

О. М. РЕВА¹, С. П. БОРСУК, В. А. ШУЛЬГІН², В. О. ЛИПЧАНСЬКИЙ³

¹ Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», Київ, Україна;

² Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна;

³ Центральнотехнічний національний технічний університет, Кропивницький, Україна

УТОЧНЕНА МЕТОДОЛОГІЯ ПРОАКТИВНОЇ ІНТЕГРАТИВНОЇ ОЦІНКИ СТАВЛЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ ДО ПОРУШЕНЬ СТАНДАРТНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПРОЦЕДУР

Уявляючи професійну діяльність авіаційних операторів «переднього краю» як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються у явних / неявних формах, в голову кута структури взаємодії складників поточної парадигми концепції безпеки польотів ІКАО поставлено «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», що пояснює вплив людського чинника на ці рішення.

Першим складником досліджуваного «ставлення» є основні домінанти прийняття рішень, що визначають схильність, байдужість, неохочість до ризику порушень стандартних експлуатаційних процедур, зокрема норм ешелонування повітряних суден. Встановлюються домінанти шляхом побудови за обмеженою кількістю точок і подальшого аналізу оціночної функції корисності континууму норми ешелонування в процесі вирішення закритої задачі прийняття рішень. Характерною точкою оціночної функції корисності є детермінований еквівалент лотереї з корисністю 0,75. Другий складник – це рівні домагань, які визначаються точкою на континуумі норми ешелонування, якій відповідає максимальний позитивний стрибок в уяві авіадиспетчера щодо її корисності (прийнятності) з позицій забезпечення належного рівня безпеки польотів. Рівні домагань адекватно характеризують самооцінку і встановлюються шляхом побудови за формально необмеженою кількістю точок і подальшого аналізу оціночної функції корисності континууму норми ешелонування в процесі вирішення відкритих задач прийняття рішень. Третій складник – нечіткі оцінки ризику, що визначаються з аналізу нечітких моделей, що будуються відповідно до шкали небезпек ІКАО на континуумі норм ешелонування. Встановлено, що характерною точкою цих моделей є точка перетину функцій належності, що належать сусіднім термам «суттєвий» і «незначний» ризик. Значення цієї точки уточнюється за допомогою введення імперативу-критерію.

Проведено нормування усіх характерних точок. Обґрунтований і реалізований мультиплікативний підхід до отримання інтегративної (цілісної) оцінки ставлення до ризику, що сприяє як отриманню більш обережних, стосовно адитивного підходу результатів, так і запобіганню помилок I-II роду.

Ключові слова: безпека польотів; людський чинник; прийняття рішень; управління повітряним рухом; ставлення до порушень норм ешелонування повітряних суден; основні домінанти; рівні домагань; нечіткі оцінки ризику; мультиплікація частинних показників прийняття рішень.

Вступ

Світова статистика авіаційних подій (АП) показує, що тривалий час саме людський чинник (ЛЧ) є їх першопричиною. І хоча на сьогодні, з одного боку, спостерігається суттєве позитивне зрушення у забезпеченні технічної надійності повітряних суден (ПС), радіотехнічних засобів управління повітряним рухом (УПР) тощо, а з іншого боку, поточний рівень безпеки польотів (БП) незрівнянно вище, ніж, скажімо, 50-70 років тому, негативний вплив ЛЧ фактично не змінився і пояснює виникнення щонайменше 2/3-3/4 загальної кількості АП.

Враховуючи наведене та узагальнюючи досвід

провідних авіаційних адміністрацій і авіакомпаній, ІКАО розробила і регулярно оновлює Глобальний план забезпечення БП, де в частині проактивного (превентивного) керування ризиками наголошує, що «врахування людського чинника дозволяє поліпшити положення у всіх питаннях, пов'язаних з безпекою польотів. Ефективна робота людини має найважливіше значення для забезпечення експлуатаційної безпеки в авіації, і розглядати її слід не окремо, а як інтегровану у всі аспекти авіаційної діяльності, включаючи проектування устаткування і систем, процедури, підготовку персоналу і підвищення кваліфікації. Роботу людини слід також враховувати в майбутніх концепціях повітряного простору» [1].

Вкажемо на особливий внесок (як позитивний, так і негативний) у забезпечення БП авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (диспетчерів УПР (ДУПР), членів льотного екіпажу), професійна діяльність яких зазвичай розглядається як безперервний ланцюг рішень. Зазначені рішення виробляються в явних і неявних формах під впливом спектру різноманітних чинників (об'єктивних / суб'єктивних, внутрішніх / зовнішніх), особливо ризиків стохастичного і нестохастичного характеру [2]. Саме тому, виходячи з особливостей діяльності АО «переднього краю» у авіації було введено поняття «ланцюга помилкових рішень», коли одне неправильне рішення провокує за принципом «доміно» підвищені шанси неправильного наступного. І чим більше зростає цей хибний «ланцюг», тим менше імовірність безпечного завершення польоту. «Кожна невірна оцінка, - стверджує Джером Берлін (Dr. Jerome I. Berlin), керівник розробки «Керівництво ERAU», - пілот який займався дослідженнями у сфері авіаційної психології, - зменшує можливості вибору, які є у розпорядженні пілота. Останньою ланкою є те, що у пілота взагалі не залишається ніякого вибору».

Акцентуючи увагу на важливість та значущість ЛЧ і процесів прийняття рішень (ПР), ICAO, розглядаючи АО «переднього краю» як «останній рубіж захисту» у забезпечення БП, включила до кваліфікаційних вимог до них вміння «приймати вірні рішення» [3]. Адже дійсно,

по-перше, ПР – це вид інтелектуальної діяльності людини, який повторюється найбільш часто [4];

по-друге, як зазначалося вище, діяльність АО – суть безперервний ланцюг рішень;

по-третє, за даними американського вченого С. Н. Роскоу (S. N. Roscoe) абсолютна більшість АП є наслідком саме помилкових рішень [5]. Причому фахівці NTSB (National Transportation Safety Board) США, спираючись на статистику АП і серйозних інцидентів, переконливо довели, що все більш важливою причиною прийняття хибних рішень є недооцінювання ризиків АО «переднього краю», а також недостатньо розвинутими в них навичок ментального «передбачення» розвитку небезпечних ситуацій.

Формування в АО «переднього краю» цього ментального передбачення розвитку небезпечних ситуацій нерозривно пов'язане з реалізацією поточної парадигми БП ICAO і у загальному випадку визначає ставлення до небезпек (загроз), у тому числі, - до порушень стандартних експлуатаційних процедур (SOP's). Взаємний вплив складових цієї парадигми пояснюється відповідною структурою (рис. 1) [6-9], де у голову кута поставлене «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», а отже, вплив ЛЧ на ПР. Як бачимо з рис. 1, до показників впливу ЛЧ на ПР віднесені:

– основні домінанти ПР (ОДПР), що визначають ставлення до ризику і виявляють мотивацію на досягнення успіху (схильність до ризику) або на запобігання невдач (несхильність до ризику);

– рівні домагань (РД), які обов'язково встановлюються в учасників АП [10; 11] і адекватно характеризують самооцінку людини;

– нечіткі оцінки ризику (небезпек загроз).

Усі перелічені показники досліджені через виявлення ставлення професійних ДУПР і студентів-авіадиспетчерів (САД) до порушень SOP's (у контексті наших досліджень - норм ешелонування ПС (НЕПС)), тобто в добре вимірюваних і фізично зрозумілих показниках професійної діяльності [2; 6-8; 12-17 та ін.], а не лише в абстрактних лінгвістичних показниках, рекомендованих ICAO для оцінювання рівнів небезпек [18]. Однак, в перелічених працях недостатньо детально обґрунтовані певні характерні точки емпіричних моделей, що застосовуються в інтегративній (цілісній) оцінці ставлення випробуваних до порушень SOP's.

1. Постановка задачі

Виходячи з вищевказаного та результатів наших попередніх пілотних досліджень апробаційного характеру [19], метою цієї публікації є обґрунтування і уточнення процедури аналізу проактивних емпіричних моделей ставлення ДУПР до порушень SOP's на прикладі порушень НЕПС.

2. Результати досліджень

2.1. Вдосконалення і уточнення процедури аналізу емпіричних функцій ставлення диспетчерів до порушень норм ешелонування

Отже, ОДПР виявляються шляхом побудови за обмеженою кількістю точок (п'ятьма) і подальшого аналізу оціночних функцій корисності (ОФК) континуумів НЕПС в процесі вирішення закритої задачі ПР. Характерні точки ОФК визначаються шляхом вирішення віртуальних лотерей, поданих на рис. 2, де $L_{0,25}$, $L_{0,5}$, $L_{0,75}$ – детерміновані еквіваленти лотерей (ДЕЛ) з відповідною корисністю.

У контексті наших досліджень ДЕЛ – це такий показник професійної діяльності (відстань між ПС в зоні відповідальності), коли ДУПР, як людині, яка ПР, буде байдуже, чи отримати цю відстань напевно, чи прийняти участь у лотереї, де з рівними шансами 50%-50% можна отримати «виграш», який абсолютно влаштовує / не влаштовує його.

Кожна характерна точка має відповідну корисність: $f_{UF}(L = L_0 = 0) = 0$, $f_{UF}(L = L_{0,25}) = 0,25$, $f_{UF}(L = L_{0,5}) = 0,5$, $f_{UF}(L = L_{0,75}) = 0,75$,

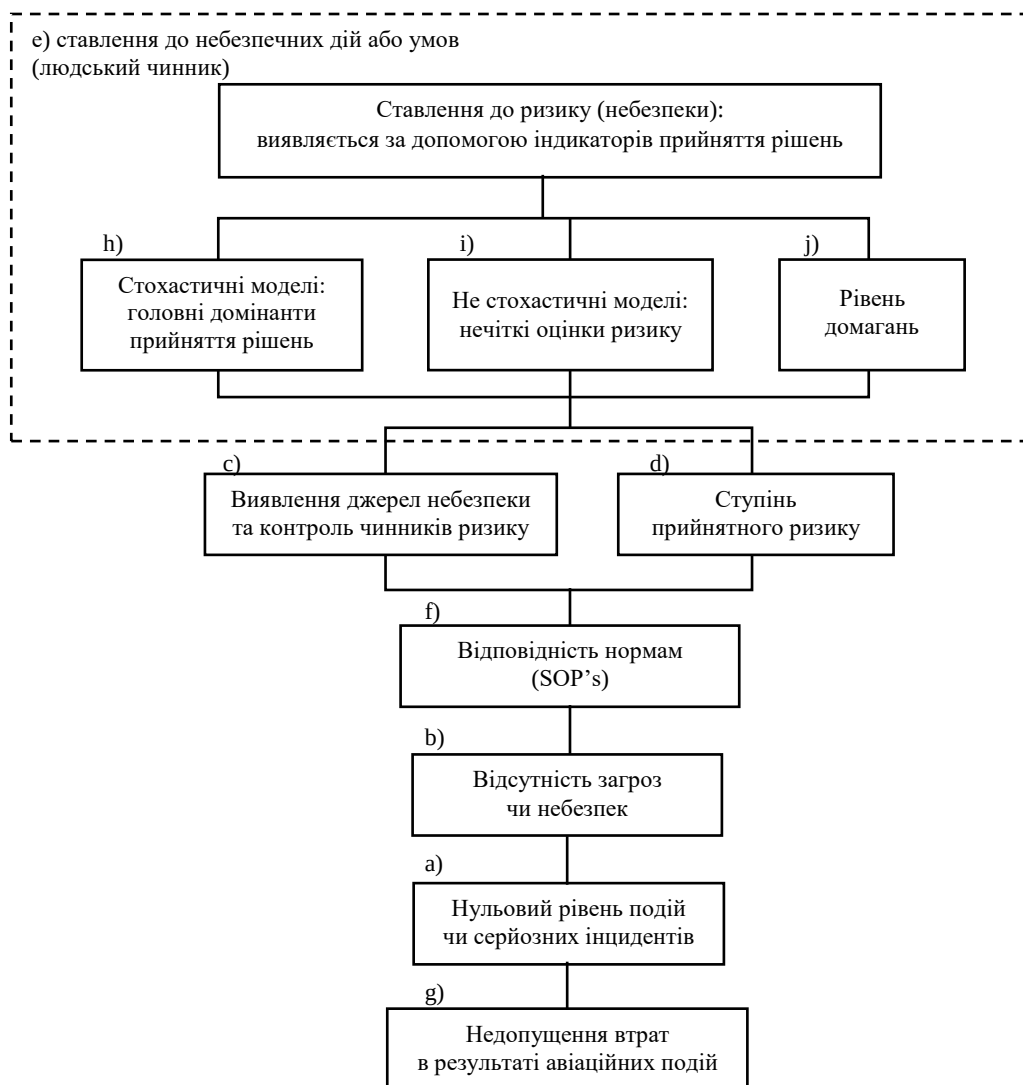


Рис. 1. Ілюстрація впливу людського чинника на взаємодію складників концепції безпеки польотів ICAO

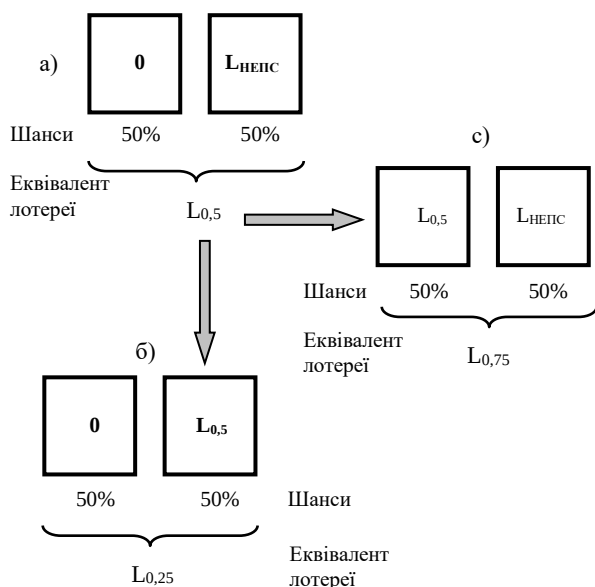


Рис. 2. Процедура виявлення характерних точок оцінної функції корисності-безпеки континууму норми ешелонування повітряних суден

$f_{UF}(L = L_1 = L_{НЕПС}) = 1$, по яких й будуються шукані ОФК $f_{UF}(L)$.

Ставлення до ризику (схильність, несхильність, байдужість), визначається аналізом виду ОФК і встановлюваної надбавки за ризик (НР):

$$НР = \bar{L} - L_{0,5} = \begin{cases} > 0 & \text{— несхильність до ризику,} \\ < 0 & \text{— схильність до ризику,} \\ = 0 & \text{— байдужість до ризику,} \end{cases} \quad (1)$$

де $\bar{L}$ — очікуваний виграш лотереї на рис. 2, а):

$$\begin{aligned} \bar{L} &= 0,5 \cdot L_0 + 0,5 \cdot L_1 = \\ &= 0,5 \cdot (L_0 = 0 + L_1 = L_{НЕПС}) = 0,5 \cdot L_{НЕПС}. \end{aligned} \quad (2)$$

Як бачимо з виразів (1) (2), встановлення ОДПР відбувається усього по одній характерній точці — ДЕЛ з корисністю 0,5 і не враховує особливості ставлення ДУПР до корисності інших ділянок досліджуваної НЕПС. При цьому відомі рекомендації [20] є певним чином розпливчасті, що утруднює їх практичне застосування. Наші дослідження [7; 21;

22] дозволили усунути цей недолік шляхом інтегративного застосування у показнику НР усіх характерних точок досліджуваних ОФК, тобто усіх ДЕЛ (рис. 2). Ефективність такого підходу складає 17,8%.

До досліджень було залучено 126 студентів-авіадиспетчерів (САД), які побудували індивідуальні ОФК по усьому спектру НЕПС, встановлених ІКАО для горизонтального польоту. Було проведено нормування значень аргументів характерних точок ОФК досліджуваних НЕПС, а потім здійснено їх мультиплікативну агрегацію, що дало змогу отримати узагальнену ОФК (рис. 3).

З аналізу індивідуальних ОФК виявлено таке співвідношення САД, схильних (СР), байдужих (БР) і несхильних (НСР) до ризику:

$$\begin{aligned} \text{СР} : \text{БР} : \text{НР} &\Leftrightarrow 1 : 2,5 : 21,9 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 3,9\% : 9,8\% : 86,3\%. \end{aligned} \quad (3)$$

Разом з тим, недовизначеною є процедура виявлення найбільш характерної точки емпіричних ОФК виду, поданих на рис. 3, яка має бути застосованою для встановлення агрегованої оцінки ставлення випробуваних САД до небезпек порушень НЕПС. Відповідні дослідження, проведені з професійними ДУПР, стосувалися спадних ОФК (робоче навантаження – кількість ПС, що одночасно знаходяться на керуванні) [23; 24], тому вважаємо що їх результати недоцільно застосовувати для аналізу зростаючих ОФК.

Зрозуміло, що шукана характерна точка має якимось чином корелювати з певними показниками інших моделей. Встановлено (табл. 1), що незалежно від ставлення до ризику, тобто демонстрованої ОДПР, статистично-вірогідно збігаються ДЕЛ з корисністю 0,75 і РД. Привернемо увагу, що цей

результат отримано уперше. Отже, ДЕЛ з корисністю 0,75 (рис. 2, с) й буде застосований у інтегративному показнику, що комплексно визначає ставлення до ризику порушень НЕПС.

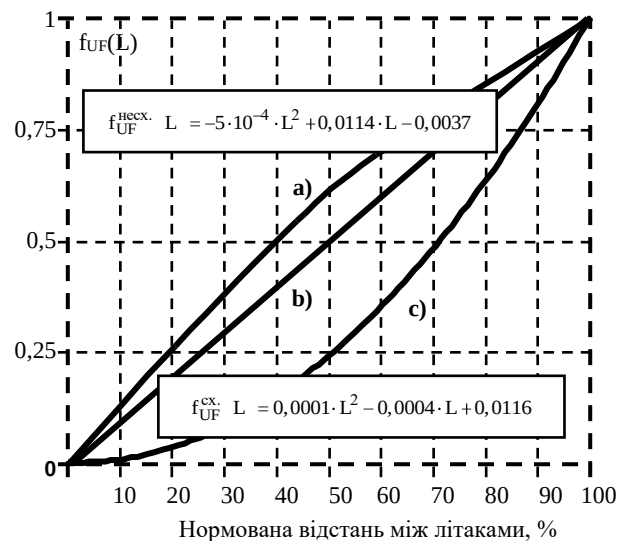


Рис. 3. Узагальнені оціночні функції корисності для приведеної норми ешелонування повітряних суден у горизонтальній площині: а) – несхильність, б) – байдужість, в) – схильність до ризику

Встановлення РД ілюструє рис. 4. РД є відносно стійким показником направленості особистості ДУПР (САД), тому $L = L_{РД} = L^*$, якщо

$$\begin{cases} \Delta f_{UF} L = f_{UF} L_r - f_{UF} L_{r-1} \Rightarrow \max, \\ f_{UF} L_r > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Таблиця 1

Результати порівняння рівнів домагань з показниками основних домінант прийняття рішень студентами-авіадиспетчерами

№ НЕПС	$L_{\text{НЕПС}}$	Порівняння рівнів домагань з еквівалентами лотерей, які мають корисність 0,75
1	8 км	$ \dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75} < t_{1\%,k=250} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow 0,27 < 0,716$
2	10 км	$ \dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75} < t_{1\%,k=252} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow 0,47 < 0,746$
3		
4		
5		
6	12 км	$ \dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75} < t_{1\%,k=248} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow 0,17 < 0,899$
7	20 км	$ \dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75} < t_{1\%,k=254} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow 0,47 < 1,503$
8		
9		
10		
11	30 км	$ \dot{L}_{РД} - \dot{L}_{0,75} < t_{1\%,k=250} \sqrt{D(L) \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_j} \right)} \Rightarrow 1,2 < 2,05$

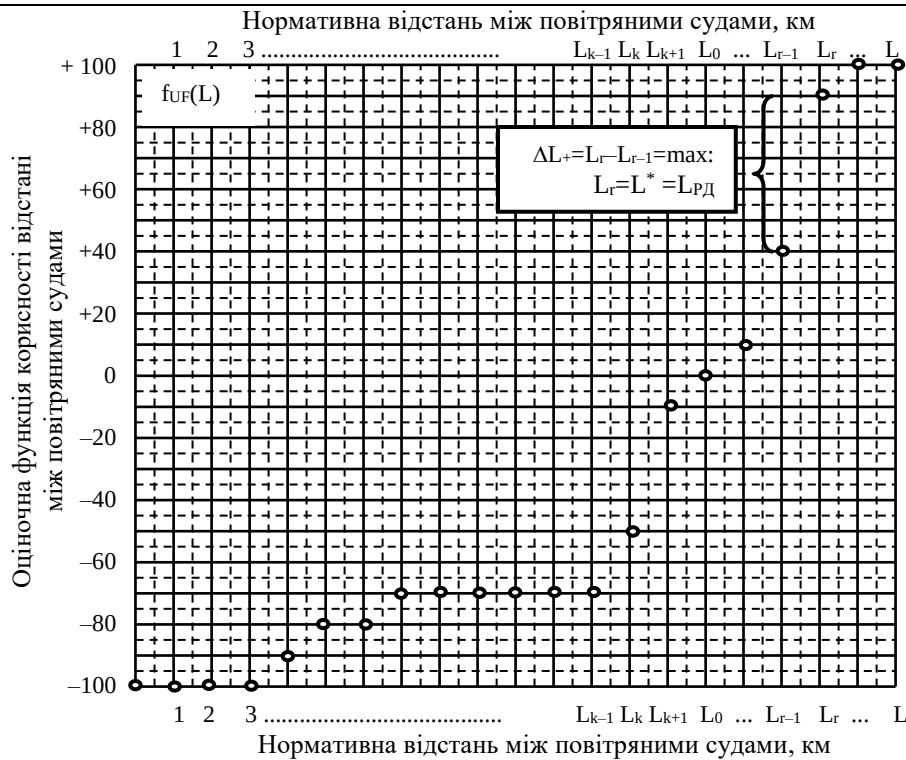


Рис. 4. Парадигма побудови оціночної функції корисності відстані між повітряними судами для відкритої задачі прийняття рішень

Природно, що саме РД й має бути врахованим у інтегративному показнику ставлення до ризику.

Як зазначалося вище, нечітке ставлення до ризику визначається шляхом побудови і подальшого аналізу функцій належності (ФН) лінгвістичної змінної (ЛЗ) «рівень небезпеки (РН)» по такій шкалі, що була пропонується ІКАО [18]:

$$T^M(RN) = \begin{matrix} \tilde{R}_K & \tilde{R}_H \\ \text{Катастрофічний} & \text{Небезпечний} \\ \tilde{R}_C & \tilde{R}_{H3} & \tilde{R}_M \\ \text{Суттєвий} & \text{Незначний} & \text{Мізерний;} \end{matrix} \quad (5)$$

де «+» – позначка логічного об'єднання окремих термів-якісних оцінок загроз у відповідну лінгвістичну шкалу «РН».

Відповідна інформація збирається у вигляді точок на континуумі НЕПС за допомогою адаптованої для потреб досліджень шкали Купера-Харпера. Що дало змогу застосувати так звану «матрицю підказок» для отримання функцій належності із гладкими, спадними фронтами (рис. 5) [6; 12; 13; 25 та ін.].

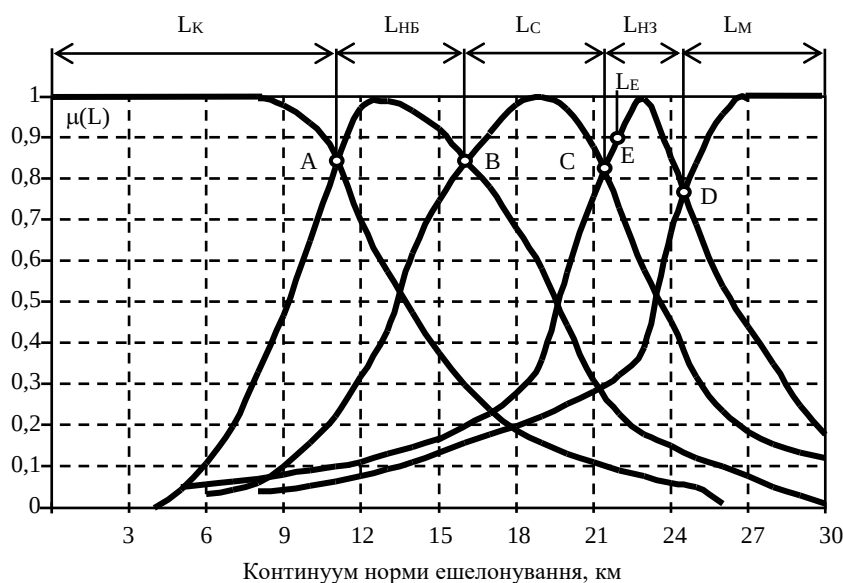


Рис. 5. Приклад нечіткої моделі кваліметрії ставлення студентів-авіадиспетчерів до порушень норми ешелонування повітряних суден $L=30$ km

Як бачимо, відстані між точками А, В, С, D перетину ФН сусідніх термів – лінгвістичних оцінок шкали РН (5) й визначають відповідні їм кількісні показники.

Орієнтуючись на «трикутник ризиків» ІСАО, було б логічно припустити, що ставлення до ризику визначає відстань, що відповідає точці С, тобто переходу від суттєвого ризику у порушенні НЕПС до незначного, припустимого ризику.

Однак, в такому випадку відстань між ПС в цій точці L_C з однаковою впевненістю (шансами) можна віднести і до суттєвого ризику $\tilde{R}_C$, і до незначного ризику $\tilde{R}_{H3}$, оскільки $\mu_C L_C = \mu_{H3} L_C$. Для зняття цієї невизначеності вводимо імператив на значення ФН:

$$\begin{cases} \mu(L_C) < 0,9: & \mu_{H3}(L_E) = 0,9, \\ \mu(L_C) \geq 0,9: & \mu_{H3}(L_E) = 1, \end{cases} \quad (6)$$

що дозволяє фактично з абсолютною впевненістю віднести цю відстань до незначного ризику.

Таким чином, нами обґрунтовані і визначені характерні показники ПР і їх кількісні характеристики, які слід агрегувати у інтегративну (цілісну) оцінку ставлення до ризику, якій і лише якій притаманна системна властивість емерджентності.

2.2. Уточнені інтегративні оцінки ставлення до небезпек порушень норма ешелонування

Показники $L_{0,75}$, L^* і L_E нормуються стосовно довжини НЕПС [19; 22; 26 та ін.]:

$$R_{\text{ОДПР}} = \frac{L_{0,75}}{L_{\text{НЕПС}}}, R_{\text{РД}} = \frac{L^*}{L_{\text{НЕПС}}}, R_{\text{РН}} = \frac{L_E}{L_{\text{НЕПС}}}, \quad (7)$$

що, з одного боку, робить їх безрозмірними і одинорідними, а з іншого боку, дає можливість реалізувати мультиплікативний підхід до їх агрегації в інтегративну оцінку ризику:

$$R = \sqrt[3]{R_{\text{ОДПР}} \cdot R_{\text{РД}} \cdot R_{\text{РН}}} = \frac{1}{L_{\text{НЕПС}}} \sqrt[3]{L_{0,75} \cdot L^* \cdot L_E}. \quad (8)$$

На відміну від адитивного підходу, де припускається майже абсолютна компенсація низьких значень одних частинних показників ставлення до ризику високими значеннями інших показників, мультиплікативний підхід орієнтується на відносну часткову компенсацію. Тому отримані результати є більш обережними (надійними), що відображається у можливості запобігання помилок І-II роду.

Шукане значення ставлення до ризику (8) змінюється у межах: $R = [0, 1]$. Чим більше прогнозне значення R , тим менших відхилень від стандартних SOP's (НЕПС) можуть припуститися САД. З іншого боку, чим менше значення R , тим більший рівень

самооцінки демонструє випробуваний.

Було з'ясовано, що з 11 НЕПС ($L = 8 \text{ km}$, $L = 10 \text{ km}$ (4 умови реалізації норми у просторі середовища), $L = 12 \text{ km}$, $L = 20 \text{ km}$ (4 умови реалізації норми у просторі середовища), $L = 30 \text{ km}$), встановлених ІСАО для горизонтальної площини виконання польоту, САД не розрізняють внутрішніх особливостей організації НЕПС $L = 10 \text{ km}$ і $L = 20 \text{ km}$. Тому відповідні показники (проекції характерних точок на континуум норми) були мультиплікативно узагальнені, спочатку у межах зазначених норм, потім пронормовані стосовно довжини норми, а потім знову ж мультиплікативно узагальнені вже по усьому їх спектру.

Для досліджуваних НЕПС узагальнений показник проактивного ставлення до ризику їх порушень встановлює величину $R = 0,72$. Причому мінімальне його значення встановлене для норми $L = 20 \text{ km}$ ($R_{L=20 \text{ km}} = 0,69$), а максимальне – для норми $L = 10 \text{ km}$ і $L = 12 \text{ km}$ ($R_{L=10 \text{ km}} = R_{L=12 \text{ km}} = 0,74$).

Були уточнені наші попередні результати щодо рішення «трикутника ризиків» ІСАО (табл. 2). Як бачимо з табл. 1, уточнення стосуються лише точки переходу суттєвої небезпеки порушень НЕПС у незначну, що має позитивно вплинути на вимоги щодо забезпечення належного рівня БП. Узагальнена ефективність отриманого результату встановлює 2,78 % від протяжності НЕПС.

Уточнені проактивні показники ставлення САД до ризику порушень НЕПС доцільно застосовувати для вдосконалення процесів їх професійної підготовки, а також для методологічного наповнення систем підтримки ПР в процесі управління БП.

Висновки

1. Зазначено провідну роль ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов у архітектоніці взаємодії складників поточної парадигми БП ІСАО, а також провідну роль ПР в професійній діяльності АО «переднього краю».

2. Обґрунтовано, що зазначене ставлення проявляється через такі показники прояву ЛЧ під час ПР, як ОДПР, РД і нечіткі оцінки ризику.

3. Побудовані відповідні моделі і встановлені характерні кількісні значення кожного показника. У тому числі, доведено необхідність уточнення межі переходу суттєвої небезпеки порушень НЕПС у незначну небезпеку. Орієнтуючись на значення функції належності у точці перетину графіків суттєвої і незначної небезпек, встановлено імперативні критерії і обґрунтовані шукані границі.

Таблиця 2

Критерії розв'язання «трикутника ризиків» ІКАО за показниками небезпеки

Рівні ризиків		Критеріальні оцінки	
1		попередні	уточнені
Неприпустимий	Катастрофічний	$0 < \dot{L}_K < 0,42$	$\dot{L}_K < 0,42$
	Небезпечний	$0,42 \leq \dot{L}_{НБ} < 0,56$	$0,42 \leq \dot{L}_{НБ} < 0,56$
	Суттєвий	$0,56 \leq \dot{L}_C < 0,72$	$0,56 \leq \dot{L}_C < 0,74$
Припустимий	Незначний (прийнятний)	$0,72 \leq \dot{L}_{НЗ} < 0,83$	$0,74 \leq \dot{L}_{НЗ} < 0,83$
	Мізерний	$\dot{L}_M \geq 0,83$	$\dot{L}_M \geq 0,83$

4. Запропоновано модель агрегації і реалізований мультиплікативний підхід до встановлення інтегративного (цілісного) показника ставлення до ризику порушень НЕПС. Що дозволяє, на відміну від адитивного підходу, отримати більш обережні, а отже – і надійні оцінки ризику. Максимальне значення показника ризику встановлює величину 0,74, мінімальне – 0,69.

5. Уточнені критерії вирішення «трикутника ризиків» ІКАО. Ефективність уточнення складає 2,78% від протяжності НЕПС. Отримані результати можуть бути застосовані для організації особистісно-орієнтованої тренажерної підготовки САД, а також методологічного наповнення систем підтримки ПР в процесі УБП.

6. Подальші дослідження слід проводити в напрямках:

- застосування нечітких лотерей для встановлення ОДПР;
- побудови двох і трьох вимірних ОФК показників і характеристик професійної діяльності АО «переднього краю» тощо.

Література

1. Global Aviation Safety Plan (GASP) 2017-2019 [Electronic resource] : Doc. ICAO 10104. - Montreal, Canada, 2016. - Access mode: <https://www.icao.int/safety/Pages/GASP.aspx>. - 12.09.2019.
2. Рева, О. М. Сучасні проблеми людського чинника в авіації [Текст] : навч. посіб. / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін ; за ред. О. М. Реви. - К. : Укр ІНТЕІ, 2018. - 124 с.
3. Personnel Licensing [Electronic resource] : Annex 1 to the Convention on International Civil Aviation. - Eleventh Edition. - Montreal, Canada, July 2011. - Access mode: http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/saglik_birimi/mevzuat/ICAO_Annex%201-ed11.pdf. - 12.09.2019.
4. Ходаков, В. Є. Вступ до комп'ютерних наук [Текст] : навч. посіб. / В. Є. Ходаков, Н. В. Пилипенко, Н. А. Соколова ; за ред. В. Є. Ходакова. - К. : Центр навчальної літератури, 2005. - 496 с.
5. Hurst, R. Pilot Error – The Human Factors

[Text] / R. Hurst & L. Hurst. – 2nd Edition. – Granada Publishing, UK, 1983. – 262 p.

6. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін та ін. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., - Херсон, 24-26 травня 2016 р. - Херсон : ХДМА, 2016. - С. 90-97.

7. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation [Text] / O. Reva, S. Borsuk, B. Mirzayev et all // Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27–31, 2016. – Walt Disney World, Florida, USA. – P. 137-147.

8. Borsuk, S. P. New Methods for Air Traffic Controller Main Solution Taking Dominant Determination Concerning Their Attitude to Risk [Text] / S. P. Borsuk // Logistics and Transport. – 2017. – No. 1. – P. 25-29.

9. Ergonomic Assessment of Instructors' Capability to Conduct Personality-Oriented Training for Air Traffic Control (ATC) Personnel [Text] / Oleksii Reva, Sergii Borsuk, Valeriy Shulgin, Serhiy Nedbay // Advances in Human Factors of Transportation Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors in Transportation, July 24–28, 2019. – Washington D.C., USA, 2019. – P. 783-793.

10. Правила медичного розслідування авіаційних подій. Затв. Наказом Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки польотів [Електронний ресурс] 05.12.2005 № 919. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0043-06>. - 12.09.2019.

11. Руководство по расследованию авиационных происшествий и инцидентов. – Издание первое [Електронний ресурс]. – Утв. Приказом НБРГА от 28.01.2013 № 6. – Режим доступу: http://www.nbaai.gov.ua/uploads/pdf/Investigation_Manual_2017.pdf. - 12.09.2019.

12. Reva, O. M. Fuzzy Model of Air Traffic Controller Attitude to the Risk During Decision Making

[Text] / O. M. Reva, S. P. Borsuk // 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014, Kraków, Poland 19-23 July 2014. – P. 6229-6238.

13. Reva, O. Features of ICAO «risk triangle» solution of human factors complicated standards of the airspace separation [Text] / O. Reva, B. Mirzayev, P. Mykhtarov, Sh. Nasirov // Aviation in the XXI-st century : The sixth world congress. Safety in Aviation and Space Technologies. - September, 23-25, 2014, Kyiv, Ukraine, - K. : NAU, 2014. – P. 9.272-9.276.

14. Reva, O. M. Research of air traffic control students proportion concerning their attitude to risk [Text] / O. M. Reva, S. P. Borsuk // International Conference on Industrial Technology and Management Science (ITMS 2015) March 27-28, 2015 Tianjin, China. / Atlantis Press, Computer Science Research. - V. 34. – P. 1631-1634.

15. Reva, O. M. Air Traffic Control Students Tendencies of Desirability Levels during Flight Norms Violations [Text] / O. M. Reva, S. P. Borsuk // 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 26-30 July, Las Vegas, Nevada, USA, Procedia Manufacturing, V. 3. – 2015. – P. 3049-3053.

16. Reva, O. M. Appliance of area under air traffic controller estimate function for main decision taking dominant determination [Text] / O. M. Reva, S. P. Borsuk // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2015. – № 7 (124). – С. 157-163.

17. Рева О. М. Пілотний аналіз рівнів домагань авіадиспетчерів на спектрі горизонтальних норм ешелонування повітряного простору [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2015. – № 9 (126). – С. 153-160.

18. Safety Management Manual (SMM) [Electronic resource] : Doc ICAO 9859 – AN/460. - Fourth Edition (advance unedited). - Montreal, Canada, 2018. – Access mode: <https://www.icao.int/Pages/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>. – 12.09.2019.

19. Людський чинник у прийнятті рішень: проактивна інтегративна оцінка ставлення авіадиспетчерів до ризику порушень норм ешелонування повітряних суден [Текст] / О. М. Рева, В. А. Шульгін, С. В. Недабай та інші // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2019) : збірка наукових праць XV Міжнародної наукової конференції, присвяченої 90-річчю академіка Юрія Кривоноса, - Залізний Порт, 21-25 травня 2019 р. – Херсон : ФОП Вишемирський В.С. – С. 157-159.

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

21. Вдосконалення процедури аналізу оціночних функцій, побудованих для закритих задач прийняття рішень авіаційними операторами «передньо-

го краю» [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров та інші // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТОО-2015 : матеріали VI Міжнародної наук.-практ. конф., Херсон, 24-25 вересня 2015 р. - Херсон : ХДМА, 2015. – С. 291-294.

22. Рева О. М. Ефективність інтегративного методу виявлення ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до порушень стандартних експлуатаційних процедур / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мірзоев // Вісник двигунобудування. – 2016. – № 2. – С. 9-18.

23. Рева, О. М. Людський фактор та безпека польотів: рівень домагань авіадиспетчерів у професійній діяльності [Текст] / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // Створення системи забезпечення психологічної та психофізіологічної надійності персоналу. Організація та проведення психо-профілактичної роботи в органах внутрішніх справ України: м-ли III Всеукр. наук.-практ. семін. – К. : КІОІ МВС України, 2005. – С. 121-128.

24. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження [Текст] / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, П. Ш. Мухтарова та інші // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2013. – № 8 (105). – С. 273-281.

25. Рева, О. М. Визначення граничних рівнів ризику під час порушення норми ешелонування повітряного простору [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2014. – № 9 (116). - С. 151-156.

26. Методика побудови інтегративної оціночної функції корисності норм ешелонування повітряних суден [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін та інші // Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, Херсон, 14-16 вересня 2017 р. - Херсон : ХДМА, 2017. – С. 284-288.

References

1. Global Aviation Safety Plan (GASP) 2017-2019 : Doc. ICAO 10104. Montreal, Canada, 2016. Available at: <https://www.icao.int/safety/Pages/GASP.aspx> (accessed 12.09.2019).

2. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Shulgin, V. A. Suchasni problemy liudskoho chynnyka v aviatsii [Modern problems of the human factor in aviation]. Kiev. UkrISTEI Publ. 124 p. (in Ukraine)

3. Personnel Licensing : Annex 1 to the Convention on International Civil Aviation. Eleventh Edition. Montreal, Canada, July 2011. Available at: http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/saglik_birimi/mevzuat/ICAO_Annex%201-ed11.pdf (accessed 12.09.2019).

4. Khodakov, V. Ye., Pylipenko, N. V., Sokolova, N. A. Vstup do kompiuternykh nauk [Computer Science: Tutorial. tool.]. Kiev : Center for Educational Literature Publ., 2005. 496 p. (in Ukraine)

5. Hurst, R., Hurst L. *Pilot Error – The Human Factors*, Granada Publishing, UK, 1983. 262 p.

6. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Shtulgin, V. A., Mirzoev, B. M., Mukhtarov, P. Sh., Nasirov, Sh. Sh. Stavlennia aviatsiinykh operatoriv «perednoho kraiu» do nebezpechnykh dii abo umov profesiinoi diialnosti – holovnyi chynnyk zabezpechennia bezpeky polotiv [The attitude of the "front edge" aviation operators to dangerous actions or conditions of professional activity – the main factor of flights safety]. *Materialy 8 Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasni informatsiini ta innovatsiini tekhnologii na transporti (MINTT-2016)»* [Proc. 8th International scientificpractical conference «Modern information and innovative technologies in transport MINTT-2016»]. Kherson, May 24-26, Kherson. Kherson State Marine Academy Publ., 2016, pp. 90-97. (In Ukraine).

7. Reva, O., Borsuk, S., Mirzayev, B., Mukhtarov, P. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation. *Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation*, July 27-31, 2016, Walt Disney World, Florida, USA, pp. 137-147.

8. Borsuk, S. P. New Methods for Air Traffic Controller Main Solution Taking Dominant Determination Concerning Their Attitude to Risk. *Logistics and Transport*, 2017, no. 1, pp. 25-29. (in Poland).

9. Reva, O., Borsuk, S., Shulgin, V., Nedbay, S. Ergonomic Assessment of Instructors' Capability to Conduct Personality-Oriented Training for Air Traffic Control (ATC) Personnel. *Advances in Human Factors of Transportation Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors in Transportation*, July 24-28, 2019, Washington D.C., USA, pp. 783-793.

10. Pravyla medychnoho rozsliduvannia aviatsiinykh podii [The rules of the medical investigation of aviation events]. Zatv. Nakazom Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z nahliadu za zabezpechenniam bezpeky polotiv 05.12.2005 № 919. [Were approved by the Order of the State Aviation Administration of Ukraine for Safety Oversight on 05.12.2005, no. 919.

11. *Rukovodstvo po rassledovaniyu aviatsionnykh proisshestviy i intsidentov* [Accident and Incident Investigation Manual]. Yzdanye pervoe. – Utv. Prykazom NBRHA ot 28.01.2013. no 6. [First Edition. - Approved by order of National Bureau of Air Accidents Investigation of Ukraine. January 28, 2013 no. 6]. Available at: http://www.nbaai.gov.ua/uploads/pdf/Investigation_Manual_2017.pdf (accessed 12.09.2019).

12. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Fuzzy Model of Air Traffic Controller Attitude to the Risk During Decision Making. *5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014*, Kraków, Poland 19-23 July 2014, pp. 6229-6238.

13. Reva, O., Mirzayev, B., Mykhtarov, P.,

Nasirov, Sh. Features of ICAO «risk triangle» solution of human factors complicated standards of the airspace separation. *Aviation in the XXI-st century : The sixth world congress. Safety in Aviation and Space Technologies*, September, 23-25, 2014, Kyiv, NAU Publ., 2014, pp. 9.272-9.276. (in Ukraine)

14. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Research of air traffic control students proportion concerning their attitude to risk. *International Conference on Industrial Technology and Management Science (ITMS 2015)*, March 27-28, 2015 Tianjin, China. Atlantis Press, Computer Science Research, vol. 34, pp. 1631-1634.

15. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Air Traffic Control Students Tendencies of Desirability Levels during Flight Norms Violations. *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015*, 26-30 July, Las Vegas, Nevada, USA, Procedia Manufacturing, vol. 3, 2015, pp. 3049-3053.

16. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Appliange of area under air traffic controller estimate function for main decision taking dominant determination. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologija - Aerospace technic and technology*, 2015, no. 7 (124), pp. 157-163. (in Ukraine)

17. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Pilotnyi analiz rivniv domahan aviadyspetcheriv na spektri horizontalnykh norm eshelonuvannia povitrianoho prostoru [Pilot analysis of air traffic controllers desirability levels on the specter of the horizontal air space flight separation norms]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologija - Aerospace technic and technology*, Kharkiv, 2015, no. 9 (126), pp. 153-160. (in Ukraine)

18. Safety Management Manual (SMM). Doc ICAO 9859 – AN/460. Fourth Edition (advance unedited). Montreal, Canada, 2018. Available at: <https://www.icao.int/Pages/PageNotFound.aspx?requestUrl=https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf> (accessed 12.09.2019).

19. Reva, O. M., Shulgin, V. A., Nedbay, S. V., Nevynitsyn, A. M. Liudskyi chynnyk u pryiniatti rishen: proaktyvna intehratyvna otsinka stavlennia aviadyspetcheriv do ryzyku porushen norm eshelonuvannia povitrianykh sudden [Human Factor In Decision Making: Proactive Integrated Evaluation of Air Traffic Controller's Attitudes to Risk of Violation Separations Norms between Aircraft]. *Intelektualni systemy pryiniattia rishen i problemy obchysliuvannia intelektu (ISDMCI2019) : zbirka naukovykh prats XV Mizhnarodnoi naukovo konferentsii, prysviachenoj 90-richchiu akademika Yuriia Kryvonosa* [Intellectual Systems of Decision-making and Problem of Computational Intelligence (ISDMCI2019) : Abstracts of XIV International scientific conference, dedicated to the 90th anniversary of Academician Yuri Krivonos]. Zheleznii Port, May 21-25, 2019. Kherson: FOP Vyshemirsky Publ., pp. 157-159. (in Ukraine)

20. Nadezhnost i effektivnost v tekhnike: Effektivnost tekhnicheskikh sistem [Reliability and efficiency in technology: a guidebook of 10 volumes.

vol. 3. : Efficiency of technical systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 328 p. (in Russia)

21. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Mukhtarov, P. Sh. Mirzoev, B. M. Vdoskonalennia protsedury analizu otsinonych funktsii, pobudovanykh dlia zakrytykh zadach pryiniattia rishen aviatsiinymy operatoramy «perednoho kraiu» [Improvement of the procedure of analysis of the evaluation functions, built for closed decision-making tasks by aviation operators of «front-line»]. *Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti i tekhnologii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia SEUTTOO-2015 : materialy VI Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* [Modern energy installations on transport and technologies and equipment for their maintenance CEUTTOO-2015: materials of VI International scientific-practical]. Kherson, September 24-25, 2015. Kherson. Kherson State Maritime Academy Publ., 2015, pp. 291-294. (in Ukraine)

22. Reva, O. M., Mukhtarov, P. Sh., Mirzayev, B. M. Efektyvnist intehratyvnoho metodu vyavlennia sta-vlennia aviatsiinymy operatoriv «perednoho kraiu» do porushen standartnykh ekspluatatsiinymy protsedur [Effectivity of integrative method of determining of aviation operators' relations of «front edge» to trouble of standard exploitation procedure]. *Visnyk dyv`gunobuduvannya* [Bulletin of Engine Engineering: Scientific and Technical. Magazin]. Zaporizhzhia : JSC «Motor Sich» Publ., 2016, no. 2, pp. 9-18. (in Ukraine)

23. Reva, O. M., Seleznev, G. M. Liudskyi faktor ta bezpeka polotiv: riven domahan aviadyspetcheriv u profesiinii diialnosti [The human factor and flight safety: Level of claims of air traffic controllers in professional activities]. *Stvorennia sy`stemy` zabezpechennia psy`xologichnoyi ta psy`xofiziologichnoyi nadijnosti personalu. Organizaciya ta provedennia psy`xoprofilakty`chnoyi roboty` v organax*

vnutrishnix sprav Ukrayiny` [Creation of a system for ensuring the psychological and psychophysiological reliability of personnel. Organization and conduct of psycho-preventive work in the internal affairs bodies of Ukraine: materials of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Seminar]. Riev. KUI of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 2005, pp. 121-128.

24. Reva, A. N., Mirzayev, B. M., Mukhtarov, P. Sh., Nasirov, Sh. Sh. Riven domahan aviadyspetcheriv na pokaznykakh robochoho navantazhennia [Level of claims of air traffic controllers for results of working load]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, Kharkiv, 2015, no. 8 (105), pp. 273-283. (in Ukraine)

25. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Shylgin, V. A. Vyznachennia hranychnykh rivniv ryzyku pid chas porushennia normy eshelonuvannia povitrianoho prostoru [Finding of boarder risk levels during air space flight levels norms violation]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, Kharkiv, 2015, no. 9 (106), pp. 151-156. (in Ukraine)

26. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Shulgin, V. A., Nasirov, Sh. Sh. Metodyka pobudovy intehratyvnoi otsinочноi funktsii korysnosti norm eshelonuvannia povitrianykh suden [A technique for constructing an integrative evaluation function of utility of aircraft separation standards]. *Bezpeka zhyttiedialnosti na transporti ta vyrobnytstvi – osvita, nauka, praktyka : materialy IV Mizhnarodnoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii* [Life Safety in Transport and Production - Education, Science, Practice: Materials of the IV International Scientific and Practical Conference], - Kherson, September 14-16, 2017 – Kherson : Kherson Kherson State Maritime Academy Publ., 2017. - pp. 284-288. (in Ukraine)

Надійшла до редакції 05.08.2019, розглянута на редколегії 10.12.2019

УТОЧНЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ПРОАКТИВНОЙ ИНТЕГРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ОТНОШЕНИЯ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ К НАРУШЕНИЯМ СТАНДАРТНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕДУР

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

Представляя профессиональную деятельность авиационных операторов «переднего края» как непрерывную цепь решений, вырабатываемых и реализуемых в явных / неявных формах, во главу угла структуры взаимодействия составляющих текущей парадигмы концепции безопасности полетов ICAO поставлено «отношение авиационного персонала к опасным действиям или условиям», что поясняет влияние человеческого фактора на эти решения.

Первой составляющей этого «отношения» являются основные доминанты принятия решений, определяющие склонность, несклонность, безразличие к риску нарушений стандартных эксплуатационных процедур, в частности норм эшелонирования воздушных судов. Доминанты устанавливаются путем построения по ограниченному количеству точек и дальнейшего анализа оценочной функции полезности континуума нормы эшелонирования в процессе решения закрытой задачи принятия решений. Характерной точкой оценочной функции полезности является детерминированный эквивалент лотереи с полезностью 0,75. Вторая составляющая – это уровни притязаний, определяемые точкой на континууме нормы эшелонирования, которой соответствует максимальный позитивный скачок в представлении авиадиспетчера о ее полезности (приемлемости) с позиций обеспечения надлежащего уровня безопасности полетов. Уровни притязаний адекватно характеризуют самооценку и устанавливаются путем построения по формально неограниченному числу точек и дальнейшего анализа оценочной функции полезности континуума нормы эшелонирования в процессе решения открытых задач принятия решений. Третья составляющая – это нечеткие оценки риска, определяемые из анализа нечетких моделей, что строится в соответствии со шкалой опасности ICAO на континууме норм эшелонирования. Установлено, что характерной точкой этих моделей является точка пересече-

чения функций принадлежности, принадлежащих соседним термам «существенный» и «незначительный» риск. Значение данной точки уточняется с помощью введенного императива-критерия.

Проведено нормирование всех характерных точек. Обоснован и реализован мультипликативный подход к получению интегративной (целостной) оценки отношения к риску, что способствует получению как более осторожных относительно аддитивного подхода результатов, так и предотвращению ошибок I-II рода.

Ключевые слова: безопасность полетов; человеческий фактор; принятие решений; управление воздушным движением; отношение к риску нарушениям норм эшелонирования воздушных судов; основные доминанты; уровни притязаний; нечеткие оценки риска; мультипликация частных показателей принятия решений.

REFINED METHODOLOGY OF A PROACTIVE INTEGRATIVE ASSESSMENT OF THE ATTITUDE OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS TO VIOLATIONS OF STANDARD OPERATING PROCEDURES

O. M. Reva, S. P. Borsuk, V. A. Shulgin, V. O. Lypchanskii

Representing the professional activities of the «front-line» aviation operators as an unbroken chain of decisions made and implemented in explicit/implicit forms, the interaction of the components of the current paradigm of the ICAO flight safety concept is placed on “the attitude of aviation personnel to hazardous actions or conditions”, which explains the impact human factor in these decisions.

The first part of the studied “attitude” is the main decision-making dominants that determine preposition, indifference, and aversion to risk of violations of standard operating procedures, in particular, aircraft separation standards. Dominants are established by constructing a finite number of points and further analyzing the utility function of the continuum of the separation rate in the process of solving a closed decision problem. A characteristic point of the estimated utility function is the deterministic equivalent of the lottery with a benefit of 0.75. The second component is the level of claims, which are determined by a point on the continuum of the separation norm, which corresponds to the maximum positive leap in the imagination of the air traffic controller in terms of its usefulness (acceptability) from the standpoint of ensuring the proper level of flight safety.

The levels of claims adequately characterize self-esteem and are established by constructing a formally unlimited number of points and further analysis of the estimation function of the continuum of the separation norms in the process of solving open decision-making problems.

The third component - fuzzy risk assessments, which are determined from the analysis of fuzzy models, are built in accordance with the ICAO scale of hazards on a continuum of separation standards. It has been established that a characteristic point of these models is the intersection point of membership functions belonging to the neighboring terms “significant” and “insignificant” risk. The value of this point is specified using the introduced imperative - criterion.

Normalization of all characteristic points has been carried out. The multiplicative approach to obtaining an integrative (holistic) assessment of the attitude towards risk is substantiated and implemented, which contributes both to obtaining a more cautious, relatively additive approach to the results, and to prevent errors of the I-II kind.

Keywords: flight safety; human factor; decision making; air traffic management; attitude towards violations of aircraft separation standards; key dominants; a level of claims; fuzzy risk assessments; multiplication of partial decision-making indicators.

Рева Олексій Миколайович – д-р техн. наук, проф., головний науковий співробітник Державної наукової установи «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», Київ, Україна.

Борсук Сергій Павлович – д-р техн. наук, доцент, Київ, Україна.

Шульгін Валерій Анатолійович – канд. техн. наук (PhD), доцент, декан факультету льотної експлуатації Льотної академії Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна.

Липчанський Володимир Олександрович – канд. педагог. наук (PhD), доцент, доцент кафедри економіки праці, менеджменту та комерційної діяльності Центрально-Українського Національного технічного університету, Кропивницький, Україна.

Oleksii Reva – Doctor of technical sciences, professor, Principal researcher at Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information, Kyiv, Ukraine, e-mail: ran54@meta.ua, ORCID Author ID: 0000-0002-5954-290X.

Sergii Borsuk – Doctor of technical sciences, Assistant professor, Kyiv, Ukraine, e-mail: greyone.ff@gmail.com.

Shulgin Valeri – Candidate of technical sciences (PhD), Assistant professor, Dean of the flight operation faculty, Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: VAShulgin@ukr.net, ORCID Author ID: 0000-0001-7938-8383.

Lypchanskii Volodymyr – Candidate of pedagogical sciences (PhD), Assistant professor, Department Economy, management and commercial activity Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine, e-mail: lindervlad92@gmail.com, ORCID Author ID: 0000-0002-8525-512X.