

УДК 656.7.084.17(08)

О. М. РЕВА<sup>1</sup>, Ш. Ш. НАСИРОВ<sup>2</sup>, В. О. ЛИПЧАНСЬКИЙ<sup>3</sup><sup>1</sup> Національний авіаційний університет, Київ, Україна;<sup>2</sup> Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS, Баку, Азербайджанська Республіка;<sup>3</sup> Центральнo-Український національний технічний університет, Кропивницький, Україна

## СТРАТЕГІЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕДБАЧЕННЯ У ВИЗНАЧЕННІ СТАВЛЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ ДО НЕБЕЗПЕК ХАРАКТЕРНИХ ПОМИЛОК

Складові поточної парадигми концепції безпеки польотів ІСАО упорядковані з позицій впливу людського чинника, що дозволило визначити провідну роль «ставлення персоналу до небезпечних дій або умов». Зазначений чинник, у свою чергу, є складеним та утворюється, у тому числі, ставленням авіадиспетчерів до небезпек характерних помилок, яких припускаються під час управління повітряним рухом. «Ставлення» визначається через відповідні індивідуальні та групові системи переваг. Спираючись на рекомендації ІСАО, сформований перелік з  $n=21$  характерних помилок і за допомогою експертних процедур виявлені індивідуальні системи переваг диспетчерського персоналу, що визначають впорядкування помилок за ступенем їх небезпек. Для встановлення групових систем переваг уперше в практиці наукових досліджень людського чинника застосовано таку стратегію колективних рішень, як оптимальне передбачення. Проведено порівняльний аналіз отриманих результатів з груповими системами переваг, встановленими за допомогою інших стратегій прийняття рішень та оцінено ефективність стратегії оптимального передбачення. Визначені критерії для виявлення кращих авіадиспетчерів «вимірвачів» небезпек. Запропоновано нову процедуру визначення коефіцієнта згоди групових думок.

**Ключові слова:** безпека польотів, людський чинник, управління повітряним рухом, диспетчерський персонал, характерні помилки, системи переваг, оптимальне передбачення як стратегія групових рішень.

### Вступ

Вже майже три чверті століття поспіль статистика авіаційних пригод (АП) у світовій цивільній авіації (ЦА) переконливо свідчить, що головною їх першопричиною є людський чинник (ЛЧ), який весь зазначений час є об'єктом пильної уваги ІСАО, національних авіаційних адміністрацій та авіакомпаній, фахівців та вчених у відповідній галузі досліджень. Однак, сталий вплив ЛЧ на безпеку польотів (БП) вимагає пошуку нових проактивних (превентивних) і ефективних методів її забезпечення на належному рівні.

Внаслідок наведеного у праці [1] було обґрунтовано, що саме ЛЧ найкращим чином пояснює складну явну і неявну взаємодію і взаємний вплив складових сучасної концепції безпеки польотів (БП) ІСАО, що визначені у праці [2]. Саме тому визначено, що провідною серед складових цієї концепції є «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов» (рис. 1).

Таким чином, дослідження зазначеного «ставлення», особливо авіаційних операторів (АО) «пе-

реднього краю» (членів льотного екіпажу (ЧЛЕ), диспетчерів обслуговування повітряного руху (ОПР), які вносять найбільший внесок у безпосереднє забезпечення належного рівня БП в процесі функціонування авіаційної транспортної системи (АТС) є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої має сприяти зменшенню негативної статистики АП, обумовлених впливом ЛЧ.

### 1. Аналіз досліджень і публікацій

Досліджуване «ставлення до безпечних дій або умов» виявляється через основні доміанти прийняття рішень (ПР), під якими розуміють схильність, несхильність, байдужість до ризику [3-5 та ін.]. Вважаючи ризиком можливість настання небажаної ситуації, яка має різні шанси на реалізацію, введення блоку «і» на рис. 1 є справедливим, оскільки професійна діяльність АО «переднього краю» дійсно відбувається як безперервний ланцюг рішень в умовах ризику. Ґрунтовне дослідження основних доміант ПР (ОДПР) в закритих задачах ПР (ЗПР) в умовах ризику стохастичного характеру проведено у працях [1; 5-9 та ін.].

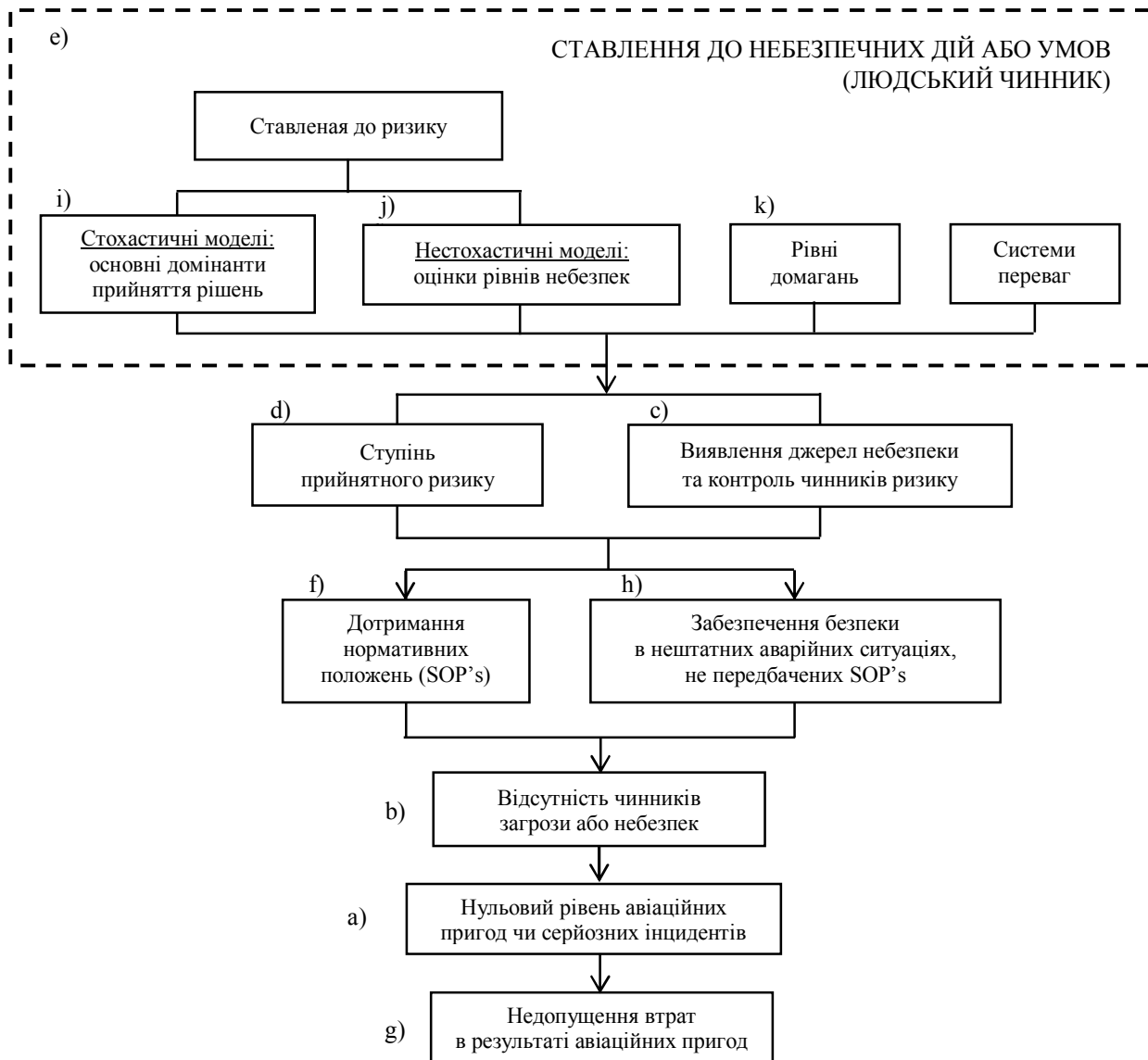


Рис. 1. Уявлення взаємодії складових концепцій безпеки ICAO з позицій прояву людського чинника

Блок « j » на рис. 1 визначає ставлення АО «переднього краю» вже до ризиків нестохастичного характеру (невизначеності), які ілюструє запропонована ICAO шкала рівнів небезпек (РН) [2] і яку методами нечіткої [4; 10; 11 та ін.] можна уявити як терм-множину (ТМ) відповідної лінгвістичної змінної (ЛЗ):

$$T^M (PH) = \begin{matrix} \tilde{R}_K & \tilde{R}_{НБ} \\ \text{катастрофічний} + \text{небезпечний} + \\ \tilde{R}_C & \tilde{R}_{НЗ} & \tilde{R}_M \\ \text{+ суттєвий} + \text{незначний} + \text{мізерний} , \end{matrix} \quad (1)$$

де « + » – позначка логічного об’єднання термів у відповідну шкалу.

Наведене відкрило перспективи для побудови нечітких кваліметричних моделей ставлення АО

(студентів-авіадиспетчерів (САД) і професійних диспетчерів ОНР (ДОПР) до порушень норм ешелонування повітряних суден (ПС) [12-15 та ін.].

Рівні домагань (РД) вважаються основним системоутворюючим чинником особистості АО, «лакмусовим папірцем» перевірки адекватності їх самооцінки (СО) і обов’язково виявляються у винуватців АП [16]. В контексті наших досліджень та з урахуванням [5; 17] під РД в подальшому розумітимемо таку умовну точку на шкалі оцінки об’єктивних успіхів професійної діяльності АО, яка відповідає максимальному стрибку корисності в їх уяві щодо комфортності умов та характеристик цієї діяльності з позицій забезпечення належного рівня БП. Зазначені РД встановлюються шляхом вирішення АО відкритої ЗПР, що знайшло відображення у працях [5; 18-20 та ін.].

З урахуванням рекомендацій праці [4] під системою переваг (СП) АО розумітимемо ранжируваний ряд показників і характеристик професійної діяльності, наприклад, впорядкована множина характерних помилок, яка й визначає ставлення ДОПР до їх безпеки. При цьому було виявлено, що побудова такого роду ранжирувань позитивно впливає на рівень ПП ДОПР і, як наслідок, - на рівень БП, тобто має яскраво виражений проактивний характер. Адже застосування випробуваннями ДОПР відповідних експертних процедур (ЕП) з впорядкування характерних помилок, яких припускаються під час ОПР, формує в них стійкі навички з розпізнавання цих помилок, а отже запам'ятовування і запобігання [1; 21-25 та ін.].

Традиційно вважається, що групова СП (ГСП) є більш об'єктивною, ніж окрема індивідуальна СП (ІСП). Причому для визначення ГСП наразі застосовуються такі стратегії ПР [17], що:

- спираються на просту більшість думок;
- виявляються через підсумовування та усереднення рангів з ІСП експертів,
- базуються на класичних критеріях ПР;
- застосовують оптимальне передбачення.

Перші з трьох перелічених стратегій пройшли успішну апробацію у працях [21-25 та ін.]. Більш того, отримані ГСП бути остаточно оптимізовані за допомогою медіани Кемені [26]. Однак, поза увагою залишилися така стратегія групових рішень, як оптимальне передбачення.

## 2. Постановка завдання досліджень

Таким чином, з проведеного аналізу напрямів досліджень основних складових, що утворюють такий показник поточної парадигми концепції БП ІСАО, як «ставлення авіаційного персоналу до небезпечних дій або умов», витікає, що для потреб виявлення ставлення ДОПР до небезпек характерних помилок, яких можна припуститися в процесі професійної діяльності, через відповідні СП, ще не була застосована така стратегія групових рішень, як оптимальне передбачення. Виходячи з цього *метою* цієї публікації є розвиток процедури застосування стратегії оптимального передбачення для встановлення і аналізу ІСП і ГСП ДОПР.

## 3. Стратегія оптимального передбачення у встановленні групових систем переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок

Досліджувана стратегія ПР була теоретично розглянута у працях [17; 27] та уперше застосована для встановлення ГСП суддів на обставинах, що пом'якшують та обтяжують відповідальність [28], а також для встановлення ГСП науково-педагогічних

працівників на множині характерних рис недисциплінованості [29]. Стратегія вважається доцільною для застосування за умов, коли необхідно остаточно визначитись, яку саме ГСП з їх можливої сукупності слід узяти за базову. З іншого боку, має суттєвий інтерес з'ясування питання щодо можливості виявлення найкращого «вимірювача» з групи експертів, залучених до досліджень. Суть стратегії оптимального передбачення полягає в наступному.

Припускається, що слід вибирати таку ГСП, на основі якої можна найкращим (оптимальним) чином передбачити індивідуальні переваги альтернатив (в нашому випадку – характерних помилок, яких припускаються авіадиспетчери під час ОПР).

Передбачення вважається кращим, якщо середня «втрата» за умов його застосування є мінімальною. Щоб оцінити такого роду помилку-«втрата», порівнюються пари альтернатив у груповому впорядкуванні, на основі якого здійснюються передбачення, з парними упорядкуваннями в ІСП випробуваних експертів. Помилка виникає, коли перевага між парами виявляється іншою, ніж та, яка була передбачена.

Далі вводиться поняття *функції втрати*, яка кожному передбаченню індивідуальної переваги на основі групового впорядкування приписує дійсне число, яке й є оцінкою помилки. Припускається, що ця функція є безперервною і монотонно зростає з ростом величини помилки передбачення.

Для спрощення подальших міркувань умовно припустимо, що *функція втрати* приймає значення « 0 », якщо передбачене впорядкування пари альтернатив виявилось правильним (збігається), і значення « 1 », якщо воно виявилось помилковим. Процедуру відповідного порівняння ілюструє рис. 2.

$$\left. \begin{array}{l} \Pi_{ik} \succ \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \succ \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \prec \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \prec \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \approx \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \approx \Pi_{j1} \end{array} \right\} \Rightarrow f_i^{\text{втр.}} = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \Pi_{ik} \succ \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \prec \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \prec \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \approx \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \succ \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \succ \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \prec \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \approx \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \prec \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \approx \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \approx \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \succ \Pi_{j1} \\ \Pi_{ik} \approx \Pi_{jk} \Leftrightarrow \Pi_{i1} \prec \Pi_{j1} \end{array} \right\} \Rightarrow f_i^{\text{втр.}} = 1$$

Рис. 2. Процедура встановлення значення функції «втрати» при попарному порівнянні альтернатив з різних систем переваг

Спираючись на розглянуту стратегію, з множини можливих переваг слід вибирати такі групові переваги, для яких середня «втрата», що пов'язана з

передбаченням, є мінімальною.

До досліджень було залучено  $m=65$  професійних ДОПР – співробітників Головного центру Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка).

З урахуванням рекомендацій ICAO та спираючись на регіональну і світову статистику АП під час ОПР, був сформований перелік з  $n=21$  характерних помилок, яких припускаються авіадиспетчери в процесі професійної діяльності, який наразі найбільш повно висвітлює їх спектр (табл. 1).

Застосовуючи попарне порівняння і такий спосіб виявлення ІСП, як частина сумарної інтенсивності (було прийнято, що зазначена «сумарна інтенсивність» дорівнює «1»), були виявлені індивідуальні переваги усіх ДОПР, залучених до випробувань.

Реалізуючи багатокрокову процедуру виявлення маргінальних думок респондентів і отримання статистично-узгодженої ГСП [23], вихідний масив ДОПР-експертів був редукований до величини  $m=34$  респондентів, ІСП яких подані у табл. 2.

Таблиця 1

Характерні помилки авіадиспетчерів в процесі безпосереднього управління повітряним рухом

П <sub>i</sub>	Зміст помилки
1	2
П <sub>1</sub>	Порушення фразеології радіообміну
П <sub>2</sub>	Неузгодженість входу повітряного судна в зону суміжного управління повітряним рухом
П <sub>3</sub>	Порушення побіжних часових інтервалів
П <sub>4</sub>	Порушення зустрічних часових інтервалів
П <sub>5</sub>	Порушення інтервалів між повітряними судами, які знаходяться на курсах, що перетинаються
П <sub>6</sub>	Безадресна передача повідомлень авіадиспетчером
П <sub>7</sub>	Помилка у визначенні позивного повітряного судна
П <sub>8</sub>	Помилка в ідентифікації повітряного судна
П <sub>9</sub>	Помилкове використання диспетчерського графіку
П <sub>10</sub>	Відсутність на стріпі позначки авіадиспетчера про передачу управління суміжному диспетчерському пункту
П <sub>11</sub>	Відсутність на стріпі позначки диспетчера щодо узгодження входу повітряного судна в зону управління повітряним рухом суміжного диспетчерського пункту
П <sub>12</sub>	Порушення авіадиспетчером узгодженого географічно-го рубежу передачі управління повітряним рухом
П <sub>13</sub>	Порушення авіадиспетчером узгодженого часового рубежу передачі управління повітряним рухом
П <sub>14</sub>	Недбалість в нанесенні на стріп літерно-цифрової інформації (можливість двоякої інтерпретації)
П <sub>15</sub>	Неекономічне управління повітряним рухом
П <sub>16</sub>	Порушення процедури прийому і здачі чергування
П <sub>17</sub>	Не відображення на стріпі виданих команд щодо зміни висоти або напрямку польоту
П <sub>18</sub>	Спроба керувати повітряним судном після спрацьовування на ньому системи TCAS режимі resolution advice
П <sub>19</sub>	Помилки вводу інформації про повітряне судно в автоматизовану систему
П <sub>20</sub>	Порушення технології праці при особливих випадках у польоті
П <sub>21</sub>	Порушення в використанні повітряного простору

Таблиця 2

Індивідуальні системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок (фрагмент)

АД <sub>i</sub>	Ранги характерних помилок в індивідуальних системах переваг випробуваних авіадиспетчерів, $r_{ij}$																				
	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>	П <sub>6</sub>	П <sub>7</sub>	П <sub>8</sub>	П <sub>9</sub>	П <sub>10</sub>	П <sub>11</sub>	П <sub>12</sub>	П <sub>13</sub>	П <sub>14</sub>	П <sub>15</sub>	П <sub>16</sub>	П <sub>17</sub>	П <sub>18</sub>	П <sub>19</sub>	П <sub>20</sub>	П <sub>21</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	19	8	4	4	4	20	12,5	10	12,5	16	15	9	6	17	21	18	11	1	14	2	7
2	21	8	4	2	3	19	6,5	5	19	13	19	10	11,5	17	11,5	16	15	1	14	6,5	9
5	13,5	8	5,5	1	2,5	18	11	12	19	17	13,5	10	7	20	21	5,5	9	2,5	16	4	15
6	13	9	2,5	2,5	2,5	19	16	17,5	21	17,5	15	11	10	7	20	8	12	2,5	14	5	6
12	16	10	3	3	3	9	7,5	11	20	14,5	12	18	6	14,5	19	21	13	1	17	5	7,5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15	19,5	12	4	3	2	10,5	9	8	15	16	19,5	17,5	14	17,5	21	13	10,5	1	6,5	5	6,5
16	21	11	2	2	2	14,5	14,5	9	12,5	16	18,5	7,5	7,5	17	18,5	12,5	10	4	20	5	6
17	17	9	2,5	1	2,5	20,5	15	8	20,5	18	19	10,5	10,5	14	16	7	12	6	13	4	5
42	19	10	5	2	4	20	11	7,5	13,5	16,5	15	9	7,5	18	21	13,5	12	1	16,5	3	6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
47	7,5	10	2,5	2,5	2,5	10	7,5	10	17,5	20	19	17,5	16	13	21	15	14	2,5	12	5	6
48	12	7	4	4	4	20	9	11	17,5	19	17,5	9	9	16	21	13,5	13,5	1	15	2	6

Продовження табл. 2

АД <sub>i</sub>	Ранги характерних помилок в індивідуальних системах переваг випробуваних авіадиспетчерів, r <sub>ij</sub>																				
	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>	П <sub>6</sub>	П <sub>7</sub>	П <sub>8</sub>	П <sub>9</sub>	П <sub>10</sub>	П <sub>11</sub>	П <sub>12</sub>	П <sub>13</sub>	П <sub>14</sub>	П <sub>15</sub>	П <sub>16</sub>	П <sub>17</sub>	П <sub>18</sub>	П <sub>19</sub>	П <sub>20</sub>	П <sub>21</sub>
51	17	10,5	9	5	7	21	15	12	19	20	16	13	8	3,5	18	10,5	3,5	1	14	2	6
52	16	11	5	4	1,5	12	7	6	19	18	17	14	10	15	13	9	20,5	1,5	20,5	3	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
62	7,5	10	2,5	2,5	2,5	10	7,5	10	17,5	20	19	17,5	16	13	21	15	14	2,5	12	5	6
63	12	7	4	4	4	20	9	11	17,5	19	17,5	9	9	16	21	13,5	13,5	1	15	2	6
Σ	484	306	164	102,	110,	557,	389,	366,	569,	606	557,	412	316	506	671,	453	384,	75	459	129	234,
R <sub>ig</sub>	15	7	5	2	3	17,5	11	9	19	20	17,5	12	8	16	21	13	10	1	14	4	6

Вирішуючи далі питання щодо найкращого «вимірювача» небезпеки помилок, припустимо, що таким є ДОПР № 1 (ДОПР<sub>1</sub>). Розбивши на попарні порівняння його ІСП, порівняємо отримані результати з відповідними даними ДОПР<sub>2</sub> (табл. 3). При цьому зрозуміло, що якщо у якості ГСП буде обрано ІСП ДОПР<sub>1</sub>, то його особисті «втрати» будуть дорівнювати « 0 ».

тати з відповідними даними ДОПР<sub>2</sub> (табл. 3). При цьому зрозуміло, що якщо у якості ГСП буде обрано ІСП ДОПР<sub>1</sub>, то його особисті «втрати» будуть дорівнювати « 0 ».

Таблиця 3

«Втрати» ДОПР<sub>2</sub> при виборі групової системи переваг за думкою АД № 1

Впорядковані пари помилок		«Втрата» ДОПР <sub>2</sub>	Впорядковані пари помилок		«Втрата» ДОПР <sub>2</sub>	Впорядковані пари помилок		«Втрата» ДОПР <sub>2</sub>	Впорядковані пари помилок		«Втрата» ДОПР <sub>2</sub>
r <sub>11</sub>	r <sub>12</sub>		r <sub>11</sub>	r <sub>12</sub>		r <sub>11</sub>	r <sub>12</sub>		r <sub>11</sub>	r <sub>12</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	2	3	5	5	6	8	8	9	11	11	12
П <sub>1</sub> <П <sub>2</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>2</sub>	0	П <sub>3</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>3</sub> <П <sub>18</sub>	0	П <sub>7</sub> =П <sub>9</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>9</sub>	1	П <sub>11</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>11</sub> <П <sub>16</sub>	1
П <sub>1</sub> <П <sub>3</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>3</sub>	0	П <sub>3</sub> >П <sub>19</sub>	П <sub>3</sub> >П <sub>19</sub>	0	П <sub>7</sub> >П <sub>10</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>10</sub>	0	П <sub>11</sub> <П <sub>17</sub>	П <sub>11</sub> <П <sub>17</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>4</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>4</sub>	0	П <sub>3</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>3</sub> >П <sub>20</sub>	1	П <sub>7</sub> >П <sub>11</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>11</sub>	0	П <sub>11</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>11</sub> <П <sub>18</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>5</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>5</sub>	0	П <sub>3</sub> >П <sub>21</sub>	П <sub>3</sub> >П <sub>21</sub>	0	П <sub>7</sub> <П <sub>12</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>12</sub>	1	П <sub>11</sub> <П <sub>19</sub>	П <sub>11</sub> <П <sub>19</sub>	0
П <sub>1</sub> >П <sub>6</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>6</sub>	1	П <sub>4</sub> =П <sub>5</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>5</sub>	1	П <sub>7</sub> >П <sub>13</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>13</sub>	1	П <sub>11</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>11</sub> <П <sub>20</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>7</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>7</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>6</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>6</sub>	0	П <sub>7</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>14</sub>	0	П <sub>11</sub> <П <sub>21</sub>	П <sub>11</sub> <П <sub>21</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>8</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>8</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>7</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>7</sub>	0	П <sub>7</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>15</sub>	0	П <sub>12</sub> <П <sub>13</sub>	П <sub>12</sub> >П <sub>13</sub>	1
П <sub>1</sub> <П <sub>9</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>9</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>8</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>8</sub>	0	П <sub>7</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>16</sub>	0	П <sub>12</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>12</sub> >П <sub>14</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>10</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>10</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>9</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>9</sub>	0	П <sub>7</sub> <П <sub>17</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>17</sub>	1	П <sub>12</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>12</sub> >П <sub>15</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>11</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>11</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>10</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>10</sub>	0	П <sub>7</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>7</sub> <П <sub>18</sub>	0	П <sub>12</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>12</sub> >П <sub>16</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>12</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>12</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>11</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>11</sub>	0	П <sub>7</sub> >П <sub>19</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>19</sub>	0	П <sub>12</sub> >П <sub>17</sub>	П <sub>12</sub> >П <sub>17</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>13</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>13</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>12</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>12</sub>	0	П <sub>7</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>7</sub> =П <sub>20</sub>	1	П <sub>12</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>12</sub> <П <sub>18</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>14</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>14</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>13</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>13</sub>	0	П <sub>7</sub> <П <sub>21</sub>	П <sub>7</sub> >П <sub>21</sub>	1	П <sub>12</sub> >П <sub>19</sub>	П <sub>12</sub> >П <sub>19</sub>	0
П <sub>1</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>15</sub>	1	П <sub>4</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>14</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>9</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>9</sub>	0	П <sub>12</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>12</sub> <П <sub>20</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>16</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>16</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>15</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>10</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>10</sub>	0	П <sub>12</sub> <П <sub>21</sub>	П <sub>12</sub> <П <sub>21</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>17</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>17</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>16</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>11</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>11</sub>	0	П <sub>13</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>13</sub> >П <sub>14</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>18</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>17</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>17</sub>	0	П <sub>8</sub> <П <sub>12</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>12</sub>	1	П <sub>13</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>13</sub> =П <sub>15</sub>	1
П <sub>1</sub> <П <sub>19</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>19</sub>	0	П <sub>4</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>4</sub> <П <sub>18</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>13</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>13</sub>	1	П <sub>13</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>13</sub> >П <sub>16</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>20</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>19</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>19</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>14</sub>	0	П <sub>13</sub> >П <sub>17</sub>	П <sub>13</sub> >П <sub>17</sub>	0
П <sub>1</sub> <П <sub>21</sub>	П <sub>1</sub> <П <sub>21</sub>	0	П <sub>4</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>20</sub>	1	П <sub>8</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>15</sub>	0	П <sub>13</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>13</sub> <П <sub>18</sub>	0
П <sub>2</sub> <П <sub>3</sub>	П <sub>2</sub> <П <sub>3</sub>	0	П <sub>4</sub> >П <sub>21</sub>	П <sub>4</sub> >П <sub>21</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>16</sub>	0	П <sub>13</sub> >П <sub>19</sub>	П <sub>13</sub> >П <sub>19</sub>	0
П <sub>2</sub> <П <sub>4</sub>	П <sub>2</sub> <П <sub>4</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>6</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>6</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>17</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>17</sub>	0	П <sub>13</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>13</sub> <П <sub>20</sub>	0
П <sub>2</sub> <П <sub>5</sub>	П <sub>2</sub> <П <sub>5</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>7</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>7</sub>	0	П <sub>8</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>8</sub> <П <sub>18</sub>	0	П <sub>13</sub> >П <sub>21</sub>	П <sub>13</sub> <П <sub>21</sub>	1
П <sub>2</sub> >П <sub>6</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>6</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>8</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>8</sub>	0	П <sub>8</sub> >П <sub>19</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>19</sub>	0	П <sub>14</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>14</sub> <П <sub>15</sub>	1
П <sub>2</sub> >П <sub>7</sub>	П <sub>2</sub> <П <sub>7</sub>	1	П <sub>5</sub> >П <sub>9</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>9</sub>	0	П <sub>8</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>20</sub>	1	П <sub>14</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>14</sub> <П <sub>16</sub>	1
П <sub>2</sub> >П <sub>8</sub>	П <sub>2</sub> <П <sub>8</sub>	1	П <sub>5</sub> >П <sub>10</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>10</sub>	0	П <sub>8</sub> <П <sub>21</sub>	П <sub>8</sub> >П <sub>21</sub>	1	П <sub>14</sub> <П <sub>17</sub>	П <sub>14</sub> <П <sub>17</sub>	0
П <sub>2</sub> >П <sub>9</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>9</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>11</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>11</sub>	0	П <sub>9</sub> >П <sub>10</sub>	П <sub>9</sub> >П <sub>10</sub>	1	П <sub>14</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>14</sub> <П <sub>18</sub>	0
П <sub>2</sub> >П <sub>10</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>10</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>12</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>12</sub>	0	П <sub>9</sub> =П <sub>11</sub>	П <sub>9</sub> =П <sub>11</sub>	1	П <sub>14</sub> <П <sub>19</sub>	П <sub>14</sub> <П <sub>19</sub>	0
П <sub>2</sub> >П <sub>11</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>11</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>13</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>13</sub>	0	П <sub>9</sub> <П <sub>12</sub>	П <sub>9</sub> <П <sub>12</sub>	0	П <sub>14</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>14</sub> <П <sub>20</sub>	0
П <sub>2</sub> >П <sub>12</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>12</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>14</sub>	0	П <sub>9</sub> <П <sub>13</sub>	П <sub>9</sub> <П <sub>13</sub>	0	П <sub>14</sub> <П <sub>21</sub>	П <sub>14</sub> <П <sub>21</sub>	0
П <sub>2</sub> <П <sub>13</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>13</sub>	1	П <sub>5</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>15</sub>	0	П <sub>9</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>9</sub> <П <sub>14</sub>	1	П <sub>15</sub> <П <sub>16</sub>	П <sub>15</sub> >П <sub>16</sub>	1
П <sub>2</sub> >П <sub>14</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>14</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>16</sub>	0	П <sub>9</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>9</sub> <П <sub>15</sub>	1	П <sub>15</sub> <П <sub>17</sub>	П <sub>15</sub> <П <sub>17</sub>	0
П <sub>2</sub> >П <sub>15</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>15</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>17</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>17</sub>	0	П <sub>9</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>9</sub> <П <sub>16</sub>	1	П <sub>15</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>15</sub> <П <sub>18</sub>	0
П <sub>2</sub> >П <sub>16</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>16</sub>	0	П <sub>5</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>5</sub> <П <sub>18</sub>	0	П <sub>9</sub> <П <sub>17</sub>	П <sub>9</sub> <П <sub>17</sub>	0	П <sub>15</sub> <П <sub>19</sub>	П <sub>15</sub> <П <sub>19</sub>	0
П <sub>2</sub> >П <sub>17</sub>	П <sub>2</sub> >П <sub>17</sub>	0	П <sub>5</sub> >П <sub>19</sub>	П <sub>5</sub> >П <sub>19</sub>	0	П <sub>9</sub> <П <sub>18</sub>	П <sub>9</sub> <П <sub>18</sub>	0	П <sub>15</sub> <П <sub>20</sub>	П <sub>15</sub> <П <sub>20</sub>	0

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Pi_2 < \Pi_{18}$	$\Pi_2 < \Pi_{18}$	0	$\Pi_5 < \Pi_{20}$	$\Pi_5 > \Pi_{20}$	1	$\Pi_9 > \Pi_{19}$	$\Pi_9 < \Pi_{19}$	1	$\Pi_{15} < \Pi_{21}$	$\Pi_{15} < \Pi_{21}$	0
$\Pi_2 > \Pi_{19}$	$\Pi_2 > \Pi_{19}$	0	$\Pi_5 > \Pi_{21}$	$\Pi_5 > \Pi_{21}$	0	$\Pi_9 < \Pi_{20}$	$\Pi_9 < \Pi_{20}$	0	$\Pi_{16} < \Pi_{17}$	$\Pi_{16} < \Pi_{17}$	0
$\Pi_2 < \Pi_{20}$	$\Pi_2 < \Pi_{20}$	0	$\Pi_6 < \Pi_7$	$\Pi_6 < \Pi_7$	0	$\Pi_9 < \Pi_{21}$	$\Pi_9 < \Pi_{21}$	0	$\Pi_{16} < \Pi_{18}$	$\Pi_{16} < \Pi_{18}$	0
$\Pi_2 > \Pi_{21}$	$\Pi_2 > \Pi_{21}$	0	$\Pi_6 < \Pi_8$	$\Pi_6 < \Pi_8$	0	$\Pi_{10} < \Pi_{11}$	$\Pi_{10} > \Pi_{11}$	1	$\Pi_{16} < \Pi_{19}$	$\Pi_{16} < \Pi_{19}$	0
$\Pi_3 = \Pi_4$	$\Pi_3 < \Pi_4$	1	$\Pi_6 < \Pi_9$	$\Pi_6 = \Pi_9$	1	$\Pi_{10} < \Pi_{12}$	$\Pi_{10} < \Pi_{12}$	0	$\Pi_{16} < \Pi_{20}$	$\Pi_{16} < \Pi_{20}$	0
$\Pi_3 = \Pi_5$	$\Pi_3 < \Pi_5$	1	$\Pi_6 < \Pi_{10}$	$\Pi_6 < \Pi_{10}$	0	$\Pi_{10} < \Pi_{13}$	$\Pi_{10} < \Pi_{13}$	0	$\Pi_{16} < \Pi_{21}$	$\Pi_{16} < \Pi_{21}$	0
$\Pi_3 > \Pi_6$	$\Pi_3 > \Pi_6$	0	$\Pi_6 < \Pi_{11}$	$\Pi_6 = \Pi_{11}$	1	$\Pi_{10} > \Pi_{14}$	$\Pi_{10} > \Pi_{14}$	0	$\Pi_{17} < \Pi_{18}$	$\Pi_{17} < \Pi_{18}$	0
$\Pi_3 > \Pi_7$	$\Pi_3 > \Pi_7$	0	$\Pi_6 < \Pi_{12}$	$\Pi_6 < \Pi_{12}$	0	$\Pi_{10} > \Pi_{15}$	$\Pi_{10} < \Pi_{15}$	1	$\Pi_{17} > \Pi_{19}$	$\Pi_{17} < \Pi_{19}$	1
$\Pi_3 > \Pi_8$	$\Pi_3 > \Pi_8$	0	$\Pi_6 < \Pi_{13}$	$\Pi_6 < \Pi_{13}$	0	$\Pi_{10} > \Pi_{16}$	$\Pi_{10} > \Pi_{16}$	0	$\Pi_{17} < \Pi_{20}$	$\Pi_{17} < \Pi_{20}$	0
$\Pi_3 > \Pi_9$	$\Pi_3 > \Pi_9$	0	$\Pi_6 < \Pi_{14}$	$\Pi_6 < \Pi_{14}$	0	$\Pi_{10} < \Pi_{17}$	$\Pi_{10} > \Pi_{17}$	1	$\Pi_{17} < \Pi_{21}$	$\Pi_{17} < \Pi_{21}$	0
$\Pi_3 > \Pi_{10}$	$\Pi_3 > \Pi_{10}$	0	$\Pi_6 > \Pi_{15}$	$\Pi_6 < \Pi_{15}$	1	$\Pi_{10} < \Pi_{18}$	$\Pi_{10} < \Pi_{18}$	0	$\Pi_{18} < \Pi_{19}$	$\Pi_{18} < \Pi_{19}$	0
$\Pi_3 > \Pi_{11}$	$\Pi_3 > \Pi_{11}$	0	$\Pi_6 < \Pi_{16}$	$\Pi_6 < \Pi_{16}$	0	$\Pi_{10} < \Pi_{19}$	$\Pi_{10} > \Pi_{19}$	1	$\Pi_{18} > \Pi_{20}$	$\Pi_{18} > \Pi_{20}$	0
$\Pi_3 > \Pi_{12}$	$\Pi_3 > \Pi_{12}$	0	$\Pi_6 < \Pi_{17}$	$\Pi_6 < \Pi_{17}$	0	$\Pi_{10} < \Pi_{20}$	$\Pi_{10} < \Pi_{20}$	0	$\Pi_{18} > \Pi_{21}$	$\Pi_{18} > \Pi_{21}$	0
$\Pi_3 > \Pi_{13}$	$\Pi_3 > \Pi_{13}$	0	$\Pi_6 < \Pi_{18}$	$\Pi_6 < \Pi_{18}$	0	$\Pi_{10} < \Pi_{21}$	$\Pi_{10} < \Pi_{21}$	0	$\Pi_{19} < \Pi_{20}$	$\Pi_{19} < \Pi_{20}$	0
$\Pi_3 > \Pi_{14}$	$\Pi_3 > \Pi_{14}$	0	$\Pi_6 < \Pi_{19}$	$\Pi_6 < \Pi_{19}$	0	$\Pi_{11} < \Pi_{12}$	$\Pi_{11} < \Pi_{12}$	0	$\Pi_{19} < \Pi_{21}$	$\Pi_{19} < \Pi_{21}$	0
$\Pi_3 > \Pi_{15}$	$\Pi_3 > \Pi_{15}$	0	$\Pi_6 < \Pi_{20}$	$\Pi_6 < \Pi_{20}$	0	$\Pi_{11} < \Pi_{13}$	$\Pi_{11} < \Pi_{13}$	0	$\Pi_{20} > \Pi_{21}$	$\Pi_{20} > \Pi_{21}$	0
$\Pi_3 > \Pi_{16}$	$\Pi_3 > \Pi_{16}$	0	$\Pi_6 < \Pi_{21}$	$\Pi_6 < \Pi_{21}$	0	$\Pi_{11} > \Pi_{14}$	$\Pi_{11} < \Pi_{14}$	1		Сума	44
$\Pi_3 > \Pi_{17}$	$\Pi_3 > \Pi_{17}$	0	$\Pi_7 < \Pi_8$	$\Pi_7 < \Pi_8$	0	$\Pi_{11} > \Pi_{15}$	$\Pi_{11} < \Pi_{15}$	1		Сер.	0,21

Як бачимо з табл. 3 відносні сумарні «втрати» ДОПР<sub>2</sub> за умов, що у якості ГСП буде обрано ІСП ДОПР<sub>1</sub>, встановлюють величину 44, а відповідний показник середніх «вtrat» складе величину 0,21. За аналогією проводиться аналіз «вtrat» усіх інших

членів експертної групи.

За умов послідовного вибору кожного з випробуваних ДОПР в якості ідеального «вимірювача» небезпеки помилок за аналогією були визначені також і відповідні абсолютні і середні втрати (табл. 4).

Таблиця 4

Показники «вtrat» під час вибору групової системи переваг на множині характерних помилок за допомогою стратегії оптимального передбачення

Базова система переваг, визначена	Абсолютні втрати, $f_{\text{ДОПР}_i}^{\text{втр.}}$	Відносні «втрати», $\bar{f}_{\text{ДОПР}_i}^{\text{втр.}}$	Максимальна «втрата»	Мінімальна «втрата»
1	2	3	4	5
Системою переваг АД <sub>1</sub>	1424	0,20	$f_{\text{ДОПР}_{62}}^{\text{втр.}} = 0,28$	$f_{\text{ДОПР}_{57}}^{\text{втр.}} = 0,07$
Системою переваг АД <sub>2</sub>	1898	0,27	АД <sub>59</sub> =0,38	АД <sub>57</sub> =0,19
Системою переваг АД <sub>5</sub>	1698	0,25	АД <sub>23</sub> =0,32	АД <sub>20</sub> =0,17
Системою переваг АД <sub>6</sub>	1788	0,25	АД <sub>23</sub> =0,36	АД <sub>44</sub> =0,18
Системою переваг АД <sub>12</sub>	1948	0,28	АД <sub>13</sub> =0,35	АД <sub>40</sub> =0,18
Системою переваг АД <sub>13</sub>	1782	0,25	АД <sub>13</sub> =0,35	АД <sub>1</sub> =0,16
Системою переваг АД <sub>14</sub>	1715	0,24	АД <sub>60</sub> =0,32	АД <sub>51</sub> =0,19
Системою переваг АД <sub>15</sub>	1772	0,25	АД <sub>6</sub> =АД <sub>51</sub> =0,31	АД <sub>23</sub> =АД <sub>47</sub> =0,19
Системою переваг АД <sub>16</sub>	1775	0,25	АД <sub>62</sub> =0,32	АД <sub>42</sub> =АД <sub>57</sub> =0,15
Системою переваг АД <sub>17</sub>	1665	0,23	АД <sub>40</sub> =0,32	АД <sub>48</sub> =0,18
Системою переваг АД <sub>20</sub>	1597	0,22	АД <sub>17</sub> =0,30	АД <sub>1</sub> =0,14
Системою переваг АД <sub>23</sub>	1844	0,26	АД <sub>6</sub> =0,36	АД <sub>15</sub> =0,19
Системою переваг АД <sub>30</sub>	1669	0,23	АД <sub>59</sub> =0,34	АД <sub>52</sub> =0,14
Системою переваг АД <sub>36</sub>	1853	0,26	АД <sub>62</sub> =0,38	АД <sub>51</sub> =0,02
Системою переваг АД <sub>39</sub>	1747	0,24	АД <sub>52</sub> =0,34	АД <sub>54</sub> =0,01
Системою переваг АД <sub>40</sub>	1778	0,25	АД <sub>17</sub> =АД <sub>46</sub> =АД <sub>61</sub> =0,31	АД <sub>55</sub> =0,01
Системою переваг АД <sub>42</sub>	1457	0,20	АД <sub>62</sub> =0,30	АД <sub>1</sub> =0,09
Системою переваг АД <sub>43</sub>	1730	0,24	АД <sub>45</sub> =0,31	АД <sub>58</sub> =0,04
Системою переваг АД <sub>44</sub>	1778	0,25	АД <sub>52</sub> =0,37	АД <sub>59</sub> =0,03
Системою переваг АД <sub>45</sub>	1878	0,26	АД <sub>59</sub> =0,37	АД <sub>60</sub> =0,01
Системою переваг АД <sub>46</sub>	1794	0,25	АД <sub>44</sub> =0,36	АД <sub>61</sub> =0,02
Системою переваг АД <sub>47</sub>	1778	0,25	АД <sub>2</sub> =0,33	АД <sub>62</sub> =0,01
Системою переваг АД <sub>48</sub>	1400	0,20	АД <sub>15</sub> =0,26	АД <sub>63</sub> =0,01
Системою переваг АД <sub>51</sub>	1819	0,25	АД <sub>45</sub> =0,34	АД <sub>36</sub> =0,02
Системою переваг АД <sub>52</sub>	1860	0,26	АД <sub>44</sub> =0,37	АД <sub>30</sub> =0,14

Продовження табл. 4

	1	2	3	4	5
	Системою переваг АД <sub>54</sub>	1746	0,24	АД <sub>58</sub> =0,35	АД <sub>39</sub> =0,01
	Системою переваг АД <sub>55</sub>	1768	0,25	АД <sub>52</sub> =0,31	АД <sub>40</sub> =0,01
	Системою переваг АД <sub>57</sub>	1431	0,20	АД <sub>62</sub> =0,3	АД <sub>42</sub> =0,01
	Системою переваг АД <sub>58</sub>	1750	0,25	АД <sub>54</sub> =0,35	АД <sub>43</sub> =0,04
	Системою переваг АД <sub>59</sub>	1841	0,26	АД <sub>2</sub> =0,38	АД <sub>44</sub> =0,03
	Системою переваг АД <sub>60</sub>	1907	0,27	АД <sub>59</sub> =0,37	АД <sub>45</sub> =0,01
	Системою переваг АД <sub>61</sub>	1819	0,25	АД <sub>59</sub> =0,37	АД <sub>45</sub> =0,01
	Системою переваг АД <sub>62</sub>	1889	0,26	АД <sub>36</sub> =0,38	АД <sub>47</sub> =0,01
	Системою переваг АД <sub>63</sub>	1373	0,19	АД <sub>15</sub> =0,26	АД <sub>48</sub> =0,01
Статистичні показники	середнє	1734,441	0,2429	0,33	0,08
	дисперсія	23358,56	0,0005	0,0011	0,0058
	середнє квадратичне відхилення	152,8351	0,0222	0,0334	0,0762
	асиметрія	-1,09522	-0,9553	-0,2114	0,221571
	ексцес	3,191742	3,0463	2,0190	1,115403

Як бачимо з табл. 4, середній показник «втрат» для усіх  $m=34$  ДОПР складає величину  $\bar{f}_{\text{втр.}} = 0,24$ . А найкращим «вимірювачем» небезпек досліджуваних помилок слід вважати ДОПР<sub>63</sub>, оскільки належний йому інтегративний показник усереднених «втрат» є мінімальним  $\bar{f}_{\text{ДОПР}_{63}}^{\text{втр.}} = 0,19 \Rightarrow \min$  за умов що саме його ІСП буде обрано в якості ГСП.

Відповідно до змісту табл. 4 найгіршим «вимірювачем» небезпек досліджуваних помилок слід вважати ДОПР<sub>12</sub>, оскільки саме для його думок було отримане найбільше інтегративне значення усереднених «втрат»:  $\bar{f}_{\text{ДОПР}_{12}}^{\text{втр.}} = 0,28 \Rightarrow \max$ . При цьому середні максимальні «втрати» для всієї експертної вибірки (графа 4 табл. 4) складають величину  $\bar{f}_{\text{max}}^{\text{втр.}} = 0,33$  і у чотири рази перевищують середні мінімальні «втрати»:  $\bar{f}_{\text{min}}^{\text{втр.}} = 0,08$  (графа 5 табл. 4).

За допомогою такої стратегії групових рішень, як підсумовування і усереднення рангів було отримано ГСП ДОПР на множині поданих у табл. 1 характерних помилок (останній рядок табл. 2), яка має такий формальний вид:

$$\begin{aligned} & \Pi_{18} \succ_g \Pi_4 \succ_g \Pi_5 \succ_g \Pi_{20} \succ_g \Pi_3 \succ_g \Pi_{21} \succ_g \Pi_2 \succ_g \Pi_{13} \succ_g \Pi_8 \succ_g \\ & \succ_g \Pi_{17} \succ_g \Pi_7 \succ_g \Pi_{12} \succ_g \Pi_{16} \succ_g \Pi_{19} \succ_g \\ & \succ_g \Pi_1 \succ_g \Pi_{14} \succ_g \Pi_6 \approx_g \Pi_{11} \succ_g \Pi_9 \succ_g \Pi_{10} \succ_g \Pi_{15}, \quad (2) \end{aligned}$$

де  $\succ_g, \approx_g$  – позначка відповідно переваги та адекватності помилок за рівнем небезпеки у ГСП ДОПР.

Групова СП (2) може бути застосованою у подальших дослідженнях, оскільки,

*по-перше*, є узгодженою, адже отримане емпіричне значення коефіцієнта конкордації (згоди) Кендалла дорівнює величині  $W_{\text{емп.}}=0,742$  і є статисти-

чно-вірогідним на рівні значущості  $\alpha=1\%$  для кількості ступенів свободи  $\nu=n-1=20$ . Наведене підтверджується виконанням такої критеріальної вимоги [30]:  $\chi^2_{\text{емп.}}=504,71 > \chi^2_{\text{табл.}}=\chi^2_{\alpha=1\%, k=20}=37,566$ ;

*по-друге*, абсолютне значення коефіцієнта конкордації задовольняє такій критеріальній умові [31]:

$$W_{\text{емп.}}=0,742 > 0,7, \dots, 0,8.$$

Досліджуючи далі ефективність стратегії оптимального передбачення вважаємо необхідним вирішення двох питань:

1) чи є доцільним подальше редукування експертної вибірки шляхом відкидання маргінальних думок, які нескладно встановити з абсолютних та відносних «втрат» кожного ДОПР (див. табл. 4), збільшуючи тим самим абсолютне значення коефіцієнта конкордації Кендалла?

2) чи можна встановити якийсь зовнішній критерій, який би підтвердив правильність вибору ГСП, орієнтуючись на кращого у вибірці «вимірювача»?

Перше питання вирішується порівнянням середніх витрат за умов послідовного відкидання найгіршого результату щодо збігу думок [30]:

$$\left| \bar{f}_{m_1}^{\text{втр.}} - \bar{f}_{m_2}^{\text{втр.}} \right| < t_{1-\alpha, k} \sqrt{\left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) D(\bar{f}^{\text{втр.}})}, \quad (3)$$

де  $\bar{f}_{m_1}^{\text{втр.}}, \bar{f}_{m_2}^{\text{втр.}}$  – середні «втрати», встановлені для вибірок з кількістю експертів  $m_1$  та  $m_2$  (для кожної ітерації  $m_2=m_1-1$ );

$\alpha$  – рівень значущості;

$t_{1-\alpha, k}$  – значення теоретичної змінної Стюдента, яка має  $k=(m_1+m_2)-2$  ступенів свободи і визначається зі спеціальної таблиці [30] для прийнятого рівня значущості  $\alpha$ ;

$D(\bar{f}^{втр.})$  – середньозважена дисперсія, що визначається таким чином:

$$D(\bar{f}^{втр.}) = \frac{(m_1 - 1) \cdot D(\bar{f}_{m_1}^{втр.}) + (m_2 - 1) \cdot D(\bar{f}_{m_2}^{втр.})}{(m_1 + m_2) - 2}; \quad (4)$$

$D(\bar{f}_{m_1}^{втр.}), D(\bar{f}_{m_2}^{втр.})$  – дисперсії «втрат» у вибірках відповідної розмірності  $m_1$  та  $m_2$ .

З табл. 4 маємо:  $m_1 = 34, \bar{f}_{m_1=34}^{втр.} = 1734,4,$   
 $D(\bar{f}_{m_1=34}^{втр.}) = 23358,56$ . Відкидаючи з табл. 4 маргінальні результати ДОПР<sub>12</sub>, отримуємо:  $m_2 = 33,$   
 $\bar{f}_{m_2=33}^{втр.} = 1668,9, D(\bar{f}_{m_2=34}^{втр.}) = 21614,09$

Далі відповідно до формули (4) нескладно знайти середньозважену дисперсію:

$$\begin{aligned} D(\bar{f}_{m_1, m_2}^{втр.}) &= \\ &= \frac{(34 - 1) \cdot 23358,56 + (33 - 1) \cdot 21614,09}{(34 + 33) - 2} = \\ &= 22499,74. \end{aligned}$$

Визначаючи з праці [30] табличне значення змінної Стьюдента:  $t_{\alpha=5\%, k=65} = 1,997$  та підставляючи усі отримані результати у формулу (3), матимемо:

$$\begin{aligned} |1734,4 - 1668,9| &< 1,997 \sqrt{\left(\frac{1}{34} + \frac{1}{33}\right) \cdot 22499,74} \Rightarrow \\ \Rightarrow 66,5 &< 73,22. \end{aligned}$$

Таким чином, нерівність (3) виконується, а це означає, що статистично-вірогідного покращення показників «втрат» за умов викидання з вихідної вибірки маргінальних думок ДОПР<sub>12</sub> не виявлено. Тому редукування вихідної вибірки експертів нецільно.

Для вирішення другого з вище сформульованих питань було встановлено «втрати» експертної групи за умов, що вираз (2) буде дійсно обрано у якості ГСП. Отримані такі статистичні показники:  $f_g^{втр.} = 1233, \bar{f}_g^{втр.} = 0,17$ . Як бачимо, стосовно загального усередненого значення «втрат», поданого у табл. 4 відповідний показник покращився на 40,6%, а стосовно «втрат» ДОПР<sub>63</sub> - найкращого «вимірю-

вача» вихідної вибірки, - на 11,8%. Що вимагає проведення подальших досліджень з аналізу «втрат» за умов, що ГСП будуть обиратися за допомогою класичних критеріїв ПР або медіани Кемені.

У будь-якому випадку застосування стратегії оптимального передбачення сприяє детальному аналізу ІСП і ГСП, особливо в частині, що стосується встановлення найкращих і найгірших «вимірювачів», що може бути покладено в основу нових коефіцієнтів конкордації (згоди) групових думок. Адже, дійсно, якщо ввести показник

$$W = 1 - \bar{f}_{втр.}, \quad (5)$$

то він буде змінюватися у добре інтерпретованих експертами межах  $W = [0, 1]$ . Наприклад, для ГСП виду (2) цей показник приймає значення:

$$W_g = 1 - f_g^{втр.} = 1 - 0,17 = 0,83.$$

В той час, як для вихідної вибірки ДОПР він складає величину

$$W_{m=34} = 1 - \bar{f}_{m=34}^{втр.} = 1 - 0,24 = 0,76.$$

Вважаємо, що предметом подальших досліджень має стати розроблення процедур визначення статистичної вірогідності запропонованого коефіцієнта згоди.

## Висновки

Підсумовуючи отримані і подані у цій публікації нові наукові результати з розвитку експертних процедур, застосовуваних під час ПР в аеронавігаційних системах, вкажемо на такі найбільш важливі положення.

1. Взаємодія та взаємний вплив складових поточної концепції безпеки ІСАО розглянуто з позицій ЛЧ через «ставлення персоналу до небезпечних дій або умов», до якого відносяться ОДПР, нечіткі моделі ПР, РД, а також ІСП і ГСП АО «переднього краю» на показниках і характеристиках професійної діяльності.

2. Вперше у практиці досліджень ЛЧ у ЦА застосовано стратегію оптимального передбачення для детального аналізу ІСП і ГСП ДОПР, що ілюструють їх ставлення до небезпек характерних помилок, що проявляються у практиці ОПР. Внаслідок



цього з урахуванням попередньо отриманих результатів можна стверджувати, що для цілей досліджень ставлення ДОПР до небезпек характерних помилок нами охоплений весь спектр відомих стратегії групового ПР.

3. Обґрунтовано можливість виявлення за допомогою стратегії оптимального передбачення найкращих і найгірших експертів – «вимірювачів» небезпек, які під час реалізації стратегії отримують відповідно мінімальні / максимальні «втрати».

4. Запропоновано нову процедуру встановлення коефіцієнта конкордації (згоди) думок експертів щодо важливості (значущості) альтернатив, впорядковуваних у ІСП чи ГСП.

5. Подальші дослідження доцільно проводити у напрямках:

– перевірка за допомогою стратегії оптимального передбачення ефективності ГСП, отриманих за допомогою класичних критеріїв ПР та медіани Кемені.

– визначення процедури визначення статистичної вірогідності введеної нами нової інтерпретації коефіцієнта згоди групових думок тощо.

## Література

1. 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-2016) : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 24-26 травня 2016 р. – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 90-97.

2. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Текст] : Док. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. – Монреаль, Канада, 2013.

3. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях : предпочтения и замещения [Текст] / Р. Л. Кини, Х. Райфа ; пер. с англ. ; под ред. И. Ф. Шахнова. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.

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

5. Рева, А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст] : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумьшев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумьшев. – Алматы, 2006. – 242 с.

6. Рева, А. Н. Отношение пилотов к риску в принятии решений при отказе двигателя [Текст] / А. Н. Рева, М. К. Байжуманов, Н. Р. Садуакасова // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2014) : зб. м-лів VI Міжнар. наук.-практ. конф. – Херсон, 27-29 травня 2014 р., –

Херсон : Херсонська державна морська академія, 2014. – С. 78-81.

7. Мухтаров, П. Ш. Основные доминанты в принятии решений авиадиспетчером при оценке полезности-безопасности нормы эшелонирования воздушного пространства [Текст] / П. Ш. Мухтаров // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2014. – № 9 (116). – С. 143-150.

8. Стійкість основної домінанти прийняття рішень авиадиспетчером в умовах ризику [Текст] / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров та ін. // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2014. – № 10 (117). – С. 147-153.

9. Рева, О. М. Порівняння основної домінанти прийняття рішень студентів авиадиспетчерів для різних норм ешелонування повітряних суден [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // Міські і регіональні транспортні проблеми : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 17 - 19 листопада 2015 року. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – С. 37.

10. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст] / А. Кофман ; под ред. С. И. Травкина ; пер. с франц. В. Б. Кузьмина. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.

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

12. Рева, О. М. Нечітка модель ставлення авиадиспетчера до ризику настання потенційно-конфліктної ситуації [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2013. – № 10 (107). – С. 214-221.

13. Мухтаров, П. Ш. Нечітка модель оцінювання ставлення авиадиспетчерів до порушення норми ешелонування повітряного простору [Текст] // П. Ш. Мухтаров // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. пр. / Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Національного авіаційного університету. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2014. – Вип. 9. – С. 26-35.

14. 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.

15. Features of ICAO «risk triangle» solution of human factors complicated standards of the airspace separation [Text] / A. 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.

16. Правила медичного розслідування авіаційних подій [Текст]. Затв. Наказом Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації 05.12.2005, № 919.

17. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений [Текст] / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова ; пер. с польск. : Г. Е. Минца, В. Н. Поруса. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.

18. 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.

19. Мухтаров, П. Ш. Людський чинник в аеронавігації : рівні домагань авіадиспетчерів при оцінці бажаності відстані між повітряними судами [Текст] / П. Ш. Мухтаров // *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. – Херсон : ХДМА, 2014. – № 1. – С. 283-288.

20. Рева, О. М. Вплив специфіки застосування норми ешелонування на особливості прояву рівнів домагань авіадиспетчерів [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Науковий Вісник Херсонської державної морської академії*. – Херсон : ХДМА, 2015. – № 1. – С. 281-289.

21. Насіров, Ш. Ш. Плотне визначення систем переваг авіадиспетчерів Азербайджану на характерних помилках в процесі управління повітряним рухом [Текст] / Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2010. – № 7 (74). – С. 124-134.

22. Насіров, Ш. Ш. Визначення коефіцієнтів важливості характерних помилок авіадиспетчерів в процесі управління повітряним рухом [Текст] / Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2011. – № 9 (86). – С. 195-201.

23. Насіров, Ш. Ш. Багатокрокова процедура виявлення статистично-узгодженої системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок їх діяльності [Текст] / Ш. Ш. Насіров // *Комуніальне господарство міст : наук.-техн. зб. Сер.: Технічні науки і архітектура*. – Х. : ХНАМГ, 2012. – Вип. 105. – С. 461-475.

24. Теоретические модели групповых систем предпочтений авиадиспетчеров, базирующиеся на классических критериях принятия решений [Текст] / А. Н. Рева, В. В. Камышин, Ш. Ш. Насиров и др. // *Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*. – Bakı, iyul - sentyabr 2012. – Cild.14, Вып. 3. – С. 37-45.

25. Эмпирические модели оценки риска-неопределенности групповых систем предпочтений авиадиспетчеров [Текст] / А. Н. Рева, Ш. Ш. Насиров, Б. М. Мирзоєв и др. // *Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*. – Bakı, iyul - sentyabr 2012. – Cild. 14, Вып. 3. – С. 46-60.

26. Рева, О. М. Медіана Кемені як групова система переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок [Текст] / О. М. Рева, В. В. Камышин, Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2012. – № 4 (91). – С. 106-115.

27. Рева, О. М. Колективні рішення у невеликій групі авіаційних операторів [Текст] : конспект лекцій / О. М. Рева. – Кіровоград : ДЛАУ, 1998. – 33 с.

28. Рева, О. М. Стратегія оптимального передбачення у визначенні систем переваг суддів на множині обставин, що пом'якшують чи обтяжують покарання [Текст] / О. М. Рева, Д. Г. Радов // *Проблеми пенітенціарної теорії і практики : щорічний Бюлетень Київського ін-ту внутрішніх справ*. – К. : КІВС, 2004. – № 9. – С. 308-318.

29. Рева, О. М. Оптимальне передбачення у остаточному виборі системи переваг викладачів на множині характерних рис недисциплінованої поведінки студентів [Текст] / О. М. Рева, І. А. Добрянський, А. А. Чабак // *Наукові праці академії : спец. Вип. VIII, присвяч. I Всеукр. наук.-практ. конф. «Професійний портрет викладача XXI століття: проблеми, перспективи»*. – Кіровоград : ДЛАУ, 21-22 квітня 2004 р. – Кіровоград : Імекс ЛТД, 2004. – С. 93-102.

30. Мюллер, П. Таблицы по математической статистики [Текст] / П. Мюллер, П. Нойман, Р. Шторм. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 278 с.

31. Тарасов, В. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность [Текст] / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин и др. – К. : МАКИС, 2007. – 336 с.

## References

1. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Shul'hin, V. A. Stavleniya aviatsiynykh operatoriv «perednoho krayu» do nebezpechnykh diy abo umov profesiynoyi diyal'nosti – holovnyy chynnyk zabezpechennya bezpeky pol'otiv [Attitude of the “forefront” air-traffic controllers to dangerous actions or conditions of professional activity as a main reason of flight protection]. *Suchasni informatsiyni ta innovatsiyni tekhnolohiyi na transporti (MINTT-2016) : materialy VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Modern information and innovation transport technologies. VIII Int. scient.-pract. conf.]. Kherson, KhDMA, 2016, pp. 90-97.

2. *Rukovodstvo po upravleniyu bezopasnostyu poletov (RUBP) : Doc. ICAO 9859 – AN / 474.* [Flight safety guide]. Montreal, Kanada, 2013.

3. Kini, R. L., Rayfa, H. *Prinyatie resheniy pri mnogih kriteriyah : predpochteniya i zamescheniya* [Decisions making in criteria multiplicity condition: preferences and substitutions]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1981. 560 p.

4. *Nadezhnost i effektivnost v tehnikе : sprav. v 10 t.* Effektivnost tehnicheskikh sistem. [Reliability and efficiency in engineering: Handbook]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988, vol. 3. 328 p.

5. Reva, A. N., Tummyshv, K. M., Bekmuhambetov, A. A. *Chelovecheskiy faktor i bezopasnost poletov : Proaktivnoe issledovanie vliyaniya* [Human factor and flight safety: (Pro-active research of influence)]. Almaty, 2006. 242 p.

6. Reva, A. N., Bayzhumanov, M. K., Saduakasova N. R. *Otnoshenie pilotov k risku v prinyatii resheniy pri otkaze dvigatelya* [Pilots' attitude to risk in

decision making at engine fault]. *Suchasni informatsiyini ta innovatsiyini tekhnolohiyi na transporti (MINNT-2014) : materialy VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Modern information and innovation transport technologies. VIII Int. scient.-pract. conf.]. Kherson, KhDMA, 2014, pp. 78-81.

7. Muhtarov, P. Sh. Osnovnyie dominanty v prinyatii resheniy aviadispatcherom pri otsenke poleznosti-bezopasnosti normy eshelonirovaniya vozdušnogo prostranstva [Major dominants in the air traffic controller decision making at usefulness-safety estimation of the air space echeloning]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2014, no. 9, pp. 143-150.

8. Reva, O. M., Mukhtarov, P. Sh., Nasirov, Sh. Sh. Stiykist' osnovnoyi dominanty pryynyattya rishen' aviadispatcherom v umovakh ryzyku [Stability of the air traffic controller major decision making dominant in risk conditions]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2014, no. 10 (117), pp. 147-153.

9. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Porivnyannya osnovnoyi dominanty pryynyattya rishen' studentiv aviadispatcheriv dlya riznykh norm eshelonuvannya povitryanykh suden [Comparison of the students - air traffic controllers major decision making dominant for]. *Mis'ki i rehional'ni transportni problemy : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Kharkiv, 17-19 lystopada 2015 roku* [City's and regional transport problems: Materials of Int. scient.-pract. conf.]. Kharkiv, KhNUMH im. O. M. Beketova, 2015, pp. 37.

10. Kofman, A. *Vvedenie v teoriyu nechetkih mnozhestv* [Introduction to the fuzzy sets theory]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1982. 432 p.

11. Borsuk, S. P. Svoystva modifikatorov sostavnykh terminov lingvisticheskikh peremennykh [Properties of modifiers of linguistic parameters composite terms]. *Elektronika ta systemy upravlinnya*, 2012, no. 3 (33), pp. 152-157.

12. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Nechitka model' stavlennya aviadispatchera do ryzyku nastannya potentsiyno-konfliktnoyi sytuatsiyi [Fuzzy model of the air traffic controller attitude to the risk of the potentially-conflict situation growth]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2013, no. 10 (107), pp. 214-221.

13. Muhtarov, P. Sh. Nechitka model' otsinyvannya stavlennya aviadispatcheriv do porushennya normy eshelonuvannya povitryanoho prostoru [Fuzzy model of the estimation of the air traffic controllers attitude to the norm of the air transport echeloning malfunction]. *Problemy stvorennya, vyprobuvannya, zastosuvannya ta ekspluatatsiyi skladnykh informatsiynykh system : zb. nauk. pr. / Zhytomyrs'kyi viys'kovyyi instytut imeni S. P. Korol'ova Natsional'noho aviatsiynoho universytetu* [Problems of designing, testing, application and maintenance of complex information systems: Proceedings]. Zhytomyr, ZhVI NAU, 2014, vol. 9, pp. 26-35.

14. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Shul'hin, V. A. Vyznachennya hranychnykh rivniv ryzyku pid chas porushennya normy eshelonuvannya povitryanoho pros-

toru [Tolerant levels determination at the norms of the air transport echeloning malfunction]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2014, no. 9 (116), pp. 151-156.

15. Reva, A., 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, 2014, pp. 9.272-9.276.

16. *Pravyla medychnoho rozsliduvannya aviatsiynykh podiy* [Rules of air incidents investigation]. Zatv. Nakazom Derzhavnoyi sluzhby Ukrainy z nalyhadu za zabezpechennam bezpeky aviatsiyi 05.12.2005, no. 919.

17. Kozeletskiy, Yu. *Psichologicheskaya teoriya resheniy* [Psychological theory of decisions]. Moscow, Progress Publ., 1979. 504 p.

18. Reva, O. M., Mirzoyev, B. M., Mukhtarov, P. Sh., Nasirov, Sh. Sh. Riven' domahan' aviadispatcheriv na poka-znykakh robochoho navantazhennya [Level of air traffic controllers' preferences on indexes of working level]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2013, no. 8 (105), pp. 273-281.

19. Muhtarov, P. Sh. Lyuds'kyy chynnyk v aeronavihatsiyi : rivni domahan' aviadispatcheriv pry otsintsi bazhanosti vidstani mizh povitryanymy sudamy [Human factor in aero navigation: level of air traffic controllers' preferences at estimation of distance between aircrafts]. *Naukovyy visnyk Kherson's'koyi derzhavnoyi mors'koyi akademiyi*, Kherson, KhDMA, 2014, no. 1, pp. 283-288.

20. Reva, O. M., Borsuk, S. P. Vplyv spetsyfyky zastosuvannya normy eshelonuvannya na osoblyvosti proyavu rivniv domahan' aviadispatcheriv [Influence of the norm of echeloning application specifics on features of the traffic controllers' preferences]. *Naukovyy visnyk Kherson's'koyi derzhavnoyi mors'koyi akademiyi*, Kherson, KhDMA, 2015, no. 1, pp. 281-289.

21. Nasirov, Sh. Sh. Pilotne vyznachennya system perevah aviadispatcheriv Azerbaydzhanu na kharakternykh pomylkakh v protsesi upravlinnya povitryanym rukhom [Pilot determination of the Azerbaijan air traffic controllers preferences system over characteristic air traffic control errors]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2010, no. 7 (74), pp. 124-134.

22. Nasirov, Sh. Sh. Vyznachennya koefitsiyentiv vazhlyvosti kharakternykh pomylok aviadispatcheriv v protsesi upravlinnya povitryanym rukhom [Significance coefficients determination of the air traffic controllers' characteristic errors]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2011, no. 9 (86), pp. 195-201.

23. Nasirov, Sh. Sh. Bahatokrokovaya protsedura vyyavlennya statystychno-uz-hodzhenoyi systemy perevah aviadispatcheriv na mnozhyni kharakternykh pomylok yikh diyal'nosti [Multi-step procedure of the air traffic controllers' preferences statistically-coordinated system on a set of their characteristic operation errors]. *Komunal'ne hospodarstvo mist : nauk.-*

tekh. zb. Ser. : Tekhnichni nauky i arkhitektura [municipal economy of cities: Sc.-techn. Procedyres. Ser.: Engineering science and architecture]. Kherson, KhNAMH, 2012, vol. 105, pp. 461-475.

24. Reva, A. N., Kamishin, V. V., Nasirov, Sh. Sh., Alekseev, D. S. Teoreticheskie modeli gruppovyih sistem predpochteniy aviadispatcherov, baziruyuschiesya na klassicheskikh kriteriyah prinyatiya resheniy [Theoretical models of the air traffic controllers group systems of preferences, based on classical criteria of decision making]. *Elmi məcmuələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, Baki, iyul - sentyabr 2012, vol. 14, no. 3, pp. 37-45.

25. Reva, A. N., Nasirov, Sh. Sh., Mirzoev, B. M., Nedbay, S. V. Empiricheskie modeli otsenki riska-neopredelennosti gruppovyih sistem predpochteniy aviadispatcherov [Empirical models of the air traffic controllers group systems of preferences risk-indefinites estimation.]. *Elmi məcmuələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin*, Baki, iyul – sentyabr 2012, vol. 14, no. 3, pp. 46-60.

26. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Nasirov, Sh. Sh. Mediana Kemeni yak hrupova sy-stema perevah aviadispatcheriv na mnozhyni kharakternykh pomyluk [Kemeny median as a group system of the air traffic controllers' preferences on a set of characteristic errors]. *Aviatsiyno-kosmichna tekhnika i tekhnolohiya*, 2012, no. 4 (91), pp. 106-115.

27. Reva, O. M. Kolektyvni rishennya u nevely-kiy hrupi aviatsiynykh operatoriv [Group decisions in small group of air operators]. Kirovohrad, DLAU Publ., 1998. 33 p.

28. Reva, O. M., Radov, D. G. Stratehiya optymal'noho peredbachennya u vyznachenni system perevah suddiv na mnozhyni obstavyn, shcho pom"yakshuyut' chy obtyazhuyut' pokarannya [Optimum prediction strategy in judges' preferences determination on a set of circumstances, which mitigate of aggravate a guilt]. *Problemy penitentsiarnoyi teorii i praktyky : shchorichnyy Byuleten' Kyivskoho in-tu vnutrishnikh sprav*. Kiev, KIVS, 2004, no. 9, pp. 308–318.

29. Reva, O. M., Dobryanskiy, I. A., Chabak, A. A. Optymal'ne peredbachennya u ostatechnomu vybori systemy perevah vykladachiv na mnozhyni kharakternykh rys nedystsyplinovanoyi pove-dinky studentiv [Optimum prediction in final choice of tutors preferences system on a set of characteristic features of non-disciplined behavior of students]. *Naukovi pratsi akademiyi : spets. Vyp. VIII, prysvyach. I Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Profesiynnyy portret vykladacha KhKhI stolittya : problemy, perspektyvy»* [Proceedings of the Academy: spec. issue, devoted to I Ukrainian sc.-pract. conf. “Professional portrait of a tutor of XX century: problems and perspectives”]. Kirovohrad, Imeks LTD, 2004, pp. 93-102.

30. Myuller, P., Noyman, P., Shtopm, R. *Tablitsyi po matematicheskoy statistike* [Tables on mathematical statistics]. Moscow, Finansyi i statistika Publ., 1982. 278 p.

31. Tarasov, V. A., Gerasimov, B. M., Levin, I. A., Korneychuk, V. A. *Intellektualnyie sistemyi podderzhki prinyatiya resheniy : Teoriya, sintez, effektivnost* [Intellectual decision making support systems: Theory, synthesis, effectiveness]. Kiev, MAKIS Publ., 2007. 336 p.

Поступила в редакцию 07.04.2017, рассмотрена на редколлегии 9.06.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., заслуженный діяч науки і техніки України, завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів С. В. Спіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

## СТРАТЕГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРЕДВИДЕНИЯ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ОТНОШЕНИЯ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ К ОПАСНОСТИ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК

*А. Н. Рева, Ш. Ш. Насиров, В. А. Липчанский*

Составляющие текущей парадигмы концепции безопасности полетов ИКАО упорядочены с позиций влияния человеческого фактора, что позволило определить ведущую роль «отношения персонала к опасным действиям или условиям». Указанный фактор, в свою очередь, является составленным и образуется, в том числе, отношением авиадиспетчеров к опасностям характерных ошибок, проявляющихся во время управления воздушным движением. «Отношение» выявляется через соответствующие индивидуальные и групповые системы предпочтений. Опираясь на рекомендации ИКАО, сформирован перечень из  $n=21$  характерных ошибок и с помощью экспертных процедур выявлены индивидуальные системы предпочтений диспетчерского персонала, которые определяют упорядочение ошибок по степени их опасности. Для установления групповых систем предпочтений впервые в практике научных исследований человеческого фактора применена такая стратегия коллективных решений, как оптимальное предвидение. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с групповыми системами преимуществ, установленными с помощью других стратегий принятия решений и оценена эффективность стратегии оптимального предвидения. Определены критерии для выявления лучших авиадиспетчеров-«измерителей» опасностей. Предложена новая процедура определения коэффициента согласия групповых мнений.

**Ключевые слова:** безопасность полетов, человеческий фактор, управление воздушным движением, диспетчерский персонал, характерные ошибки, системы преимуществ, оптимальное предвидение как стратегия групповых решений.

**STRATEGY OF THE OPTIMUM FORESIGHT IN DETERMINATION  
OF AIR TRAFFIC CONTROLLER'S ATTITUDE TOWARDS THE DANGER  
OF CHARACTERISTIC ERRORS**

*O. Reva, Sh. Nasirov, V. Lypchanskii*

The components of the current paradigm of the ICAO safety concept are ordered from the perspective of the human factor, which has made it possible to determine the leading role of "staff attitudes towards hazardous activities or conditions." This factor, in turn, is composed and is formed, among other things, by the attitude of air traffic controllers to the dangers of characteristic errors arising during air traffic control. "Attitude" is revealed through appropriate individual and group preferences. Based on the recommendations of the ICAO, a list of  $n = 21$  characteristic errors was formed, and with the help of expert procedures, individual systems of dispatcher personnel preferences were identified, which determine the ordering of errors according to their degree of danger. For the establishment of group prediction systems, for the first time in the practice of human factor research, a collective decision strategy, such as optimal prediction, is applied. A comparative analysis of the results obtained with group benefit systems established with the help of other decision strategies was made and the effectiveness of the optimal prediction strategy was evaluated. The criteria for identifying the best air traffic controllers – "measurers" of hazards are determined. A new procedure for determining the consensus coefficient of group opinions is proposed.

**Keywords:** flight safety, human factor, air traffic control, air traffic control personnel, characteristic errors, benefit systems, optimal foresight as a group decision strategy.

**Рева Олексій Миколайович** – д-р техн. наук, проф., проф. каф. дистанційного навчання Національного авіаційного університету, Київ, e-mail: ran54@meta.ua;

**Насіров Шахин Шахвели-огли** – керівник польотів Головного центра Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS Азербайджанської Республіки, e-mail: shahin.s@mail.ru.

**Липчанський Володимир Олександрович** – доцент кафедри економіки праці, менеджменту т комерційної діяльності Центрально-Український Національний технічний університет, Кропивницький.

**Reva Oleksii** – Professor of the department of distance education of the National Aviation University, Kyiv; Doctor of technical sciences, professor; e-mail: ran54@meta.ua.

**Nasirov Shahin** – Air Traffic Office of the Main ATC System Center of the State Enterprize AZANS Azerbaijan Republic; e-mail: shahin.s@mail.ru.

**Lypchanskii Volodimir** – Assistant professor of labor economics, management and business Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi.