

УДК: 656.7.08:[656.7.0 52:351.814.335]:519.876.2(045)

О. М. РЕВА¹, С. П. БОРСУК¹, В. А. ШУЛЬГІН²

¹ *Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

² *Кіровоградська льотна академія, Національний авіаційний університет, м. Кіровоград, Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ РІВНІВ РИЗИКУ ПІД ЧАС ПОРУШЕННЯ НОРМИ ЕШЕЛОНУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Розглядаючи професійну діяльність авіадиспетчерів, як безперервний ланцюг рішень, розв'язана проблема оцінки ними небезпеки, що може виникнути за умов порушення нормативів ешелонування повітряного простору. Сформовано терм-множину лінгвістичної змінної «рівень ризику» для порушення норми ешелонування $S=30$ км. Виявлено вплив людського чинника на ступінь прийнятності відстаней між повітряними судами. Застосовуючи нечітку операцію об'єднання початкова терм-множина редукована до розмірності, що рекомендована ІКАО для встановлення небезпеки події. Отримані результати застосовано для розв'язання «трикутник ризиків» ІКАО по показнику «небезпека події».

Ключові слова: *обслуговування повітряного руху, безпека польотів, рівні ризику, нечіткі моделі порушення норми ешелонування.*

Постановка проблеми

Забезпечення належного рівня безпеки польотів (БП) у цивільній авіації (ЦА) аж ніяк неможливе без розв'язання проблем, що пов'язані із людським чинником (ЛЧ), який тривалий час є першопричиною абсолютної більшості авіаційних пригод (АП). Оскільки авіаційні оператори (АО) «переднього краю» (авіадиспетчери (А/Д), пілоти) своїми діями безпосередньо впливають на БП, край важливо врахувати їх особисте уявлення про безпеку при розробці нових стандартних експлуатаційних процедур (СЕР) їх професійної діяльності [1, 2].

В контексті цієї публікації будемо розглядати СЕР та особливості професійної діяльності А/Д, які під час безпосереднього управління повітряним рухом (УПР) постійно стикаються з небезпечними ситуаціями, у яких нормативно встановлені відстані між повітряними судами (ПС) на різних етапах польоту можуть бути порушеними в результаті впливу різноманітних чинників самої різної природи та характеру, зокрема неправильних дій самих А/Д. Причому введення в експлуатацію сучасних автоматизованих систем (АС) УПР неповною мірою усувають виникнення зазначених потенційно-конфліктних і дійсно конфліктних ситуацій. У таких випадках важливо враховувати наявний психофізіологічний стан А/Д та його самооцінку щодо можливості виконувати професійні обов'язки у ситуації, що склалася у зоні його відповідальності. І оскільки головним завданням А/Д при обслуговуванні повітряного руху (ОПР) є забезпечення належної відстані

між керованими ПС у просторі середовища, то одним із шляхів урахування цього стану є збір інформації щодо ставлення А/Д до порушень норм ешелонування [3].

Таким чином, проблеми, що пов'язані із врахуванням ЛЧ шляхом виявлення особистого ставлення А/Д до діючих нормативів ешелонування повітряного простору та їх можливих порушень, що напряму впливає на БП, є актуальними.

Аналіз досліджень та публікацій

Оскільки порушення норм ешелонування повітряного простору може суттєво і негативно вплинути на БП, то аналіз цього явища доцільно проводити в контексті відповідних концепцій ІКАО щодо управління безпекою [4]. При цьому слід особливу увагу привернути до необхідності застосування так званого «трикутника ризиків» як методологічного засобу визначення рівнів небезпеки.

У працях [5-10] проведено аналіз і здійснена реалізація сучасних підходів до розв'язання порушеної проблеми, у тому числі шляхом:

- застосування коефіцієнтів бажаності (важливості, значущості) серйозності та частоти небезпечних подій та їх агрегації (мультиплікації) за допомогою функції бажаності Харингтона;
- побудови за обмеженим числом точок та аналізу оціночних функцій корисності-безпеки (ОФКБ) як розв'язання закритої задачі прийняття рішень (ПР) щодо порушення норми ешелонування повітряного простору;

– побудови за формально необмеженим числом точок та аналізу ОФКБ як розв’язання відкритої задачі ПР (ЗПР) щодо порушення норми ешелонування повітряного простору;

– побудови та аналізу функцій належності лінгвістичної змінної «рівень небезпеки» як нечітких моделей ставлення А/Д до ризику порушення норми ешелонування повітряного простору.

Слід привернути увагу, що останні три з перелічених підходів є дійсною реалізацією вимог ІКАО та ЄВРОКОНТРОЛЮ щодо проактивного врахування ЛЧ для забезпечення належного рівня БП, оскільки формують в А/Д адекватну оцінку небезпек та самооцінку професійних здібностей щодо їх усування.

Формулювання цілі статті

Вкажемо на те, що норми ешелонування повітряного простору охоплюють широкий спектр особливостей зон відповідальності при УПР [11]. Тому і ОФКБ, і нечіткі моделі, про які йшлося вище, мають охопити дослідженнями увесь цей спектр. Адже тільки за таких умов можна сформувати в А/Д стійкі навички виявлення, розпізнавання, оцінювання і запобігання небажаних станів, що можуть виникнути в результаті неефективного контролю чинників загрози і/або помилок.

Таким чином, проактивне формування уявлення А/Д щодо можливості виникнення небажаних станів і виявлення його особистого ставлення до їх небезпеки має стати дієвим засобом попередження АП при УПР. Наведене й складає *мету* цієї публікації.

Побудова нечіткої моделі ставлення авіадиспетчерів до ризику

Дослідження стосувалися 30-ти кілометрової відстані між керованими ПС, яка використовується для формування повздовжнього інтервалу в диспетчерських районах СТА (Control Area - диспетчерський район), ТМА (Terminal Control Area – вузловий диспетчерський район) при перетині ПС рівня зустрічних трекерів в момент перетину зайнятого рівня при умові відсутності сходження трекерів.

До досліджень залучено 131 студент-А/Д 4 та 5 курсів навчання Національного авіаційного університету (НАУ) та Кіровоградської льотної академії НАУ. Їх ставлення до ризику виявлялося за допомогою спеціального опитувальника, в якому мали оцінити ступінь ризику настання ПКС при порушенні норм ешелонування повітряного простору $S=30$ km, користуючись такою лінгвістичною шкалою

$$T^M (\text{рівень ризику}) = \begin{matrix} \tilde{R}_{НВ} \\ \tilde{R}_{ДВ} & \tilde{R}_{В} & \tilde{R}_{З} & \tilde{R}_{Н} \\ \tilde{R}_{ДН} & \tilde{R}_{НН} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{надзвичайно високий} + \\ \text{дуже високий} + \text{високий} + \text{звичайний} + \text{низький} + \\ \text{дуже низький} + \text{незвичайно низький}, \end{matrix} \quad (1)$$

де « + » – позначка логічного поєднання окремих термів.

Вибір розмірності шкали (1) був не випадковим і пояснюється наступним. Відомо, що людина має психофізіологічні обмеження на кількість об’єктів або понять, що одночасно тримає в полі своєї уваги. Для абсолютної більшості людей ця кількість коливається у межах від 7 ± 2 об’єктів або понять, що утворює простір так званого «магічного числа Міллера» [12]. Тримаючи їх у області своєї оперативної пам’яті, А/Д як людина-оператор (Л-О) здатний оперувати ними, аналізувати, розрізняти, комбінувати та об’єднувати у нові кластери та групи.

Уявлення кожного А/Д щодо відповідності кожного конкретного значення з континууму досліджуваної відстані між ПС $S=30$ км до певного терму ЛЗ «рівень ризику» відображається на спеціальній шкалі (рис. 1), яка є аналогом шкали Купера-Харпера [13, 14], адаптованої нами для потреб досліджень.

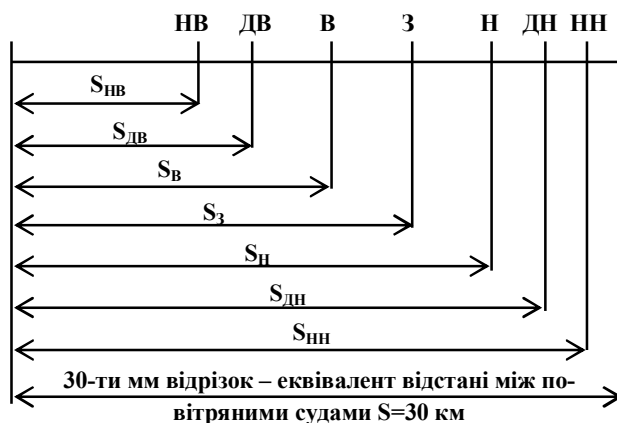


Рис. 1. Методика збору експертної інформації у вигляді «точці на шкалі параметра»

При довільній кількості термів ЛЗ більше 9-ти, А/Д як Л-О було б занадто складно порівнювати конкретне чітке значення відстані з континууму $S=30$ км із усіма термами одночасно. Причому порівняння будуть виконуватись скоріш попарно, або розбиттям на менші об’єднані діапазони термів з необхідністю проведення подальшого другого етапу порівняння чіткого значення відстані з термами діапазону. Наявність другого етапу опитування випробуваних внесе додаткові ускладнення. У разі ж використання запропонованої розмірності шкали (1) ви-

пробуваний А/Д зможе провести одне єдине порівняння чіткого значення із усіма термами ЛЗ одночасно та одразу визначити найкоректнішу відповідність.

Наведені умови і правила проведення опитування відкрили можливість провести збір експертної інформації із мінімальними похибками у вигляді «точки на шкалі параметра» та застосувати при її табуляції і подальшій математичній обробці так звану «матрицю підказок» [15, 16]. Це дало змогу отримати відповідні функції належності ЛЗ «рівень ризику» із гладкими спадаючими фронтами (рис. 2).

Рисунок 2 а наочно ілюструє ФН ЛЗ «рівень ризику» як нечіткі моделі ставлення студентів-А/Д до порушення норм ешелонування $S=30$ km у випадку застосування шкали ризику (1). Аналіз рисунку почнемо, узявши за основу введену Л. Заде так звану точку переходу [17]: $\mu_{\tilde{R}_i}(S) = 0,5$. Тоді подальші міркування мають виходити з того, що якщо будь-яка відстань S між ПС з досліджуваного континууму $0 \div 30$ km буде мати значення ФН, більшу за точку переходу ($\mu_{\tilde{R}_i}(S) > 0,5$), то вона «скоріше належатиме» відповідному термові \tilde{R}_i і «скоріше не належатиме» до цього терму, якщо $\mu_{\tilde{R}_i}(S) \leq 0,5$.

Виходячи з наведеного та звертаючись до рис. 2 а, зазначимо, що усі точки перетину сусідніх термів мають значення ФН, більші за точку переходу. Це означає, що випробувані студенти-А/Д чітко розрізняють у своїй свідомості майбутніх професіоналів ступінь небезпеки порушення досліджуваної норми ешелонування і успішно оперують з зістав-

ленням їх кількісно-якісних оцінок. Це дає змогу отримати оцінки ризику ПКС, що подані у табл. 1.

Таблиця 1
Оцінки рівнів ризику при порушенні норми ешелонування $S=30$ km

Рівень ризику	Відстань між повітряними судами	
	км	%
$\tilde{R}_{НВ}$	$0 < S \leq 5,14$	$0 < S \leq 17,1$
$\tilde{R}_{ДВ}$	$5,14 < S \leq 11,10$	$17,1 < S \leq 37$
\tilde{R}_B	$11,10 < S \leq 16,03$	$37 < S \leq 54,4$
\tilde{R}_3	$16,03 < S \leq 21,37$	$54,4 < S \leq 71,2$
\tilde{R}_H	$21,37 < S \leq 24,45$	$71,2 < S \leq 81,5$
$\tilde{R}_{НВ}$	$24,45 < S \leq 28,56$	$81,5 < S \leq 95,2$
$\tilde{R}_{НН}$	$S > 28,56$	$S > 95,2$

Як можна побачити з рис. 2 а та даних табл. 1, майбутні А/Д вважають, що ризик, більший за «звичайний», може виникнути, якщо відстань між керованими ПС складає величину менше 54,4% від встановленої норми. «Звичайний» ризик виникає, якщо відстань між ПС знаходиться у межах 54,4-71,2% від встановленої норми. Якщо ж відстань між керованими ПС більша за 71,2% встановленої норми, то такий ризик не може спровокувати суттєве збільшення психофізіологічного навантаження на А/Д. Таким чином можна припустити, що якщо відстань між ПС не менше встановленої норми, то А/Д спроможний виправити повітряну ситуацію на бік її покращення, тобто забезпечити належний рівень БП.

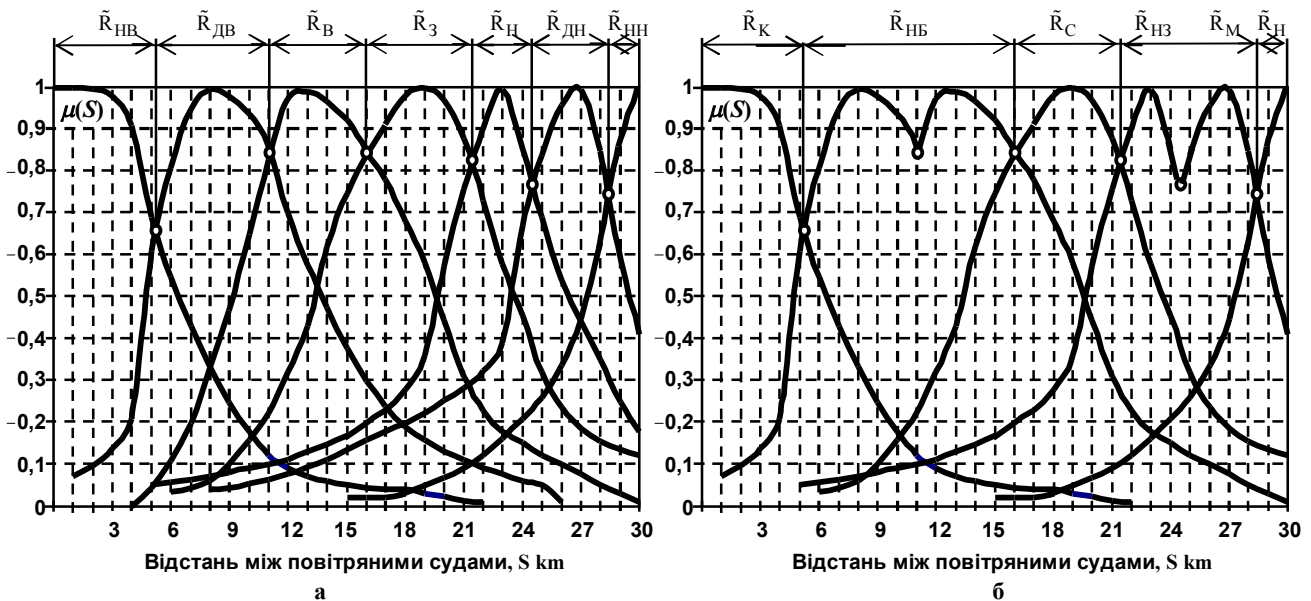


Рис. 2. Функції належності лінгвістичної змінної «рівень ризику» як нечіткі моделі конфліктних ситуацій у повітряному просторі при порушенні норми ешелонування $S=30$ km:
а – для шкали ризику розмірності, запропонованої авторами, б – для рекомендацій ІКАО

Розглянемо, як можна здійснити редукцію розмірності шкали (1) до розмірності, що відповідає пропозиціям ІКАО [17]

$$T^M(\text{рівень ризику}) = \begin{matrix} \text{К} \\ \text{катастрофічний} \\ + \\ \text{НБ} \quad \text{С} \\ \text{небезпечний} + \text{суттєвий} \\ + \\ \text{НЗ} \quad \text{М} \\ \text{незначний} + \text{мізерний} \end{matrix} \quad (2)$$

Спираючись на методи теорії НМ і ЛЗ [9, 15-20] будемо дотримуватися таких міркувань.

По-перше, при формуванні ТМ ЛЗ «рівень ризику» (1) застосовано модифікатор «дуже», який співвідносить певні сусідні терми за допомогою нечітких операцій «концентрації» і «розтягання»:

$$\begin{cases} \mu_{\text{дуже великий}}(S) = \mu^2_{\text{великий}}(S), \\ \mu_{\text{дуже низький}}(S) = \mu^2_{\text{низький}}(S). \end{cases} \quad (3)$$

Тому, проводячи зворотні початкові операції, редукуємо початкову шкалу на два терми.

По-друге, відома також нечітка операція «об'єднання», яка дозволяє робити редукцію початкової шкали (1)

$$\mu_{\tilde{R}_k}(S) = \mu_{\tilde{R}_i \cup \tilde{R}_j} = \text{MAX}[\mu_{\tilde{R}_i}(S), \mu_{\tilde{R}_j}(S)], \quad (4)$$

де \tilde{R}_i, \tilde{R}_j – сусідні терми шкали (1), що поєднуються;

\tilde{R}_k – терм шкали (4), що утворюється поєднанням термів \tilde{R}_i і \tilde{R}_j .

Отже, в нашому випадку йдеться про таке поєднання термів

$$\left. \begin{matrix} \tilde{R}_{ДВ} \cup \tilde{R}_В \Rightarrow \tilde{R}_К \\ \tilde{R}_Н \cup \tilde{R}_{ДН} \Rightarrow \tilde{R}_М \end{matrix} \right\} \quad (5)$$

Наведене дозволило редукувати розмірність початкової терм множини «рівень ризику» (1) до вимог ІКАО згідно схеми, що подана на рис. 3.

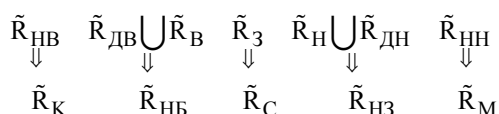


Рис. 3. Схема редукції розмірності початкової шкали «рівень ризику» до розмірності, пропонованої ІКАО

Здійснення відповідних процедур дозволило отримати функції належності лінгвістичної змінної «рівень ризику» вже для шкали ІКАО (2), що ілюструє рис. 2 б. Це дало змогу розв'язати «трикутник ризиків» ІКАО (рис. 4).

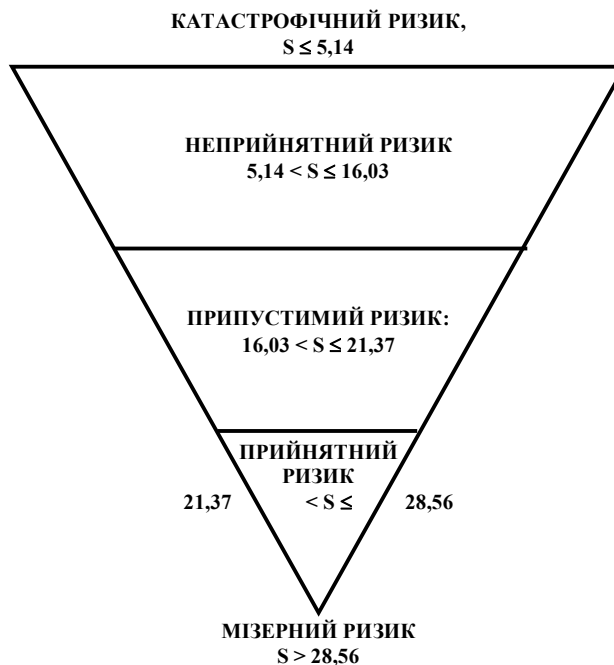


Рис. 4. Розв'язання «трикутника ризиків» ІКАО при порушенні норми ешелонування S=30 km

Висновки та перспективи

Враховуючи отримані і подані в цій статті нові наукові результати, слід констатувати факт дійсного вирішення «трикутника ризиків» ІКАО за допомогою нечітких моделей ставлення студентів-А/Д до ризику порушення однієї з норм ешелонування ПС, що відкриває перспективи для отримання сімейства таких функцій по усьому спектру норм ешелонування повітряного простору. Особливістю наших результатів на відміну від пропозицій ІКАО є наукове обґрунтування кількісного співвідношення відхилення від нормативної відстані між ПС з якісними категоріями ризику.

До окремих (частинних) результатів слід віднести таке.

Обґрунтовано розмірність 7-мирангової якісної лінгвістичної шкали оцінювання ризику при порушенні норм ешелонування, яка ґрунтується як на психофізіологічних можливостях Л-О щодо запам'ятовування та розрізнення певної кількості досліджуваних об'єктів («магічне число» Міллера), так і на методології нечіткої математики.

Побудовано ФН ЛЗ «рівень ризику» при порушенні нормованої відстані між ПС S=30 км. Вияв-

лено, що усі точки перетину ФН сусідніх термів мають значення цієї функції, яке значно перевищує так звану точку переходу Л. Заде, що свідчить про добрі уявлення респондентів щодо відповідності здійсненого ними кількісного виміру відстаней між ПС якісним оцінкам рівнів ризику. Таким чином, встановлена кількісно-якісна «норма» ризику ПКС.

Враховуючи вимоги ІКАО, проведено дослідження з редукції розробленої експериментальної шкали оцінювання ризику шляхом застосування нечітких операцій концентрації, розтягання та об'єднання. Отримані в такий спосіб ФН дозволили кількісно розв'язати «трикутник ризиків» ІКАО.

Подальші дослідження слід проводити в напрямках:

- отримання спектра ФН для усіх діючих норм ешелонування польотів ПС задля встановлення закономірностей в думках студентів-А/Д;
- отримання спектра ФН для встановлення «норми» частоти настання небажаної ситуації при УПР та здійснення агрегації оцінок частоти і небезпеки подій;
- отримання спектра відповідних ФН по результатах опитування професійних А/Д і порівняння їх думок зі студентськими;
- проведення досліджень на тренажерах для формування в А/Д навичок дій в умовах порушення норм ешелонування.

Література

1. Рева, А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст] : моногр. / А. Н. Рева, К. М. Тумьшев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумьшев. – Алматы, 2006. – 242 с.
2. Фоменко, Ю. М. Трикутник ризику в системному аналізі професійної діяльності авіадиспетчерів [Текст] / Ю. М. Фоменко // Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр. / Мін-во освіти і науки України, Нац. авіац. ун-т. – К. : НАУ, 2006. – № 3. – С. 147-151.
3. 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.
4. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО [Текст] / А. Н. Рева, В. И. Вдовиченко, С. П. Борсук и др. // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : 4-та Всеукраїнська науково-практична конференція. – Херсон, 9-11 жовтня 2013 р., - Херсон, 2013. – С. 334-338.
5. Рева, О. М. Методи апріорного вияву відношення авіаційного оператора, як людини, що приймає рішення, до ризику [Текст] : конспект лекцій з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – 45 с.
6. Рева, О. М. Проактивне оцінювання ставлення льотного персоналу до ризику та безпечної діяльності [Текст] / О. М. Рева // Вісник Національного авіаційного ун-ту. – 2007. – № 2. – С. 36-42.
7. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження [Текст] / О. М. Рева, Б. М. Мірзоєв, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2013. – № 8 (105). – С. 273-281.
8. Чинченко, Ю. В. Оцінювання загроз та ризиків на робочих місцях авіадиспетчерів за допомогою нечітких множин [Текст] / Ю. В. Чинченко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2011. – № 2. – С. 44-49.
9. Рева, О. М. Нечітка модель ставлення авіадиспетчера до ризику настання потенційно-конфліктної ситуації [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2013. – № 10 (107). – С. 214-221.
10. Рева, О. М. Урахування людського чинника у проактивному розв'язанні «трикутника ризиків» ІКАО [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2014) : зб. матеріалів 6-ї Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 27-29 травня 2014 р. – Херсон, 2014. – С. 82-85.
11. Единые принципы моделирования риска столкновения в обоснование Руководства по методике планирования воздушного пространства для определения минимумов эшелонирования (Cir. ICAO 319 – AN / 181 (Doc. 9689) [Электронный ресурс]. – Монреаль, Канада, 2009. – Режим доступа: http://aviaspec.com/images/circulari/319_ru.pdf. – 1.06.2014.
12. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений [Текст] : пер. с польск. / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.
13. Cooper, G. E. Understanding and interpreting pilot opinion [Текст] / G. E. Cooper // Aeronautical Engineering Review. – 1957. – N 3. – P. 47-51.
14. 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.
15. 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.
16. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування [Текст] : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай ; за ред. О. М. Реви. – Рівне : Овід, 2010. – 106 с.
17. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной 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.

18. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Электронный ресурс] : Doc. ICAO 9859 – AN / 474 ; 3-е издание. – Монреаль, Канада, 2013. – Режим доступа: <http://www.caa.kg/downloads/doc9859.pdf>. – 1.06.2014.

19. 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.

20. Надежность и эффективность в технике [Текст] : справ. в 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

21. Борсук, С. П. Свойства модификаторов составных термов лингвистических переменных [Текст] / С. П. Борсук // *Электроніка та системи управління*. – 2012. – №3 (33). – С. 152–157.

Надійшла до редакції 01.06. 2014, розглянута на редколегії 16.06.2014.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів С. В. Єпіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УРОВНЕЙ РИСКА ВО ВРЕМЯ НАРЦУШЕНИЯ НОРМЫ ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

А. Н. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгин

Рассматривая профессиональную деятельность авиадиспетчера, как непрерывную цепь решений, решена проблема оценивания ими опасности, которая может возникнуть при условии нарушения нормативов эшелонирования воздушного пространства. Сформировано терм-множество лингвистической переменной «уровень риска» для нарушения нормы эшелонирования в 30 км. Определено влияние человеческого фактора на степень приемлемости расстояний между воздушными судами. Используя нечёткую операцию объединения начальное терм-множество редуцировано до размерности, рекомендованной ИКАО для определения опасности события. Полученные результаты использованы для решения треугольника риска ИКАО по показателю «опасность события».

Ключевые слова: обслуживание воздушного движения, безопасность полётов, уровни риска, нечёткие модели нарушения норм эшелонирования.

FINDING OF BOARDER RISK LEVELS DURING AIR SPACE FLIGHT LEVELS NORMS VIOLATION

O. M. Reva, S. P. Borsuk, V. A. Shylgin

Considering air traffic controllers professional activity as solid decisions chain, the problem of their risk estimation was solved in conditions of flight levels norms violation. Linguistic variable “risk level” term-multitude was formed for flight level norm of 30 km. Human factor influence on the distance between aircrafts acceptability level was defined. Using fuzzy operation of concentration initial term-multitude was reduced to size recommended by ICAO for event danger determination. Received results were used for solution ICAO tolerability matrix according to “event danger” parameter.

Key words: air traffic control, flight safety, risk levels, flight norms violation risk models.

Рева Олексій Миколайович – д-р техн. наук, проф., професор кафедри заочного навчання, Інститут дистанційного та заочного навчання, Національний авіаційний університет, e-mail: ran54@meta.ua.

Борсук Сергій Павлович – канд. техн. наук, докторант, Національний авіаційний університет, e-mail: greyls@yandex.ua.

Шульгін Валерій Анатолійович – канд. техн. наук, декан факультету льотної експлуатації, Кіровоградська льотна академія, Національний авіаційний університет, e-mail: VAShulgin@ukr.net.