

УДК 614.84

- С. В. Рудаков, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-8263-0476)*
О. В. Кулаков, к.т.н., доцент, с.н.с. наук. від. (ORCID 0000-0001-5236-1949)
О. В. Миргород, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-5989-3435)
О. А. Петухова, к.т.н., доцент, заст. нач. каф. (ORCID 0000-0002-4832-1255)
Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ІНФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРІВ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Запропоновано експертний метод дослідження ефективності комплексу технічних засобів інформування пасажирських літаків при виникненні надзвичайної ситуації в умовах висотного польоту. Вдосконалена узагальнена модель ефективності застосування індивідуальних та колективних технічних засобів інформування пасажирів та членів екіпажу при виникненні надзвичайної ситуації, яка описана відповідними ознаками, склад яких визначає група експертів – висококваліфікованих фахівців в авіаційній галузі. Визначення таких ознак для об'єкта вибору експертним методом вирішує завдання знаходження вагомих коефіцієнтів шляхом ранжування відповідних коефіцієнтів та їх порівняння між собою. Проведено оцінку ефективності комплексу науково обґрунтованих технічних рішень інформування пасажирів авіаційних суден при виникненні надзвичайної ситуації. Така оцінка здійснювалась висококваліфікованими експертами у галузі авіаційних перевезень. Результати експертних рішень оброблялись із використанням математичних методів. Результати досліджень отримані за допомогою інструментальних вимірювань, для яких встановлені стандартизовані методики обробки результатів вимірювання. Результати колективної експертизи ефективності використання технічних засобів інформування пасажирів були отримані за допомогою методу ранжування вагомих коефіцієнтів кількісної шкали оцінювання. Результати досліджень були отримані за допомогою розрахунку кількісних оцінок значимості вихідної інформації, яка відповідає поєднанню джерел аргументації з урахуванням їх впливу на думку експерта. Також були запропоновані кількісні значення кваліфікаційних оцінок, які відповідають різним ступеням проінформованості експерта. Наведені результати експертного опитування групи спеціалістів у галузі авіаційної безпеки щодо ефективності використання технічних засобів індивідуального та колективного інформування пасажирів повітряних суден в надзвичайних ситуаціях висотного польоту. Це дозволило визначити ефективність та пріоритетність застосування даних технічних засобів при виникненні надзвичайної ситуації та зберегти життя багатьом пасажирів повітряних суден.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, експерт, оцінка, комплекс засобів інформування пасажирів, коефіцієнт компетентності, коефіцієнт оцінювання

1. Вступ

Статистика авіаційних подій та авіаційних інцидентів свідчить про наявність ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) в висотних польотах, обумовлених розгерметизацією кабін та/або салонів літаків. Швидкість розвитку таких НС, недооцінка екіпажем та пасажирів потенційних небезпек, які супроводжуються психоемоційним стресом, наводить і обумовлює необхідність вдосконалення засобів, методів і технологій забезпечення безпеки пасажирів літаків.

Згідно результатів дослідження ефективності заходів щодо забезпечення безпеки при НС висотних польотів, за результатами анкетування і інтерв'ювання екіпажу та пасажирів, які побували в НС висотного польоту, підвищити безпеку в таких ситуаціях можливо за рахунок інформування про потенційну небезпеку НС в реальному часі. Реалізувати таке інформування можливе за допомогою розрахунку та пред'явлення в реальному часі оцінки резервного часу збереження

свідомості людиною при НС з урахуванням динаміки розвитку такої НС. Науково-технічний прогрес зумовив створіння технічних засобів, що дозволяють розраховувати і пред'являти пасажиром літака оцінки резервного часу збереження свідомості у НС висотних польотів. Однак комплекс технічних засобів, які забезпечують таке інформування, є недосконалим. Таким чином, протиріччя між потенційно наявними можливостями інформування пасажирів літаків при НС і відсутністю комплексу технічних засобів, які дозволяють реалізувати таке інформування, є актуальною проблемою.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Аналіз статистики надзвичайних ситуацій (НС) на авіаційному транспорті свідчить про необхідність удосконалення засобів та методів забезпечення безпеки пасажирів повітряних суден цивільної авіації при виникненні надзвичайної ситуації.

Для рішення завдання підвищення безпеки авіаперевезень в ІКАО розроблено Глобальний план забезпечення безпеки польотів [1–4], який визначає стратегію постійного вдосконалення, в том числі цілі держав, які повинні бути досягнуто з допомогою впровадження ефективних систем контролю за забезпеченням безпеки польотів. Показано, що основна причина авіаційних катастроф – негативний прояв людського фактору (46 %). Найчастіше фатальну помилку припускається пілот літака [4], але причиною аварії можуть послужити і неправильні дії решти членів екіпажу. Також в цю категорію причин входять і помилкові дії персоналу наземних служб. Варіантом подолання відповідних труднощів може бути впровадження нових засобів інформування пасажирів щодо виникнення НС. Саме такий підхід використаний в роботах [5–6]. Були запропоновані такі технічні засоби: засоби колективного і індивідуального інформування пасажирів літака про величині граничного резервного часу збереження свідомості в НС висотних польотів. Такий засіб забезпечує можливість розрахунку у реальному часі величину резервного часу збереження свідомості пасажиром повітряного судна з відображенням інформації на табло колективного користування, які встановлюються в салоні літака. Інформація на табло подається у цифровому вигляді або за допомогою колірної кодування. Але залишилось невизначеним питання, пов'язані з пріоритетністю використання засобів колективного або індивідуального інформування пасажирів. Причиною такої невизначеності можуть бути об'єктивні труднощі, пов'язані з принциповою неможливістю визначити критерії пріоритетності застосування даних засобів при виникненні НС. Варіантом подолання відповідних труднощів є розробка певних критеріїв реалізації технічних рішень, які впливають на визначення ефективності та пріоритетності використання технічних засобів інформування пасажирів літаків при надзвичайній ситуації. В роботі [7] запропонований комплекс технічних засобів індивідуального інформування пасажирів при НС, який вимагає застосування кисневих масок. Інформація щодо часу використання таких масок та величини резервного часу збереження свідомості пасажиром літака відображається на авіаційних крісел. Але залишилися не вирішеними питання, пов'язані з визначенням ефективності використання зазначених засобів. Причиною цього можуть бути об'єктивні труднощі, пов'язані зі значною витратною частиною в плані проведення натурних випробувань технічних засобів інформування пасажирів при виникненні надзвичайної ситуації, що робить такі дослідження недоцільними. Варіантом подолання відповідних труднощів може стати оцінка ефективності експертним методом. Саме такий підхід використаний в роботі [8], однак, ефективність

застосування засобів індивідуального використання була досліджена не в повному обсязі. Все це дає підстави стверджувати, що доцільним є проведення дослідження, присвяченого визначенню найбільш ефективного використання зазначених технічних засобів з використанням експертних оцінок.

3. Мета та завдання дослідження

Метою роботи є оцінка ефективності підвищення безпеки пасажирів повітряних суден при виникненні надзвичайної ситуації висотного польоту внаслідок застосування комплексу технічних засобів інформування пасажирів за допомогою експертного оцінювання.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

– розробити структуру аргументації експертних оцінок щодо ступеню впливу кожного джерела на прийняті експертом рішення стосовно використання пасажирами технічних засобів інформування при виникненні надзвичайної ситуації;

– дослідити ефективність та пріоритетність застосування колективного та індивідуального комплексу технічних засобів забезпечення інформування пасажирів повітряного судна при виникненні надзвичайної ситуації із залученням експертів в даній предметній області.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження є організація безпеки пасажирів літаків при виникненні надзвичайної ситуації під час польоту. Вірогідність результатів дослідження підтверджується коректним застосуванням математичного апарату регресійного аналізу та обробки експертної інформації. Експертні методи оцінювання використані при рішенні задачі вибору (ранжування) в галузі забезпечення безпеки польотів. В роботі використана узагальнена модель ефективності застосування технічних засобів інформування пасажирів при виникненні НС, яка описана вербальними ознаками, склад яких визначає група експертів – висококваліфікованих фахівців в авіаційній галузі. Визначення вектору ознак для об'єкта вибору експертним методом дозволяє вирішити завдання знаходження вагомих коефіцієнтів методами ранжування, оцінювання, зіставлення.

5. Розробка структури аргументації експертних оцінок при використанні експертних методів

Дослідження ефективності комплексу технічних засобів забезпечення інформування пасажирів літаку при виникненні НС (верифікація запропонованих рішень) може бути виконано двома способами:

- 1) за результатами експериментальних досліджень;
- 2) з залученням експертів в предметній галузі.

Проведення експериментальних досліджень пов'язано з об'єктивними труднощами: виготовлення та сертифікація розроблених технічних засобів; створення реальних умов НС з відтворенням всіх фізичних і психологічних факторів, які впливають на забезпечення безпеки пасажирів.

Виготовлення розроблених технічних засобів суттєвих труднощів не становить, проте їх сертифікація, необхідна для використання цих засобів в експериментах з участю людини, тривалий і дорогий процес. Тому, дослідження

потенційною ефективності комплексу технічних засобів забезпечення інформування пасажирів при виникненні НС під час висотного польоту виконано з залученням експертів в предметній області. Колективна (групова) експертиза широко застосовується при прогнозуванні можливих і найбільш ймовірних шляхів розвитку науки і вирішення найважчих завдань, всебічний аналітичний опис яких викликає труднощі [9–11].

Використання експертів в якості джерел інформації ґрунтується на гіпотезі про наявність у них – спеціалістів конкретної галузі знань -гіпотетичних уявлень про предмет і апіорні оцінки значимості різних рішень, є результатом мобілізації їх професійного досвіду і інтуїції. До експертів застосовуються наступні вимоги [11]:

- високий рівень загальної ерудиції;
- глибокі спеціальні знання в оцінюваній галузі;
- здатність до адекватному відображенню реального положення справ в аналізованій галузі знань;
- наявність психологічної установки на майбутнє (на перспективу);
- наявність академічного наукового інтересу оцінюваним проблемним питанням;
- наявність виробничого та (або) дослідницького досвіду в оцінюваній галузі знань;
- відносна стабільність оцінки во часу при відсутності додатковою інформації, яка може об’єктивно впливати на оцінки.

Колективна експертиза виконується на підставі [12–13]:

- забезпечення незалежності судження експертів;
- перекладу оцінок в кількісну форму;
- вказівки експертами структури аргументів, що є основою для оцінки (коефіцієнт аргументації прийнятого експертом рішення);
- вказівки експертами ступеня знайомства з предметною областю, до якої відноситься виконана експертна оцінка (коефіцієнт інформованості експерта).

Ступінь відповідності експерта цьому комплексу вимог характеризує його компетентність [10]. Компетентність експерта визначається структурою і вагомістю аргументів, служить йому підставою для відповіді на поставлені питання, а також рівнем його інформованості в аналізованій галузі знань.

Структура аргументів враховується коефіцієнтом аргументації (K^{APG}), який відповідає формалізованим відомостям про характер джерел аргументації і про ступінь впливу кожного джерела на прийняті експертом рішення. Чисельне значення даного коефіцієнта визначається шляхом накладення табл. 1 на аналогічну таблицю з зазначеними в ній i -м експертом клітинами та наступним додаванням відповідних чисельних значень.

При складанні табл. 1 приймаються до уваги такі міркування:

- значення K^{APG} не повинно перевищувати 1;
- значенню $K^{AP} = 1$ відповідає високий ступінь впливу на думку експерта всіх джерел аргументації;
- значенню $K^{APG} = 0,8$ – середній ступінь впливу;
- значенню $K^{APG} = 0,5$ – низький ступінь впливу;
- значення коефіцієнта аргументації зменшується при переході від «виробничого досвіду» до «теоретичному аналізу» і від останнього до інших джерел аргументації.

Значення коефіцієнта аргументації для і-го експерта визначається за формулою:

$$K_i^{APG} = \frac{\sum_{j=1}^6 \gamma_{ji}}{\sum_{j=1}^6 \gamma_{ji}^{\max}}, \quad (1)$$

де γ_{ji} – оцінка, яка відзначена за j-м варіантом і-го джерела аргументації, γ_{ji}^{\max} – максимальна оцінка за j-м варіантом.

Табл. 1. Кількісні оцінки значимості вихідної інформації, які відповідають поєднанню джерел аргументації з урахуванням їх впливу на думку експерта

Джерело аргументації	Ступінь впливу джерел на думку експерта		
	висока	середня	низька
Результати теоретичного аналізу	0,30	0,20	0,10
Особистий виробничий науковий досвід	0,50	0,40	0,20
Результати узагальнення робіт вітчизняних авторів	0,05	0,05	0,05
Результати узагальнення робіт зарубіжних авторів	0,05	0,05	0,05
Особисте знайомство з станом справ за кордоном	0,05	0,05	0,05
Інтуїція	0,05	0,05	0,05

З урахуванням того, що $\sum_{j=1}^6 \gamma_{ji}^{\max} = 1$, робоча формула для визначення K_i^{APG}

має вигляд:

$$K_i^{APG} = \sum_{j=1}^6 \gamma_{ji}. \quad (2)$$

Ступінь інформованості експерта в обговорюваних питаннях враховує коефіцієнт інформованості K^{IP} . Цей коефіцієнт відповідає формалізованим відомостям про інформованість експерта по кожному з обговорюваних питань. Чисельне значення K^{IP} визначається шляхом накладання табл. 2 на аналогічну таблицю з відзначеними і-м експертом клітинами і наступним додаванням чисел, записаних у цих клітинах.

Величина коефіцієнта K^{IP} для і-го експерта розраховується за формулою:

$$K_i^{IP} = \frac{\sum_{v=1}^8 \varphi_{vi}}{\sum_{v=1}^8 \varphi_v^{\max}}, \quad (3)$$

де φ_{vi} – оцінка, яка вказана і-м експертом по v-му пункту, φ_v^{\max} – максимальна оцінка за v-м пунктом.

З урахуванням того, що $\sum_{v=1}^8 \varphi_v^{\max} = 5,25$ (табл. 2), робоча формула для визначення коефіцієнта має вигляд:

$$K_i^{\text{PP}} = \frac{\sum_{v=1}^8 \varphi_{vi}}{5,25}. \quad (4)$$

Табл. 2. Кількісні кваліфікаційні оцінки, які відповідають різним ступеням інформування експерта

Запитання	Відповіді							
	до 3 років	4 року	5 років	6 років	7 років	8 років	9 років	10 і більше
Стаж роботи в предметній галузі	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
Наявність вченого ступеня та вченого звання у предметній галузі	Доктор наук, професор		Кандидат наук, доцент			Не має		
	0,70		0,50			0,00		
Наявність наукових робіт в предметній області	Монографія		Патент, авторське свідоцтво		Статті		Алгоритми, програми	
	0,70		0,60		0,45		0,30	
Науково-організаційна робота експерта	Керівник комплексу робіт		Керівник однієї роботи		Учасник виконання кількох робіт		Учасник виконання однієї роботи	
	0,60		0,50		0,40		0,30	
Участь у конференціях і семінарах у предметній області	Міжнародні конференції і симпозиуми		Всеукраїнські конференції і симпозиуми		Галузеві конференції та семінари		Конференції організацій	
	0,70		0,60		0,50		0,40	
Наявність досвіду висотних польотів	Більше 1000 год			500–1000 год			Менш 500 год.	
	0,70			0,50			0,20	
Наявність досвіду робіт у високогір'я	Маю спортивний розряд по альпінізму			Є			Ні	
	0,60			0,20			0,00	
Наявність досвіду водолазних робіт	Більше 200 год			Менш 200 год			Ні	
	0,60			0,20			0,00	

Коефіцієнт компетентності i -го експерта визначається як перемноження коефіцієнтів аргументації і інформованості, тобто:

$$K_i^{\text{КОМП}} = K_i^{\text{АРГ}} * K_i^{\text{PP}}, \quad (5)$$

або

$$K_i^{\text{КОМП}} = \frac{\sum_{v=1}^8 \varphi_{vi} \cdot \sum_{j=1}^6 \gamma_{ji}}{5,25}. \quad (6)$$

Представництво (репрезентативність) експертної групи в цілому оцінюється

середньої арифметичній величині компетентності експертів, що входять до її складу та визначається за формулою:

$$M(K_i^{\text{КОМП}}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i^{\text{КОМП}}, \quad (7)$$

де n – кількість експертів, які приймають участь в експертному опитуванні.

Експертна група вважається представницькою за умовою:

$$0,7 \leq M(K_i^{\text{КОМП}}) \leq 1. \quad (8)$$

Процедура пошуку необхідного представництва групи складається у виключенні з неї малокомпетентних фахівців із сукупності потенційних експертів до тих пір, доки не буде дотримано умови

$$M(K_i^{\text{КОМП}}) \geq 0,7. \quad (9)$$

Оцінка представництва групи експертів констатує значимість результатів експертного опитування.

6. Дослідження ефективності комплексу технічних засобів інформування пасажирів повітряних суден

Для експертизи сформовано групу з 15 експертів, у тому числі: 4 інженера по експлуатації авіаційного обладнання, 3 авіаційних лікаря, 3 парашутиста-інструктора, 2 льотчика, 2 альпініста-інструктора, 1 водолаз-інструктор.

Визначення компетентності групи експертів проведено згідно викладеної методики. Середня арифметична величина компетентності виявилася рівною 0,94, що дозволяє рахувати результати експертизи достатньо значущими для рішення завдань дослідження.

Експертам представлені розроблені технічні засоби та запропоновано на умовах анонімності заповнити анкету, обравши оцінку кожному варіанту технічного рішення. Результати експертизи (кількість позначок експертів в кожній клітці бланка-таблиці) представлені в табл. 3.

Бачимо, що експерти дуже високо оцінили запропоновані технічні рішення, вказавши їх позитивний вплив на безпеку при НС висотних польотів. Деякі експерти знизили оцінки технічним рішенням, що передбачає мовне інформування про небезпеку НС, вважаючи, що мовне сповіщення може перешкодити пасажирам адекватно сприймати команди і вказівки членів екіпажу, на складності з підбором потрібного тону мовного інформатора, а також на складності з інформуванням пасажирів на кількох мовами в екстремальних умовах НС висотного польоту.

З огляду наявності кількох варіантів технічних рішень щодо індивідуального та колективного інформування пасажирів літака при виникненні НС експертам було запропоновано проранжувати варіанти технічних рішень окремо по кожному виду інформування для виявлення кращих варіантів.

У цьому випадку визначення узагальненої думки групи експертів зводилося

до обчислення середнього арифметичного рангу для f-го варіанту за m-м питанням (S_{fm}) з обліком чисельного значення коефіцієнта компетентності кожного експерта. Найкращому варіанту експерти присвоювали ранг 1, наступному за перевагою – ранг 2 і т.д. При цьому застосовувалася вимога суворо упорядкувати варіанти рішень, не припускаючи присвоєння однакових рангів двом та більше варіантам технічних рішень.

При обробці результатів експертизи величину середнього арифметичного рангу визначали за формулою:

$$S_{fm} = \frac{1}{n^*} \sum_{i=1}^{n^*} \frac{R_{if}}{K_i^{\text{КОМП}}}, \quad (10)$$

де R_{if} – ранг i-го варіанту, призначений n*-м експертом; $K_i^{\text{КОМП}}$ – коефіцієнт компетентності i-го експерта; n* – кількість експертів, які призначили ранг f-му варіанту.

Табл. 3. Результати експертизи

Варіант технічного рішення	Як вплине реалізація технічного рішення на безпеку при надзвичайній ситуації:				
	суттєво погіршить	погіршить	не змінить	покращить	суттєво покращить
Киснева маска з цифровим індикатором	0	0	0	0	15
Киснева маска з світловим індикатором	0	0	0	0	15
Киснева маска з цифровим і світловим індикаторами	0	0	0	0	15
Авіаційне крісло з цифровим індикатором	0	0	0	0	15
Авіаційне крісло з світловим індикатором	0	0	0	0	15
Авіаційне крісло з цифровим і світловим індикатором	0	0	0	0	15
Табло колективного інформування з цифровим індикатором	0	0	0	0	15
Табло колективного інформування з світловим індикатором	0	0	0	0	15
Табло колективного інформування з мовним інформатором	0	0	0	6	9
Табло колективного інформування з цифровим та світловим індикаторами	0	0	0	0	15
Табло колективного інформування з цифровим індикатором і мовним інформатором	0	0	0	2	13
Табло колективного інформування з світловим індикатором та мовним інформатором	0	0	0	6	9
Табло колективного інформування з цифровим, світловим індикатором і мовним інформатором	0	0	0	6	9

Найкращим вважається варіант технічного значення з найменшим значенням S_{fm} . (табл. 4, табл. 5).

Ступінь узгодженості думок експертів оцінювали з допомогою коефіцієнта варіації рангів (K^{BP}) з врахуванням компетентності експертів, які дали оцінки f -му варіантом.

Обчислення коефіцієнту варіації рангів здійснювали в три етапи:

а) обчислювали дисперсію рангових оцінок, зазначених f -м варіантом:

$$D_f = \sum_{i=1}^{n^*} \left(\frac{S_{fm} - \frac{R_{if}}{K_i^{КОМП}}}{n^*} \right)^2 ; \quad (11)$$

б) знаходили стандартне відхилення σ_f рангових оцінок, даних f -му варіанту:

$$\sigma_f = \sqrt{D_f} ; \quad (12)$$

в) обчислювали чисельне значення коефіцієнта узгодженості рангових оцінок, даних f -му варіанту:

$$K_f^{y3\Gamma} = \frac{S_{fm}}{\sigma_f} . \quad (13)$$

Табл. 4. Результат експертизи варіантів технічних рішень щодо індивідуального інформування

Варіант	Кількість експертів, що вказали ранг					
	1	2	3	4	5	6
Киснева маска з цифровим індикатором	1	7	3	1	3	0
Киснева маска з світловим індикатором	0	4	2	6	2	1
Киснева маска з цифровим та світловим індикаторами	13	2	0	0	0	0
Авіаційне крісло з цифровим індикатором	0	1	5	6	3	0
Авіаційне крісло з світловим індикатором	0	0	1	0	2	12
Авіаційне крісло з цифровим та світловими індикаторами	1	1	4	2	5	2

Табл. 5. Результат експертизи варіантів технічних рішень щодо колективного інформування

Варіант	Число експертів, що вказали ранг						
	1	2	3	4	5	6	7
Табло колективного інформування з цифровим індикатором	10	5	0	0	0	0	0
Табло колективного інформування з світловим індикатором	0	1	4	5	3	2	0
Табло колективного інформування з мовним інформатором	0	0	1	4	0	0	10
Табло колективного інформування з цифровим і світловим індикатором	5	6	2	2	0	0	0
Табло колективного інформування з цифровим індикатором і мовним інформатором	0	1	3	1	5	4	1
Табло колективного інформування з світловим індикатором і мовним інформатором	0	1	2	1	3	4	4
Табло колективного інформування з цифровим, світловим індикатором і мовним інформатором	0	1	3	2	4	5	0

Таким чином, оцінку коефіцієнта K_f^{y3r} розраховували для кожного варіанта технічного рішення. Така оцінка характеризує ступінь узгодженості думок експертів про переваги: чим більше величина K_f^{y3r} , тим вище ступінь узгодженості думок експертів про відносну важливість варіанту технічного рішення.

Результати експертизи варіантів технічних рішень (табл. 4, табл. 5) показують, що найкращим варіантом реалізації індивідуального інформування пасажирів літаку про небезпеку НС висотного польоту експерти вважають кисневу маску з цифровим і світловим індикатором, а найкращим варіантом колективного інформування – табло колективного інформування із цифровим індикатором. Ці варіанти реалізації інформування пасажирів про небезпеку виникнення НС висотного польоту слід розглядати як пріоритетні.

7. Обговорення результатів дослідження ефективності комплексу технічних засобів інформування пасажирів

Мета роботи була вирішена за допомогою проведення експертного оцінювання ефективного застосування варіантів індивідуального та колективного застосування технічних засобів інформування пасажирів літаків при виникненні НС. При проведенні експертних досліджень були введені та розраховані коефіцієнти аргументації, коефіцієнти компетентності. Особливістю запропонованого методу експертних оцінок є те, що виокремлюється дослідження ефективності застосування індивідуальних та колективних технічних засобів інформування пасажирів щодо надзвичайної ситуації. Згідно експертного оцінювання ефективності комплексу технічних засобів інформування пасажирів повітряних суден при надзвичайних ситуаціях зазначено, що одним із пріоритетних напрямків удосконалення комплексу технічних засобів забезпечення безпеки при НС в висотних польотах є його з'єднання (наприклад, по протоколу Bluetooth) з засобами моніторингу психофізіологічних станів організму.

Дослідження потенційною ефективності комплексу технічних засобів інформування пасажирів повітряних суден при виникненні НС, проведене з допомогою експертного опитування, показало, що запропоновані технічні засоби індивідуального і колективного інформування пасажирів повітряних суден у надзвичайних ситуаціях висотного польоту забезпечують суттєве підвищення безпеки пасажирів в цих умовах.

Найбільш ефективним варіантом реалізації індивідуального інформування пасажирів літаку про небезпеку НС висотного польоту експерти вважають застосування кисневої маски (КМ) із цифровим та світловим індикатором (наприклад КМ-36), а найкращим варіантом реалізації колективного інформування – табло колективного інформування з цифровим індикатором.

Результатом запропонованого технічного рішення є забезпечення можливості оповіщення пасажирів-користувачів маски КМ-36 в реальному часі щодо небезпеки аварійних ситуацій на літаку пов'язаних з гіпоксичним впливом на пасажирів та екіпаж. Не зважаючи на те, що запропонований варіант застосування такого засобу потребує удосконалення КМ, на думку експертів все ж таки персональна індикація величини резервного часу, найбільш ефективна для

пасажирів. Розміщення індикатора в безпосередньої близькості від пасажирів та членів екіпажу літака гарантує доведення інформації про величину резервного часу збереження свідомості до кожного.

Що стосується критерія вибору місця встановлення індикатора резервного часу збереження свідомості для колективного інформування пасажирів, то пріоритетним є встановлення його в візуальній доступності відображення інформації для всіх пасажирів та членів екіпажу. Таким місцем в літаку може бути простір під табло EXIT. Перевага такого варіанту є можливість живлення індикатора від кабелю, який вже підведений до табло та зорова доступність (висота в салоні Боїнг 737-400 складає 220 см, ширина монітора NL6448BC20-21D – 11,8 см.). Ще одним з варіантів розміщення індикатора резервного часу є табло над рядами пасажирів.

Обмеження, які притаманні дослідженням ефективності застосування технічних засобів інформування пасажирів полягають в тому, що для перевірки вірогідності отриманих результатів експертизи, неможливо провести експериментальне дослідження використання запропонованих пристроїв інформування в умовах виникнення НС.

Удосконалення елементної бази можна визначити наступним напрямом вдосконалення комплексу. Використання передових схемо-технічних методів та інтегральних технологій дозволить знизити масо-габаритні характеристики, енергоспоживання і збільшити швидкодію виробів комплексу.

Наступним можливим напрямком розвитку даного дослідження може стати використання більше досконалого математичного апарату для обчислення запропонованих коефіцієнтів експертних оцінок: коефіцієнту аргументації, коефіцієнту компетентності. За результатами проведеного експертного оцінювання було показано, що пріоритетними напрямками вдосконалення комплексу технічних засобів інформування пасажирів повітряних суден в надзвичайних ситуаціях висотного польоту є забезпечення можливості врахування індивідуальних особливостей здоров'я пасажирів (антропометричні характеристики, наявність хронічних захворювань, тренуваність до переносимості кисневого голодування) на користь оптимізації планування і реалізації рятувальних заходів.

8. Висновки

1. Розроблено структуру аргументації експертних оцінок щодо ступеню впливу кожного джерела на прийнятті екпертом рішення стосовно використання пасажирями технічних засобів інформування при виникненні надзвичайної ситуації. Чисельні значення коефіцієнта аргументації, які відповідають поєднанню джерел аргументації з урахуванням їх впливу на думку експерта зменшується при переході від «виробничого досвіду» до «теоретичному аналізу» і від останнього до інших джерел аргументації та заходяться в проміжках від 0,05 до 0,5. Коефіцієнт проінформованості відповідає формалізованим відомостям про інформованість експерта по кожному з обговорюваних питань. Чисельне значення таких коефіцієнтів знаходиться в проміжках від 0,2 до 0,7. Був розрахований коефіцієнт варіації рангів для кожного технічного рішення (індивідуального та колективного інформування), за допомогою якого була оцінена ступінь узгодженості думок експертів стосовно ефективності

застосування таких рішень.

2. Досліджено ефективність застосування колективного та індивідуального комплексу технічних засобів забезпечення інформування пасажирів повітряного судна при надзвичайній ситуації із залученням експертів в даній предметній області. Результати експертного опитування групи 15 спеціалістів у галузі авіаційної безпеки (оцінка компетентності думки групи експертів склала 0,94) показали, що розроблені технічні засоби індивідуального та колективного інформування пасажирів повітряних суден в надзвичайних ситуаціях висотного польоту забезпечують істотне підвищення безпеки пасажирів у цих умовах. Найкращим варіантом реалізації індивідуального інформування пасажирів літаку про небезпеку НС висотного польоту експерти вважають кисневу маску з цифровим і світловим індикатором, а найкращим варіантом колективного інформування – табло колективного інформування із цифровим індикатором.

Література

1. Bugayko D., Shevchenko O. Indicators of air transport sustainable development. Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management. 2020. № 4. P. 6–18. doi: <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2020-4-1>

2. Прогноз ICAO [Електронний ресурс]. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/markets/ikao-shvaliv-standart-po-skorochnennju-vikidu-co2-litakami-96188.html>

3. Аналіз стану безпеки польотів за результатами розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами України та суднами іноземної реєстрації, що сталися у 1 півріччі 2019 року [Електронний ресурс]. Національне бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами. Київ. 2019. 27 с. URL: http://www.nbaai.gov.ua/uploads/pdf/Аналіз_1_пів_2019.pdf

4. Safety Management Manual Doc 9859 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.unitingaviation.com/publications/9859/> (10.11.2018 р.).

5. Groenenboom, J. Aircraft health monitoring. The True Value of Aircraft Health Monitoring and Data Management. Proceedings of the 13th Maintenance Cost Conference. Panama, September 13–15, 2017. P. 172–179.

6. Global Market Forecast. Future Journeys 2013 – 2020 [Electronic resource] AIRBUS S.A.S Blagnac Cedex: Art @ Caractere, 2013. 125 p. URL: <http://www.airbus.com/company/market/forecast/?elD=damfrontend%20push@docID=33755>

7. Balbi G., Moraglio M. Proposal to hybridise communication and mobility research agendas. In: S. Fari, M. Moraglio, eds. Peripheral flows: A Historical Perspective on Mobilities between Cores and Fringes. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing. 2016. P. 10–27.

8. Adrian T., Crump R. K., Vogt E. Nonlinearity and flight-to-safety in the risk-return trade-off for stocks and bonds. The Journal of Finance. 2019. Vol. 74. № 4. P. 1931–1973. URL: https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff_reports/sr723.pdf

9. Andreev K., Arnaudov R., Dochev I. In-flight sensor system for collecting flight information and providing flight safety of unmanned aerial system. Electrotechnica and Electronica. 2018. Vol. 53. № 11–12. P. 305–309. URL: <https://epluse.ceec.bg/in-flight-sensor-system-for-collecting-flight-information-and-providing-flight-safety-of-unmanned-aerial-system/>

10. Baar T., Schulte H. Safety analysis of longitudinal motion controllers during climb flight. *System Informatics*. 2019. № 14. P. 11–18. URL: <http://dx.doi.org/10.18255/1818-1015-2019-4-488-501>

11. Ding S., Gu Q., Liu J. Flight safety system evaluation and optimal linear prediction. *Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics*. 2019. Vol. 36. № 2. P. 205–213. URL: <http://dx.doi.org/10.16356/j.1005-1120.2019.02.001>

12. Kelemen M., Antoško M., Szabo S., Socha L., Jevčák Ja., Choma L., Tobisová A. Experimental verification of psychophysiological performance of a selected flight personnel and sw: presurvey for transport safety. *Transport Problems*. 2019. Vol. 14. № 3. P. 145–153. doi: 10.20858/tp.2019.14.3.13

13. Krasnozhon V.O. Flight safety analysis during air traffic control in the USA. *Sciences of Europe*. 2016. № 9-3(9). P. 55–60.

S. Rudakov, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

O. Kulakov, PhD, Associate Professor, Researcher of the Department

O. Myrgorod, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

O. Petukhova, PhD, Associate Professor, Deputy Head of Department

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

EFFICIENCY OF TECHNICAL MEANS OF NOTIFYING AIRCRAFT PASSENGERS IN EMERGENCY SITUATIONS

An expert method of researching the effectiveness of a complex of technical means of informing passenger aircraft in the event of an emergency situation in high-altitude flight conditions is proposed. An improved generalized model of the effectiveness of the application of individual and collective technical means of informing passengers and crew members in the event of an emergency situation, which is described by appropriate features, the composition of which is determined by a group of experts – highly qualified specialists in the aviation industry. The determination of such features for the object of selection by the expert method solves the task of finding weighted coefficients by ranking the relevant coefficients and comparing them with each other. An assessment of the effectiveness of a set of scientifically based technical solutions for informing passengers of aircraft in the event of an emergency has been carried out. Such assessment was carried out by highly qualified experts in the field of air transportation. The results of expert decisions were processed using mathematical methods. Research results are obtained with the help of instrumental measurements, for which standardized methods of processing measurement results are established. The results of the collective examination of the effectiveness of the use of technical means of informing passengers were obtained using the method of ranking the weighted coefficients of the quantitative rating scale. The results of the research were obtained by calculating quantitative estimates of the significance of the source information, which corresponds to the combination of sources of argumentation, taking into account their influence on the opinion of the expert. Quantitative values of qualification assessments corresponding to different levels of expert awareness were also proposed. The results of an expert survey of a group of specialists in the field of aviation safety regarding the effectiveness of the use of technical means of individual and collective informing of aircraft passengers in emergency situations of high-altitude flight are presented. This made it possible to determine the effectiveness and priority of the use of these technical means in the event of an emergency and to save the lives of many aircraft passengers.

Keywords: emergency situation, expert, assessment, complex of means of informing passengers, coefficient of competence, coefficient of assessment

References

1. Bugayko, D., Shevchenko, O. (2020). Indicators of air transport sustainable development. *Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management*, 4, 6–18. doi: <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2020-4-1>

2. Prognoz ICAO [Elektronnij resurs]. Available at: <https://biz.nv.ua/ukr/markets/>

ikao-shvaliv-standart-po-skorochnennju-vikidu-co2-litakami-96188.html

3. Analiz stanu bezpeky polotiv za rezultatamy rozsliduvannja aviazijnyh podij ta inzydentiv z syvilnymy povitranymi sudnamy Ukrainy ta sudnamy inozemnoi reestrazii, so stalysa u 1 pivrizzi 2019 roku. (2019). [Elektronnij resurs]. Nazionalne buro z rozsliduvanna aviazijnyx podij ta inzydentiv z syvilnymy povitranymi sudnamy. Kyiv, 2. Available at: http://www.nbaai.gov.ua/uploads/pdf/Аналіз_1_пів_2019.pdf

4. Safety Management Manual Doc 9859. (2018). [Elektronnij resurs]. Available at: <https://www.unitingaviation.com/publications/9859/>

5. Groenenboom, J. (2017). Aircraft health monitoring. The True Value of Aircraft Health Monitoring and Data Management. Proceedings of the 13th Maintenance Cost Conference, 172–179.

6. Global Market Forecast. Future Journeys 2013–2020. (2013). [Electronic resource] AIRBUS S.A.S Blagnac Cedex: Art @ Caractere, 125. Available at: <http://www.airbus.com/company/market/forecast/?elD=damfrontendpush@docID=33755>.

7. Balbi, G., Moraglio, M. (2016). A Proposal to hybridise communication and mobility research agendas. In: S. Fari, M. Moraglio, eds. Peripheral flows: A Historical Perspective on Mobilities between Cores and Fringes. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 10–27.

8. Adrian, T., Crump, R.K., Vogt, E. (2019). Nonlinearity and flight-to-safety in the risk-return trade-off for stocks and bonds. The Journal of Finance, 74, 4, 1931–1973. Available at: https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/staff_reports/sr723.pdf

9. Andreev, K., Arnaudov, R., Dochev, I. (2018). In-flight sensor system for collecting flight information and providing flight safety of unmanned aerial system. Electro-technica and Electronica, 53, 11–12, 305–309. Available at: <https://epluse.ceec.bg/in-flight-sensor-system-for-collecting-flight-information-and-providing-flight-safety-of-unmanned-aerial-system>

10. Baar, T., Schulte, H. (2019). Safety analysis of longitudinal motion controllers during climb flight. System Informatics, 14, 11–18. Available at: <http://dx.doi.org/10.18255/1818-1015-2019-4-488-501>

11. Ding, S., Gu, Q., Liu, J. (2019). Flight safety system evaluation and optimal linear prediction. Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 36, 2, 205–213. Available at: <http://dx.doi.org/10.16356/j.1005-1120.2019.02.001>

12. Kelemen, M., Antoško, M., Szabo, S., Socha, L., Jevčák, Ja., Choma, L., Tobisová, A. (2019). Experimental verification of psychophysiological performance of a selected flight personnel and sw: presurvey for transport safety. Transport Problems, 14, 3, 145–153. doi: 10.20858/tp.2019.14.3.13

13. Krasnozhan, V. O. (2016). Flight safety analysis during air traffic control in the USA. Sciences of Europe, 9–3(9), 55–60.

Надійшла до редколегії: 18.10.2022

Прийнята до друку: 17.11.2022