотетичне подання ієрархічної структури лінгвістичної змінної «ризик»

Множинами альтернатив (варіантів вибору) у даному разі й є терм-множина (ТМ) ЛЗ, якими зображуються властивості досліджуваної АНС.

Схильність до ризику кожного окремого випробуваного експерта-А/Д в такому випадку можна виявити в процесі формування групового рішення (тобто, побудови ФН ЛЗ «ризик») щодо оцінювання різними А/Д однакової ситуації шляхом аналізу тенденцій відповідних оцінок, які вони надають.

Однак, слід зауважити, що:

- по-перше, як і у попередньому випадку з рекомендаціями ІКАО, не обґрунтована розмірність ЛЗ «ризик»;

- по-друге, не зрозумілий фізичний зміст абсолютно-нормованої шкали аргументу ФН, які мають бути побудовані.

2. Постановка задачі досліджень

Отже, виходячи з поданого аналізу, уявляється можливим здійснити змішану кількісно-якісну оцінку ризику настання небезпечної події в АНС шляхом застосування методів організаційної ергономіки та нечітких множин [12 – 14]. Такими небезпечними подіями при УПР є потенційно-конфліктні ситуації (ПКС), які виникають, якщо відстань між керованими повітряними судами (ПС) в зоні відповідальності А/Д менше встановлених норм ешелонування [15]. Причому отримані ФН ЛЗ «ризик виникнення ПКС (РВПКС)» слід застосувати для кількісного розв’язання так званого «трикутника ризиків» ІКАО [7].

Враховуючи, що важливішу роль в формуванні і підтримці на регламентованому рівні професійних ЗВН безпосереднього УПР грає тренажер, отримані результати мають бути покладені в основу відповідних програм ПП.

Наведене й є *метою* цієї публікації. При цьому

особлива увага має бути приділена коректності збору експертної інформації, оскільки когнітивні чинники грають суттєвішу роль в процесах ПР А/Д [16].

3. Функції належності лінгвістичної змінної «РВПКС» як нечіткі моделі ставлення авіадиспетчерів до зменшення норм ешелонування

До досліджень були залучені 132 студенти (курсанти)-А/Д Національного авіаційного університету (НАУ) та Кіровоградської льотної академії НАУ усіх курсів навчання. Завдання опитування полягало у виявленні ними особистого ставлення до ризику виникнення ПКС при порушенні встановленого інтервалу між ПС (рис. 2). При цьому вони користувалися термами, що утворюють ТМ ЛЗ «РВПКС», тобто такого зближення ПС, що одночасно знаходяться на управлінні у А/Д, коли уникнути реальної загрози БП не вдається:

$$T^M(\text{РВПКС}) = \begin{matrix} \text{ДВ} & \text{В} \\ \text{дуже високий} + & \text{високий} + \\ \text{ВС} & \text{З} & \text{НВ} \\ \text{+ вище за середній} + & \text{звичайний} + & \text{невисокий} + \\ \text{Н} & \text{ДН} \\ \text{+ низький} + & \text{дуже низький}. \end{matrix} \quad (3)$$



Рис. 2. Ілюстрація збору експертної інформації щодо ризику виникнення потенційно-конфліктної ситуації в залежності від відстані між повітряними судами

Розмірність шкали (3) була вибрана не випадково. По-перше, одна з рекомендацій ІКАО пов’язана з

оцінюванням ЗВН пілотів саме у 6-тибальній якісній шкалі [12, 17]. По-друге, при формуванні будь-яких якісних шкал слід дотримуватися принципу «... погано – ... – нейтрально – ... – добре – ...» [9, 12, 18, 19], чого неможливо досягти при парній кількості її термів. По-третє, саме пропонується нами розмірність покладена в основу так званого «магічного числа» Міллера (G. Miller) [14, 20, 21], яке відповідає середньому об'єму оперативної пам'яті людини (7 ± 2 оперативних одиниці). З цього, по-четверте, витікає, що її застосування не викликає необхідності здійснення у свідомості експерта двохкрокової процедури оцінювання, як у випадку застосування шкал більшої розмірності [9, 12, 22]. І хоча розмірність шкал, що прийнята у рекомендаціях ІКАО з якісного оцінювання категорії ризику та небезпеки події (табл. 1, 2) також укладається в границі «магічного числа», однак, по-п'яте, більша розмірність, пропонується нами, є більш ефективною з точки зору забезпечення диференціації випробуваних.

Досліджувана відстань, що вказана на рис. 2 і дорівнює 20 км, відповідає встановленим ІКАО нормам ешелонування для випадків, коли здійснюється УПР ПС, що знаходяться на одному і тому ж крейсерському ешелоні (на одній і тій же лінії шляху, чи на лініях шляху, що перетинаються) при використанні DME та/або GNSS. При цьому ПС, що летить попереду, витримує дійсну повітряну швидкість, яка на 37 км/ч (20 узлів) або більш перевищує швидкість наступного за ним ПС [16].

З рис. 2 витікає також, що для збору експертної інформації фактично застосовується шкала Купера-Харпера, що майже 60 (!) років успішно використовується для приведення у відповідність кількісних значень динамічних характеристик літака (або ПС і тренажера) з якісними оцінками льотчиків [12, 23, 24]. Тільки замість так званої «10-сантиметрової лінійки», якій властиві усі унікальні особливості абсолютної шкали вимірювань [9, 12, 25], авторами застосована теж абсолютна, але вже «20-тисанти-метрова», що значно полегшує початкову обробку експертної інформації.

Отже, відбір експертної інформації здійснюється методом «точки на заданій шкалі ознаки» [19]. Це й обумовило адекватний вибір такого методу побудови ФН ЛЗ «РВПКС», що базується на «матриці підказок» [26] і пройшов добру апробацію в авіаційних дослідженнях [12, 27, 28 та ін.].

Внаслідок наведеного були побудовані шукані емпіричні ФН ЛЗ «РВПКС», які подані на рис. 3, а).

Аналіз даних рис. 3, а) почнемо з точок А, В, С, D, E, F перетину сусідніх термів-якісних оцінок ризику, орієнтуючись при цьому на так звану *точку переходу*, введеному Л. Заде [10]. Ця умовна точка має

значення ФН, що дорівнює 0,5: $\mu(S) = 0,5$. І якщо досліджувана відстань між ПС буде мати значення ФН, більше за точку переходу ($\mu(S) > 0,5$), будемо вважати що вона *скоріше належить* до відповідного терму-лінгвістичної оцінки ризику, в протилежному випадку ($\mu(S) \leq 0,5$) – *скоріше не належить*.

Як витікає з аналізу рис. 3, а), усі досліджувані точки А, В, С, D, E, F перетину сусідніх термів мають значення ФН ЛЗ «РВПКС», більші за величину точки переходу:

$$\mu(S_A = 2,2 \text{ км}) = 0,6 > 0,5 ;$$

$$\mu(S_B = 8 \text{ км}) = 0,95 > 0,5 ;$$

$$\mu(S_C = 12 \text{ км}) = 0,98 > 0,5 ;$$

$$\mu(S_D = 14,6 \text{ км}) = 0,87 > 0,5 ;$$

$$\mu(S_E = 17,8 \text{ км}) = 0,74 > 0,5 ;$$

$$\mu(S_F = 19,2 \text{ км}) = 0,68 > 0,5 ,$$

з чого можна зробити ґрунтовний висновок, що випробувані студенти (курсанти)-А/Д чітко уявляють кількісний перехід від однієї якісної оцінки-терма РВПКС до іншої. Тому, відстані між цими реперними точками *скоріше належать* відповідній якісній оцінці ризику. Внаслідок цього нескладно встановити кількісні оцінки інтервалів, що відповідають певним якісним оцінкам (табл. 3).

Таблиця 3

Кількісно-якісна диференціація ризику виникнення потенційно-конфліктної ситуації

| Ризик виникнення потенційно-конфліктної ситуації | Відстань між повітряними судами, км |
|--|-------------------------------------|
| Дуже високий | $0 < S \leq 2,2$ |
| Високий | $2,2 < S \leq 8$ |
| Вище за середній | $8 < S \leq 12$ |
| Звичайний | $12 < S \leq 14,6$ |
| Невисокий | $14,6 < S \leq 17,8$ |
| Низький | $17,8 < S \leq 19,2$ |
| Дуже низький | $19,2 < S$ |

Вкажемо, що при аналізі даних опитування було встановлено, що в деяких випробуваних виникли труднощі з застосуванням усього спектра оцінок шкали (3). Тому необхідно провести спеціальні дослідження з виявлення ступеня невизначеності цієї шкали в їх уяві, скажімо, за допомогою нечіткої ентропії [11], можливість застосування якої в процесах професійної підготовки (ПП) пілотів була доведена одним зі співавторів [29].

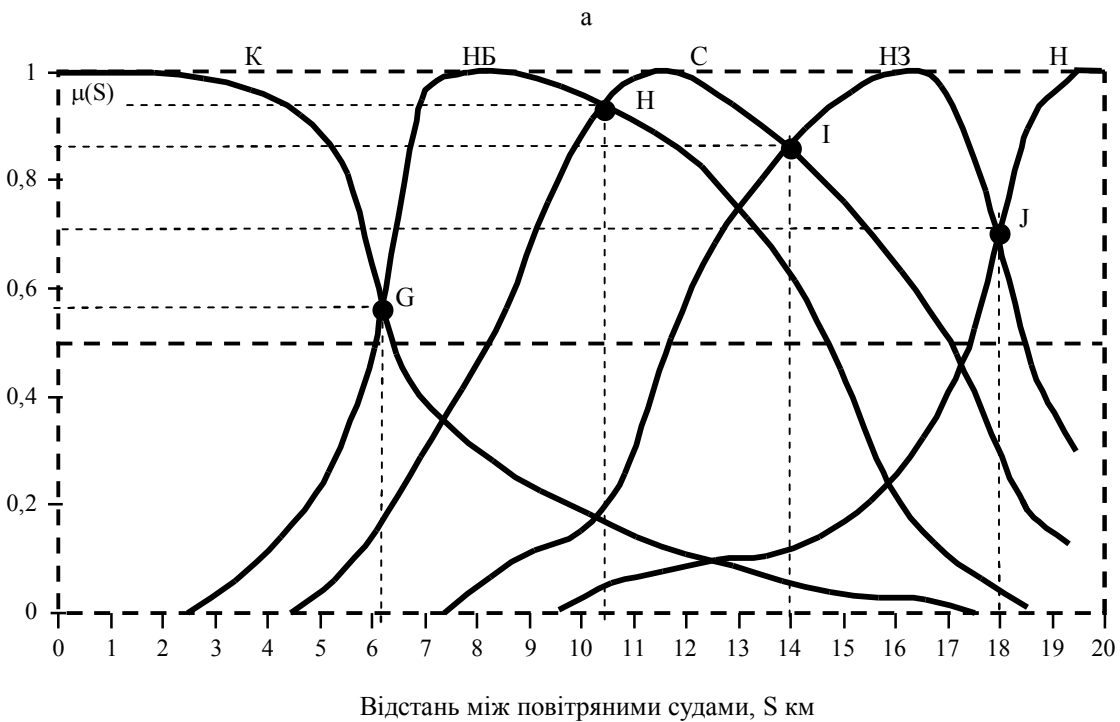
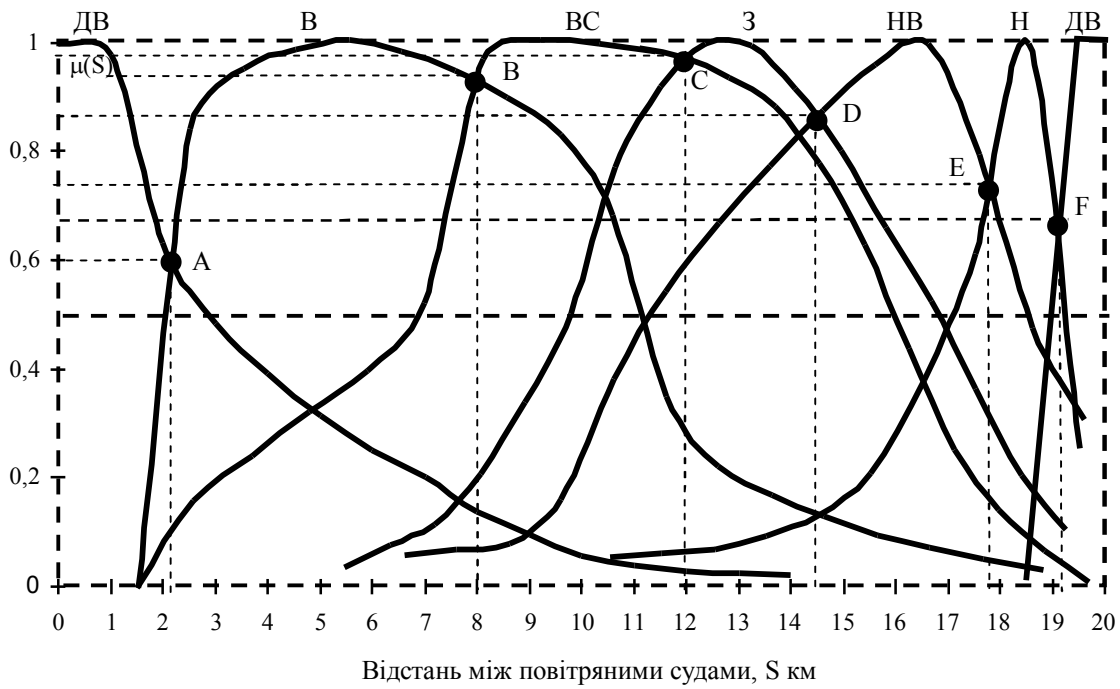


Рис. 3. Функції належності лінгвістичної змінної «ризик виникнення потенційно-конфліктної ситуації» як нечітка модель ставлення авіадиспетчера до погіршення норм ешелонування:
 а – для експериментальної шкали; б – для шкали «небезпека події» ІКАО

Емпіричні «норми» РВПКС (табл. 3) слід застосувати для моделювання повітряної обстановки на диспетчерських тренажерах під час ПП А/Д. При цьому необхідно застосовувати і індивідуальні результати, аналіз яких було б доцільно проводити у відповідності з рекомендаціями М.А. Котика [30].

Адже дійсно, чим більшу якісну оцінку небез-

пеки застосовує випробуваний для більшої відстані між ПС, тим більшу мотивацію він має на уникнення відповідного ризику. Наведене безперечно доводить навіть узагальнені ФН (рис. 3, а). Скажімо, серед опитуваних є певний прошарок, який вважає, що «дуже високий» РВПКС може спостерігатися, якщо відстань між ПС на крейсерському

ешелоні погіршитися до 13 км, в той час, як для абсолютної більшості випробуваних студентів (курсантів)-А/Д ця відстань між ПС відповідає «звичайному» ризику.

Однак, для приведення у відповідність «норм» табл. 3 з рекомендаціями ІКАО щодо якісної оцінки небезпеки подій при УПР (табл. 2), які визначені у різних за розмірністю ТМ, необхідно згадати, що при формуванні шкали (3) був застосований модифікатор «дуже». І саме за його допомогою граничні оцінки шкали звичайно отримуються з попередніх шляхом застосування нечітких операцій «концентрації» і «розтягання» [9, 11, 12, 18, 19, 22]:

$$\begin{cases} \mu_{\text{дуже великий}}(S) = \mu_{\text{великий}}^2(S), \\ \mu_{\text{дуже низький}}(S) = \mu_{\text{низький}}^{0,5}(S), \end{cases} \quad (4)$$

що відкриває перспективи для їх об'єднання при аналізі даних опитування випробуваних. Саме таким чином, проводячи зворотню (4) операцію, й були отримані відповідні ФН (рис. 3, б).

Як витікає з рис. 3, б), усі точки D, H, I, J перетину сусідніх термів мають значення ФН, більші за значення точки переходу 0,5:

$$\mu(S_G = 6,2 \text{ км}) = 0,57 > 0,5;$$

$$\mu(S_H = 10,4 \text{ км}) = 0,95 > 0,5;$$

$$\mu(S_I = 14 \text{ км}) = 0,87 > 0,5;$$

$$\mu(S_J = 18 \text{ км}) = 0,74 > 0,5.$$

Таким чином, і в цьому випадку йдеться про чітке кількісно-якісне розрізнення в уяві випробуваних студентів (курсантів)-А/Д відстаней між ПС на крейсерському ешелоні. А це дає можливість зіставити відповідні інтервали ешелонування, що знаходяться між досліджуваними реперними точками, з якісними показниками «трикутника ризиків ІКАО» і фактично розв'язати його (рис. 4).

Висновки

Узагальнюючи отримані і подані в цій статті нові наукові результати, вкажемо на такі найбільш суттєві з них.

1. Враховуючи вплив ЛЧ на безпеку АНС та застосовуючи методи організаційної ергономіки, ЛЗ та НМ, уперше запропонований підхід до формування тренажерних вправ для майбутніх А/Д, спираючись на їх ставлення до окремих відстаней усередині нормативно встановлених інтервалів ешелонування.

2. Спираючись на «магічне число» Міллера, обґрунтована 7-мирангова якісна розмірність ТМ і

побудовані ФН ЛЗ «РВПКС» при аргументі - континуумі регламентованої ІКАО 20-тикілометрової відстані між ПС на крейсерському ешелоні, яка є фактичною моделлю ставлення А/Д до зменшення норм ешелонування при УПР. Встановлена кількісно-якісна «норма» ризику ПКС.

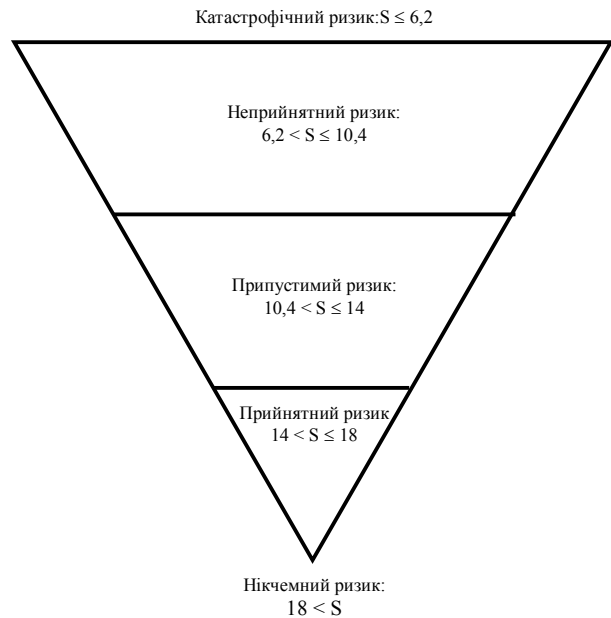


Рис. 4. Пропозиції щодо кількісно-якісного розв'язання рівнів «трикутника ризиків» ІКАО

3. При формуванні експериментальної шкали ТМ ЛЗ «РВПКС» був застосований модифікатор «дуже», що дало змогу отримати її граничні терми за допомогою таких нечітких операцій, як «концентрація» і «розтягання». Спираючись на це, здійснений зворотній перехід від розмірності експериментальної шкали до 5-тирангової шкали небезпеки подій ІКАО, що дозволило кількісно розв'язати «трикутник ризиків» ІКАО. Такий підхід пропонується уперше і разом з рекомендаціями праць [31-33] щодо аналізу рівнів «трикутника ризиків» за допомогою аргументів характерних точок функцій корисності відстаней між ПС дозволяє більш повно і всебічно вирішити проблеми нормування ризику в АНС. Оскільки інші результати кількісного розв'язання «трикутника ризиків» авторам невідомі, то наведене свідчить про пріоритет української науки в даному напрямку досліджень.

4. Подальші дослідження слід проводити в напрямках:

- отримання «сімейства» ФП ЛЗ «РВПКС» для усього спектру норм ешелонування, що застосовується при УПР;

- реальної проактивної ПП А/Д до УПР в умовах зменшення норм ешелонування;

- оцінювання ступеня розрізнення термів шка-

ли оцінювання експертами шляхом обчислення відповідної нечіткої ентропії.

Література

1. Прогноз развития воздушного транспорта до 2025 года [Текст]: Cir. ICAO 313 – AT / 134. – Монреаль: Канада, 2007. – 62 с.
2. Глобальный план обеспечения безопасности полетов [Текст]. – Монреаль: Канада, – 2007. – 25 с.
3. Контроль факторов угрозы и ошибок (КЮО) при управлении воздушным движением [Текст]: Cir. ICAO 314 – AN / 178. – Монреаль: Канада, 2008. – 34 с.
4. Человеческий фактор в системах CNS / ATM [Текст] // Человеческий фактор: сб. материалов №11. - Cir. ICAO 249 – AN / 149. – Монреаль: Канада, 1994. – 46 с.
5. Выдача свидетельств авиационному персоналу [Текст]: Приложение 1 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Монреаль: Канада, июль 2011. – 150 с.
6. Рева, О.М. Проактивне оцінювання ставлення льотного персоналу до ризику та безпечної діяльності [Текст] / О.М. Рева // Вісник Національного авіац. ун-ту. – 2007. – № 2. – С. 36-42.
7. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Текст] // Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Монреаль: Канада, 2009. – 314 с.
8. Губанов, А. А. Введение в системный анализ [Текст]: учеб. пособие / А. А. Губанов, В. В. Захаров, А. Н. Коваленко; науч. ред. Л. А. Петросян. - Л.: ЛГУ, 1988. - 288 с.
9. Камшин, В.В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу [Текст]: моногр. / В.В. Камшин, О.М. Рева. – К.: Інформаційні системи, 2012. – 270 с.
10. Заде, Л. Понятие лингвистической перенной и его применение к принятию приближенных решений [Текст]: пер. с англ. / Л. Заде; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
11. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст]: пер. с франц. / А. Кофман; под ред. С. И. Травкина. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
12. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування [Текст]: моногр. / О.М. Рева, В.В. Камшин, В.А. Шульгін, С.В. Недбай; за ред. О.М. Реви. – Рівне: Овід, 2010. – 106 с.
13. Безпека авіації [Текст] / В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.О. Максимов [та ін.]; за ред. В.П. Бабака. – К.: Техніка, 2004. – 584 с.
14. Герасимов, Б.М. Організаційна ергономіка: Методи та алгоритми досліджень і проектування [Текст]: моногр. / Б.М. Герасимов. В.В. Камшин. – К.: Інфосистем, 2009. – 212 с.
15. Извалов, А.В. Моделирование смены режима полета воздушного судна при генерации потенциально-конфликтных ситуаций [Текст] /

А.В. Извалов // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2012. – № 5(57). – С. 236-240.

16. Единые принципы моделирования риска столкновения в обоснование Руководства по методике планирования воздушного пространства для определения минимума эшелонирования [Текст] // Cir. ICAO 319 – AN / 181 (Doc. 9689). – Монреаль: Канада, 2009. – 70 с.
17. Руководство по обучению [Текст]: Doc. ICAO 7192-AN/857. Часть В-5. - Комплексный курс подготовки пилотов коммерческой авиации (Курс № 236 ИКАО): Для подготовки пилотов в соответствии со стандартами по выдаче свидетельств пилота коммерческой авиации (самолет) квалификационной отметкой о классе "многодвигательный самолет" (сухопутный). Т.1. - Подробное описание курса. – Монреаль: Канада, 1985. - 344 с.
18. Шапиро, Д.И. Принятие решений в системах организационного управления: Использование расплывчатых категорий [Текст] / Д.И. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.
19. Надежность и эффективность в технике: справ. в 10 т. - Т.3: Эффективность технических систем [Текст] / под общ. ред В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
20. Miller, G. The magical number seven, plus or minus two: some limits on or capacity for processing information [Text] / G. Miller // Psychological Review. – 1956. – № 63. – P. 81-97.
21. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений [Текст]: пер. с польск. / Ю. Козелецкий; под ред. Б.В. Бирюкова. – М.: Прогресс, 1979. – 504 с.
22. Шульгін, В.А. Формування терм-множини лінгвістичної змінної "Точність пілотування" [Текст] / В.А. Шульгін // Наукові праці академії. – Вип. VIII. – Кіровоград: ДЛАУ, 2004. – С. 205-216.
23. Cooper, G.E. Understanding and interpreting pilot opinion [Text] / G.E. Cooper // Aeronautical Engineering Review. – 1957. – № 3. – P. 47-51.
24. Доброленский, Ю.П. Методы инженерно-психологических исследований в авиации [Текст] / Ю.П. Доброленский, Н.Д. Завалова, В.А. Пономаренко, В.А. Туваев; под ред. Ю.П. Доброленского. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
25. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ [Текст]: учеб. пособие / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
26. Борисов, А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования [Текст] / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. - 184 с.
27. Рева, О.М. Матрица підказок для побудови функції належності лінгвістичної змінної "подібність (відповідність)" літака та тренажерного засобу [Текст] / О.М. Рева // Наукові праці академії. – Вип. IV, Ч. I. – Кіровоград: ДЛАУ, 1999. – С. 151-160.
28. Харченко, В.П. Прийняття рішень опера-

тором аеронавігаційної системи [Текст]: моногр. / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2012. – 292 с.

29. Рева А.Н. Эргономические основы первоначальной профессиональной подготовки пилотов [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.14 / Рева Алексей Николаевич; Киевский международный ун-т гражданской авиации. – К., 1996. – 376 с.

30. Котик, М.А. Психология и безопасность [Текст] / М.А. Котик. – Таллин: Валгус, 1989. – 408 с.

31. Фоменко, Ю.М. Трикутник ризику в системному аналізі професійної діяльності авіа-

диспетчерів [Текст] / Ю.М. Фоменко // Проблеми інформатизації та управління: зб. наук.праць. – К.: КНАУ, 2006. – № 3. – С. 147-151.

32. Рева, О.М. Проактивне оцінювання ставлення льотного персоналу до ризику та безпечної діяльності [Текст] / О.М. Рева // Вісник Національного авіац. ун-ту. – 2007. – № 2. – С. 36-42.

33. Рева, О.М. Проактивне управління ризиками за людським фактором у цивільній авіації [Текст] / О.М. Рева, С.І. Осадчий, О.М. Медведенко, Ю.М. Фоменко // Залізничний транспорт України. – 2008. – № 6. – С. 54-59.

Поступила в редакцію 31.05.2013, рассмотрена на редколлегии 17.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри конструкції авіаційних двигунів С.В. Єпіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОТНОШЕНИЯ АВИДИСПЕТЧЕРА К РИСКУ НАСТУПЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО КОНФЛИКТНОЙ СИТУАЦИИ

А.Н. Рева, С.П. Борсук

Учитывая влияние человеческого фактора на безопасность аэронавигационной системы и применяя методы организационной эргономики, лингвистических переменных и нечетких множеств, предложена методика формирования тренажерных упражнений для авиадиспетчеров, опираясь на их отношение к отдельным расстояниям внутри нормативно установленных интервалов эшелонирования воздушного пространства. Обоснована размерность терм-множества и построены функции принадлежности лингвистической переменной «риск возникновения потенциально-конфликтной ситуации», которые являются моделью отношения авиадиспетчера к уменьшению норм эшелонирования при управлении воздушным движением. Опираясь на полученные результаты, показана возможность количественного решения «треугольника рисков» ИКАО.

Ключевые слова: безопасность полетов, человеческий фактор, авиадиспетчер, потенциально-конфликтная ситуация, нечеткая модель отношения к расстоянию между самолетами, количественно-лингвистические оценки риска.

FUZZY MODEL OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS ATTITUDE TO THE RISK OF POTENTIAL CONFLICTS SITUATION APPEARANCE

A.N. Reva, S.P. Borsuk

Taking into account influence of human factor upon the air-navigation system safety and applying methods of organizational ergonomics, linguistic variables and fuzzy sets, method of air traffic controllers training exercises composition is proposed basing on their attitude to the certain distances in ranges set by guidelines for air space separation. Term multitude sizes are explained and membership functions for linguistic variable "distance between aircrafts" are built. These functions are model of air traffic controllers attitude to the air space standards minimization during air traffic control. On the base of results the quantitative way to solve ICAO risk triangle is shown.

Key words: air flights safety, human factor, air traffic controller, potential conflict, fuzzy model of attitude to the distances between aircrafts, quantitative linguistic estimates of risk.

Рева Олексій Миколайович – д-р техн. наук, проф., проф. каф. автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, e-mail: ran54@meta.ua.

Борсук Сергій Павлович – канд. техн. наук, докторант Національного авіаційного університету, e-mail: grey1s@yandex.ua.