

## **НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ СТАВЛЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ ДО ПОРУШЕННЯ НОРМИ ЕШЕЛОНУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

*З урахуванням суттєвого впливу наслідків помилок авіадиспетчерів у професійній діяльності на безпеку польотів побудовано нечіткі моделі виявлення їх ставлення до ризику порушень стандартних експлуатаційних процедур, а саме норми ешелонування повітряного простору  $S = 10 \text{ km}$ . Відповідну терм-множину небезпеки події побудовано згідно з диференціацією ризиків Міжнародної організації цивільної авіації ІКАО (International Civil Aviation Organization), що дало змогу розв'язати «трикутник ризику», рекомендований нею для управління безпекою польотів.*

**Постановка проблеми.** В умовах усе зростаючих об'ємів авіаперевезень у світовій цивільній авіації (ЦА), перманентного збільшення інтенсивності використання повітряних суден (ПС) неминуче зростають вимоги щодо забезпечення безпеки польотів (БП). Нагальна необхідність вирішення цієї проблеми зумовила пошук і розробку нових методів оцінювання рівня БП, формування теоретичних основ збереження льотної придатності ПС і забезпечення ефективного обслуговування повітряного руху (ОПР). При цьому слід розуміти, що в усіх випадках, пов'язаних з дослідженнями в ЦА, присутній в явному або неявному вигляді «людський чинник» (ЛЧ) як один з найважливіших аспектів БП [1, 2]. У складній полієргатичній цілеспрямованій системі керування «льотний екіпаж – ПС – середовище – орган ОПР» помилка авіаційного оператора (АО) має суттєві негативні наслідки для БП. Тому дослідження ЛЧ, насамперед, проактивне, пов'язане із своєчасним виявленням чинників загроз і помилок та запобіганням їм, а отже, воно є перманентно актуальним завданням [3, 4].

**Огляд останніх досліджень і публікацій.** Статистика свідчить, що абсолютна більшість помилок допускається АО «переднього краю» (авіадиспетчери (АД), члени льотного екіпажу) при виконанні стандартних експлуатаційних процедур (СЕП) [5]. Однак пряме опитування АО щодо прийнятності/неприйнятності цих процедур може викликати побоювання можливого соціального покарання за їх критику і призвести до одностайної підтримки діючих СЕП. Тому надзвичайно цікавими є пропозиції праць [6, 7] щодо непрямого виявлення ставлення респондентів до досліджуваних процедур. Професійну діяльність АО можна уявити як безперервний ланцюг рішень, які виробляються і реалізуються в явних і неявних формах, а також під впливом різних чинників (зовнішніх/внутрішніх, об'єктивних/суб'єктивних), особливо ризиків стохастичної та нестохастичної природи. Саме за таких умов розглядаються дослідження, яким присвячено матеріал статті.

Застосовуючи методологію системного аналізу та теорії прийняття рішень (ПР), у працях [3, 8] розглянуто методи, технології та процедури проактивної побудови й аналізу оцінних функцій корисності – безпеки, що ґрунтуються на обмеженій кількості точок для закритої задачі ПР і формально необмеженій кількості точок для відкритої задачі ПР. У

першому випадку визначають основну домінанту діяльності АО, а саме схильність, несхильність, байдужість до ризику, а також відповідну її міру (зростаюча, спадна, постійна, пропорційна схильність/несхильність до ризику). У другому – знаходять рівень намагань АО як основний системоутворюючий чинник критеріальної цілеспрямованості його професійної діяльності та самооцінки. Оскільки зазначені оцінні функції ґрунтуються на континуумі наперед визначених показників та умов професійної діяльності АО, то, спираючись на характерні точки цих функцій, було реалізовано певні підходи до розв'язання «трикутника ризиків», рекомендованого ІКАО для оцінювання авіаційних ризиків і небезпек та управління ними [9].

У [10] запропоновано методи, технології та процедури побудови вже нечітких моделей ставлення студентів-АД до порушень СЕП, під якими в контексті наших досліджень розумітимемо порушення чинних норм ешелонування повітряного простору, що може призвести до конфліктних ситуацій з різним ступенем небезпеки. Це також дало змогу розв'язати «трикутник ризиків» на основі ординат точок перетину сусідніх термів досліджуваних функцій належності (ФН) відповідної лінгвістичної змінної (ЛЗ).

**Формулювання завдання дослідження.** Слід зазначити, що особливістю розглянутих вище методів є їх яскраво виражений проактивний характер не тільки щодо завчасного виявлення ставлення АО до СЕП, але й завчасного їх навчання розпізнавання небезпечних наслідків порушень цих процедур, що в цілому має позитивний вплив на БП. Однак побудова нечітких моделей ставлення професійних АД до нормативно встановлених умов праці з ОПР має зрозумілу і ще більшу актуальність, ніж для студентів-АД. Тому **метою статті** є побудова нечітких моделей оцінювання ставлення АД до небезпеки порушення норм ешелонування повітряного простору та розв'язання «трикутника ризиків» ІКАО.

**Виклад основного матеріалу. Побудова ФН ЛЗ «рівень небезпеки (РН)» при порушенні норми ешелонування  $S = 10\text{ km}$ .** Досліджується відстань між ПС, що летять одним маршрутом і на одному ешелоні в диспетчерському районі APP (Approach Control – диспетчерське обслуговування заходу на посадку) ТМА (Terminal Control Area – вузловий диспетчерський район), з використанням автоматизованої системи управління повітряним рухом. Таким чином, якщо реальна відстань між ПС  $S \geq 10\text{ km}$ , то йдеться про належне забезпечення БП. В іншому разі, коли норматив не виконується, тобто  $S < 10\text{ km}$ , виникають ризики потенційно конфліктних і навіть катастрофічних ситуацій, небезпеку яких слід оцінити.

Для аналізу небезпек порушень досліджуваної норми ешелонування нами було введено спеціальну шкалу, яка є терм-множиною (множиною термінів) ЛЗ «РН»:

$$T^M (РН) = \overset{ДВ}{\text{дуже високий}} + \overset{В}{\text{високий}} + \overset{ВС}{\text{вище за середній}} + \overset{С}{\text{середній (звичайний)}} + \overset{НС}{\text{нижче за середній}} + \overset{Н}{\text{низький}} + \overset{ДН}{\text{дуже низький}}, \quad (1)$$

де «+» – позначка логічного поєднання термів.

Вибір розмірності шкали (1) та зміст її якісних лінгвістичних оцінок не був випадковим і пояснюється таким чином. По-перше, психофізіологічні можливості АО

щодо розрізнення та запам'ятовування певної кількості об'єктів вимагають, щоб ця розмірність перебувала в межах так званого «магічного числа» Міллера ( $7 \pm 2$ ) [6]. По-друге, побудова будь-якої шкали має відбуватися за ознакою «погано – нейтрально – добре» [11, 12]. По-третє, застосування модифікатора «дуже» дозволяє отримувати сусідні терми за допомогою нечітких операцій [11–14]:

– концентрації:

$$\mu_{\text{дуже великий}}(S) = \mu_{\text{великий}}^2(S); \tag{2}$$

– розтягання:

$$\mu_{\text{дуже низький}}(S) = \mu_{\text{низький}}^{0,5}(S), \tag{3}$$

де  $\mu_{\tilde{R}_k}(S)$  – ФН, тобто число з інтервалу  $[0, 1]$ , яке вказує на ступінь належності конкретної відстані  $S$  до нечіткого терму (якісного лінгвістичного показника небезпеки)  $\tilde{R}_k$ .

Методика досліджень полягає в застосуванні так званої «шкали Купера-Харпера» (рис. 1), яка вже тривалий час використовується для гармонізації кількісних і якісних оцінок досліджуваних об'єктів [15–17]. Отже, йдеться про збір експертної інформації у вигляді «точки на шкалі параметра» [12, 17].



*Рис. 1. Ілюстрація застосування шкали Купера-Харпера для збору експертної інформації щодо небезпеки порушення норми ешелонування*

До досліджень було залучено 70 професійних АД, співробітників Головного центру єдиної системи управління повітряним рухом Азербайджанської Республіки. Згідно з розглянутою методикою від них було отримано експертну інформацію щодо аналізу усього континууму досліджуваної норми ешелонування стосовно диференціації небезпек його порушення. Результати опитувань були систематизовані для подальшої обробки у вигляді спеціальної матриці  $B = \|b_{ij}\|$  (табл. 1). Це зумовило вибір так званої «матриці підказок» [17, 18] для побудови ФН ЛЗ «РН».

*Таблиця 1*

Початкова підготовка експертної інформації для подальшої обробки

| $\tilde{R}_i$ | Інтервали норми ешелонування $S = 10 \text{ km}, j$ |       |       |       |       |       |       |       |       |        | K   |
|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
|               | 0 – 1   | 1 – 2 | 2 – 3 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 6 | 6 – 7 | 7 – 8 | 8 – 9 | 9 – 10 |     |
| 1             | 2   | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11     | 12  |
| ДВ            | 70  | 60    | 38    | 13    | 2     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 183 |
| В             | 1   | 11    | 27    | 40    | 34    | 13    | 4     | 2     | 1     | 0      | 133 |

Продовження табл. 1

|    |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| BC | 0 | 0 | 6 | 17 | 25 | 29 | 18 | 13 | 6  | 1  | 115 |
| C  | 0 | 0 | 0 | 1  | 10 | 18 | 26 | 10 | 6  | 6  | 77  |
| HC | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 10 | 20 | 29 | 16 | 5  | 80  |
| H  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 3  | 16 | 33 | 13 | 66  |
| ДН | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 9  | 46 | 56  |

Зазначена «матриця підказок»  $K = \|k_{ij}\|$  знаходиться тривіальним підсумовуванням елементів рядків табл. 1:

$$k_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}; \quad j = \overline{1, m=10}, \quad (4)$$

де  $n$  – розмірність шкали оцінювання РН;

$m$  – кількість інтервалів, для яких обчислюється значення ФН.

Таким чином, згідно з (4) «матриця підказок» має такий вигляд:

$$K = \left\| \begin{array}{ccccccc} k_1 & k_2 & k_3 & k_4 & k_5 & k_6 & k_7 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 183 & 133 & 115 & 77 & 80 & 66 & 56 \end{array} \right\|. \quad (5)$$

Далі з «матриці підказок» вибирається максимальний елемент:

$$k_{max} = \max_i k_i = k_1 = 183 - \quad (6)$$

і всі елементи матриці  $B = \|b_{ij}\|$  перетворюються в елементи нової матриці  $C = \|c_{ij}\|$  за формулою

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} \cdot k_{max}}{k_i}. \quad (7)$$

Якщо  $b_{ij} = 0$ , а  $b_{ij-1} \neq 0$  і  $b_{ij+1} \neq 0$ , то  $c_{ij}$  визначають з тривіального виразу:

$$c_{ij} = \frac{c_{ij-1} + c_{ij+1}}{2}. \quad (8)$$

Саме за виразами (4)–(8) й обчислюються всі елементи матриці  $C = \|c_{ij}\|$ .

Таким чином, для терму «ДН РН» шкали (1) згідно з даними табл. 1 маємо:

$$c_{78} = \frac{b_{78} \cdot k_{max}}{k_7} = \frac{1 \cdot 183}{56} = 3,27; \quad c_{79} = \frac{b_{79} \cdot k_{max}}{k_7} = \frac{9 \cdot 183}{56} = 29,41;$$

$$c_{710} = \frac{b_{710} \cdot k_{max}}{k_7} = \frac{46 \cdot 183}{56} = 150,32.$$

За аналогією обчислено й подано в табл. 2 усі інші елементи матриці  $C = \|c_{ij}\|$ .

Таблиця 2

Застосування «матриці підказок» для формування проміжної матриці  $C$

| $\tilde{R}_i$ | Інтервали норми ешелонування $S = 10 \text{ km}$ |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|               | 0 – 1  | 1 – 2 | 2 – 3 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 6 | 6 – 7 | 7 – 8 | 8 – 9 | 9 – 10 |
| 1             | 2  | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11     |
| ДВ            | 70   | 60    | 38    | 13    | 2     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      |
| В             | 1,38   | 15,14 | 37,15 | 55,04 | 46,78 | 17,89 | 5,50  | 2,75  | 1,38  | 0      |
| ВС            | 0  | 0     | 9,55  | 27,05 | 39,78 | 46,15 | 28,64 | 20,69 | 9,55  | 1,59   |
| С             | 0  | 0     | 0     | 2,38  | 23,77 | 42,78 | 61,79 | 23,77 | 14,26 | 14,26  |
| НС            | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     | 22,88 | 45,75 | 66,34 | 36,6  | 11,44  |
| Н             | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     | 2,77  | 8,32  | 44,36 | 91,5  | 36,05  |
| ДН            | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 3,27  | 29,41 | 150,32 |

Для побудови ФН  $\mu_{\tilde{R}}(S)$  знаходимо максимальні елементи за рядками матриці  $C$ :

$$c_{i \max} = \max_j c_{ij}; \quad i = \overline{1, n} = 7. \quad (9)$$

Отже, з табл. 2 маємо:

$$\begin{aligned} c_{1 \max} &= \max_j c_{1j} = c_{11} = 70; & c_{4 \max} &= \max_j c_{4j} = c_{47} = 61,79; \\ c_{2 \max} &= \max_j c_{2j} = c_{24} = 54,01; & c_{5 \max} &= \max_j c_{5j} = c_{58} = 66,34; \\ c_{3 \max} &= \max_j c_{3j} = c_{36} = 46,15; & c_{6 \max} &= \max_j c_{6j} = c_{69} = 91,5; \\ c_{7 \max} &= \max_j c_{7j} = c_{710} = 150,32. \end{aligned}$$

З використанням показників  $c_{i \max} = \max_j c_{ij}$  обчислюються значення ФН кожного терму ЛЗ «РН»:

$$\mu_{ij}(S) = \frac{c_{ij}}{c_{i \max}}. \quad (10)$$

Наприклад, для терму «ДН РН» шкали (1) згідно з даними останнього рядка табл. 2 маємо:

$$\begin{aligned} \mu_{78} &= \frac{c_{78}}{k_{7 \max}} = \frac{3,27}{150,32} = 0,02; & \mu_{79} &= \frac{c_{79}}{k_{7 \max}} = \frac{29,41}{150,32} = 0,2; \\ \mu_{710} &= \frac{c_{710}}{k_{7 \max}} = \frac{150,32}{150,32} = 1. \end{aligned}$$

За аналогією відповідно до формул (9), (10) та даних табл. 2 отримано значення ФН

$\mu_{ij}(S)$  для усього спектра термів, визначених шкалою (1), що відображено у табл. 3.

Таблиця 3

Значення ФН ЛЗ «РН» при порушенні норми ешелонування  $S = 10 \text{ km}$

| $\mu_i(S)$ | Досліджувані інтервали норми ешелонування $S = 10 \text{ km}, j$ |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|            | 0 – 1  | 1 – 2 | 2 – 3 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 6 | 6 – 7 | 7 – 8 | 8 – 9 | 9 – 10 |
| 1          | 2  | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11     |
| ДВ         | 1  | 0,33  | 0,21  | 0,07  | 0,01  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      |
| В          | 0,03   | 0,28  | 0,67  | 1     | 0,85  | 0,33  | 0,10  | 0,05  | 0,03  | 0      |
| ВС         | 0  | 0     | 0,21  | 0,59  | 0,86  | 1     | 0,62  | 0,45  | 0,21  | 0,03   |
| С          | 0  | 0     | 0     | 0,04  | 0,38  | 0,69  | 1     | 0,38  | 0,23  | 0,23   |
| НС         | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,34  | 0,69  | 1     | 0,55  | 0,17   |
| Н          | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,03  | 0,09  | 0,48  | 1     | 0,39   |
| ДН         | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,07  | 0,20  | 1      |

Користуючись даними табл. 3, нами побудовано відповідні ФН  $\mu_{\bar{R}_i}$  кожного терму прийнятої шкали оцінювання РН (рис. 2). Аналіз рис. 2 почнемо з точок перетину ФН сусідніх термів  $A, B, C, D, E, F$ , орієнтуючись на так звану «точку переходу», введenu Л. Заде [19]. Як видно, усі вони мають значення ФН, більші за 0,5:

$$\mu(S_A = 2,62 \text{ km}) = 0,52 > 0,5;$$

$$\mu(S_D = 7,38 \text{ km}) = 0,82 > 0,5;$$

$$\mu(S_B = 4,97 \text{ km}) = 0,86 > 0,5;$$

$$\mu(S_E = 8,55 \text{ km}) = 0,80 > 0,5;$$

$$\mu(S_C = 6,38 \text{ km}) = 0,87 > 0,5;$$

$$\mu(S_F = 9,59 \text{ km}) = 0,67 > 0,5.$$

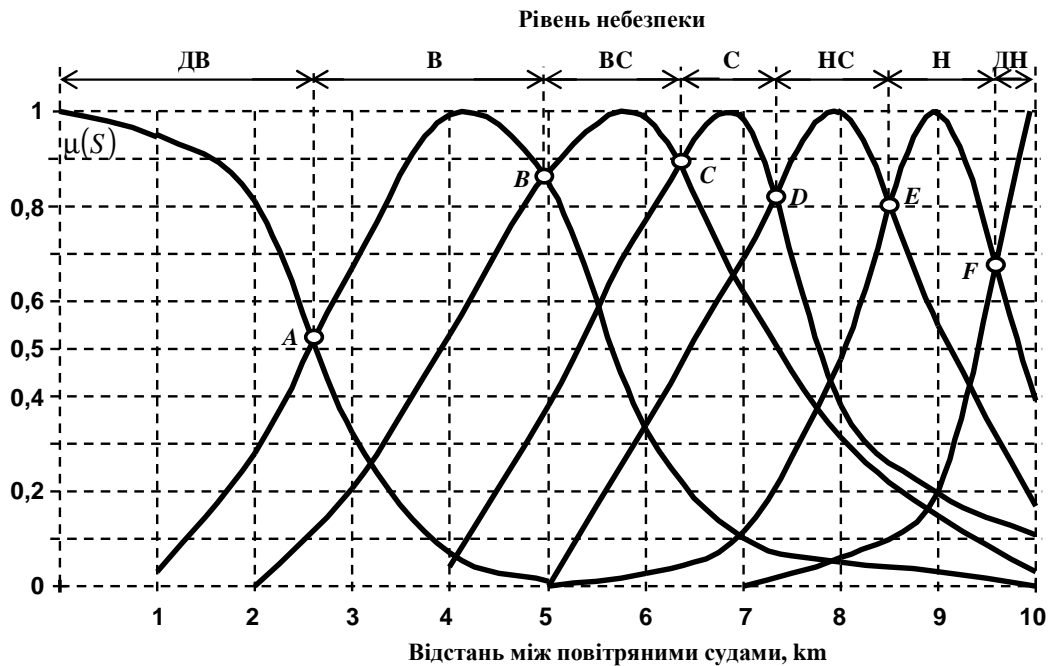


Рис. 2. ФН ЛЗ «РН» як нечіткі моделі ставлення АД до порушення норми ешелонування  $S = 10 \text{ km}$

А це означає, що, з одного боку, досліджувані АД чітко уявляють та диференціюють ступінь небезпеки порушення норми ешелонування, а з іншого боку – інтервали порушень, що знаходяться між точками перетину ФН сусідніх термів, «швидше належать» певній лінгвістичній оцінці шкали (1), що й відображає зміст табл. 4.

Таблиця 4

Кількісно-якісний аналіз порушення норми ешелонування  $S = 10 \text{ km}$

| Якісний показник РН                         | ДВ            | В               | ВС              | С               | НС              | Н               | ДН    |
|---|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
| Кількісний показник РН, $S = 10 \text{ km}$ | $S \leq 2,62$ | $< S \leq 4,97$ | $< S \leq 6,38$ | $< S \leq 7,38$ | $< S \leq 8,55$ | $< S \leq 9,59$ | $< S$ |

Очевидно, що отримані наукові результати є методологічною основою для ґрунтовного аналізу в процесі проведення професійного навчання чи підвищення кваліфікації АД. У будь-якому разі вони мають чітко виражений проактивний зміст. Однак досвід досліджень [10, 21] свідчить, що застосування наших результатів має безсумнівну користь для розв'язання «трикутника ризиків». Для цього слід редукувати лінгвістичну шкалу (1) у шкалу ризику, рекомендовану ІКАО [9]:

$$T^M(PP) = \overset{К}{\text{катастрофічний}} + \overset{НБ}{\text{небезпечний}} + \overset{С}{\text{суттєвий}} + \overset{НЗ}{\text{незначний}} + \overset{М}{\text{мізерний}}. \quad (11)$$

Для здійснення цієї редукції і, відповідно, ФН на рис. 2 користуємося оберненим перетворенням нечітких операцій концентрації (2) та розтягання (3), а також нечіткою операцією поєднання ФН [10–13]:

$$\mu_{\bar{R}_i \cup \bar{R}_j}(S) = \text{MAX}(\mu_{\bar{R}_i}(S), \mu_{\bar{R}_j}(S)). \quad (12)$$

Реалізація зазначених процедур призвела до отримання нових нечітких моделей РН при порушенні норми ешелонування  $S = 10 \text{ km}$  (рис. 3).

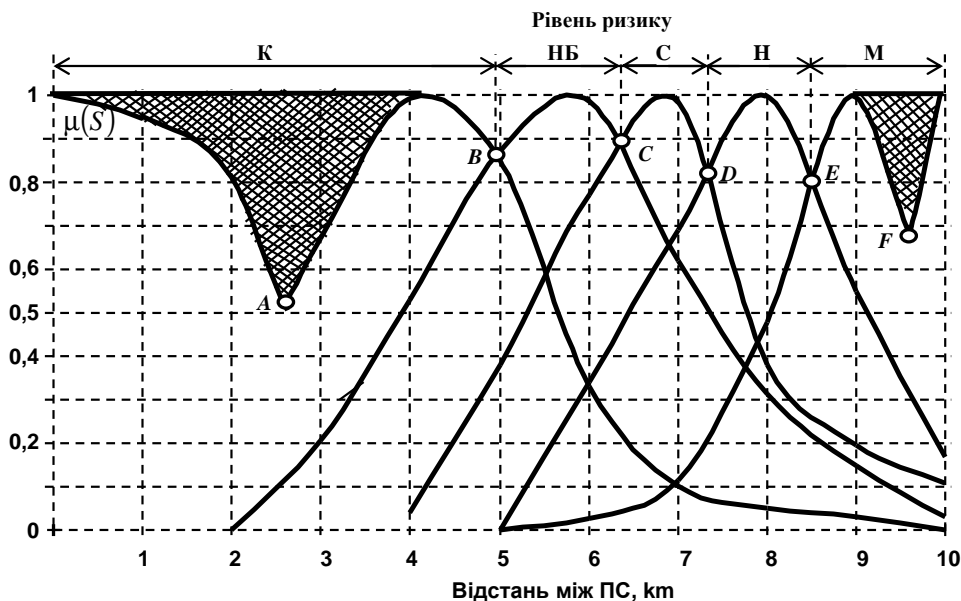


Рис. 3. Класифікації ризиків ІКАО в оцінюванні ставлення авіадиспетчерів до порушення норми ешелонування  $S = 10 \text{ km}$

Виходячи з отриманих результатів та враховуючи досвід досліджень [10, 21], пропонуємо розв'язання «трикутника ризиків» ІКАО (рис. 4).

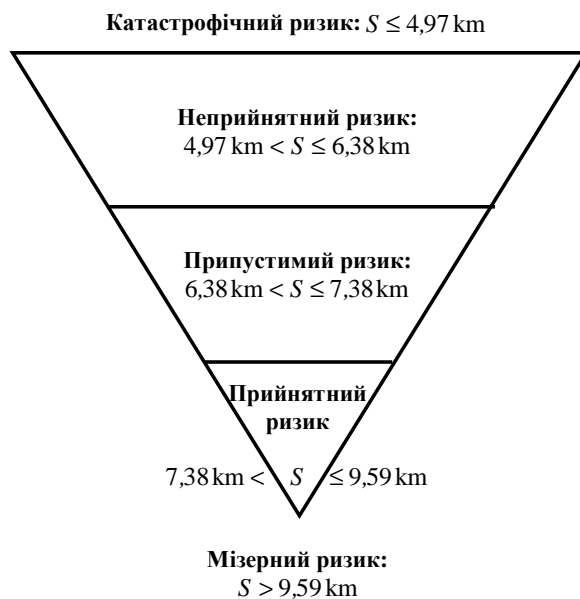


Рис. 4. Пропозиції щодо кількісно-якісного розв'язання рівнів «трикутника ризиків» ІКАО

**Висновки.** Узагальнюючи отримані нові наукові результати, вкажемо на найбільш суттєві.

1. Уперше в практиці досліджень ЛЧ в ЦА виявлено ставлення професійних АД до порушення норми ешелонування повітряного простору  $S = 10 \text{ km}$  для ПС, які знаходяться на одному маршруті й на одному ешелоні в диспетчерському районі АРР ТМА. Для аналізу відповідних небезпек було обґрунтовано спеціальну шкалу як терм-множину ЛЗ «РН», яка відповідає психофізіологічним можливостям АД щодо розрізнення і запам'ятовування встановленої кількості рівнів небезпек.

2. Побудовано ФН досліджуваної ЛЗ як нечіткі моделі ставлення АД до порушення норми ешелонування  $S = 10 \text{ km}$ . З аналізу точок перетину ФН сусідніх термів встановлено, що всі вони більші за «точку переходу» Л. Заде, що свідчить про дійсне ефективне усвідомлення і розрізнення досліджуваними АД встановлених якісних рівнів небезпек, яким поставлено у відповідність чітко визначені кількісні інтервали відстаней між ПС.

3. Виконуючи процедури, обернені нечітким операціям концентрації та розтягання, а також застосовуючи нечітку операцію поєднання, початкову шкалу РН редуковано до розмірності, рекомендованої ІКАО для оцінювання якісних рівнів ризиків у ЦА. Спираючись на точки перетину сусідніх термів, розв'язано відповідний «трикутник ризиків» для досліджуваної відстані.

4. Запропоновано застосовувати отримані результати як методичну основу проведення професійної підготовки та підвищення кваліфікації АД.

5. Подальші дослідження слід проводити в напрямках отримання відповідних нечітких моделей за всім спектром норм ешелонування повітряного простору, а також реальною проактивною професійною підготовкою АД до ОПР в умовах зменшення норм ешелонування.



**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Фундаментальные концепции человеческого фактора // Человеческий фактор : Сборник материалов № 1. Циркуляр ИКАО 216 AN/131. – Монреаль, Канада, 1989. – 34 с.
2. Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации : Дос. ICAO 9808 – AN/765. – Монреаль, Канада, 2002. – 320 с.
3. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: проактивное исследование влияния : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2007. – 242 с.
4. Контроль факторов угрозы и ошибок при управлении воздушным движением : Циркуляр ИКАО 314-AN/178. – Монреаль, Канада, 2008. – 298 с.
5. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов : Дос. ICAO 9806 – AN/763. – Монреаль, Канада, 2002. – 410 с.
6. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий ; пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса ; под ред. Б. В. Бирюкова. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.
7. Котик М. А. Психология и безопасность : монография / М. А. Котик. – [3-е изд. испр. и доп.]. – Таллинн : Валгус, 1987. – 447 с.
8. Рева О. М. Рівень намагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – № 8. – С. 273–281.
9. Руководство по управлению безопасностью полетов. – [2-е изд.]. – Дос. ICAO 9859 AN/474. – Монреаль, Канада, 2009. – 435 с.
10. Рева О. М. Нечітка модель ставлення авіадиспетчера до ризику настання потенційно-конфліктної ситуації / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – № 10. – С. 214–221.
11. Шапиро Д. И. Принятие решений в системах организационного управления. Использование расплывчатых категорий / Д. И. Шапиро. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.
12. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / [Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова]. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.
13. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман ; пер. с франц. В. Б. Кузьмина ; под ред. С. И. Травкина. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
14. Борсук С. П. Свойства модификаторов составных термов лингвистических переменных / С. П. Борсук // Електроніка та системи управління. – 2012. – № 3 (33). – С. 152–157.
15. Cooper G. E. Understanding and inter-pretng pilot opinion / G. E. Cooper // Aeronautical Engineering Review. – 1957. – № 3. – P. 47–51.
16. Методы инженерно-психологических исследований в авиации / Ю. П. Доброленский, Н. Д. Завалова, В. А. Пономаренко, В. А. Туваев ; под ред. Ю. П. Доброленского. – М. : Машиностроение, 1975. – 280 с.

17. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай ; за ред. О. М. Реви. – Рівне : Овід, 2010. – 106 с.
18. 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.
19. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений : / Л. Заде ; пер. с англ. Н. И. Ринго ; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
21. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО / А. Н. Рева, В. И. Вдовиченко, С. П. Борсук и др. // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : матеріали 4-ї Всеукр. наук.-практ. конф., (Херсон, 9 – 11 жовт. 2013 р.). – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 334–338.

Подано 02.02.2014

**П. Ш. Мухтаров**

**НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ОТНОШЕНИЯ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ К НАРУШЕНИЮ НОРМЫ ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА**

*С учетом существенного влияния последствий ошибок авиадиспетчеров в профессиональной деятельности на безопасность полетов построены нечеткие модели выявления их отношения к риску нарушений стандартных эксплуатационных процедур, а именно нормы эшелонирования воздушного пространства  $S = 10$  km. Соответствующее терм-множество опасности происшествия построено в соответствии с дифференциацией рисков ИКАО, что дало возможность решить «треугольник риска», рекомендованный для управления безопасностью полетов.*

**P. SH. Mukhtarov**

**UNSHARP MODEL OF ESTIMATION OF AIR TRAFFIC CONTROLLER'S ATTITUDE TO VIOLATION OF NORM OF ECHELONMENT OF AIR SPACE**

*Taking into account considerable influence of consequences of air traffic controller's mistakes in professional activity on flight safety, have been built unsharp models of detection of their attitude to risk of violation of standard exploitation procedures, but norm of echelonment is  $S = 10$  km. Appropriate term-multitude of danger of incidents have been constructed in compliance with differentiation of risks of ICAO, which gave chance to undo "triangle of risk" recommends by that for controlling flight safety.*