

УДК (629.7.073)

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.1.7>**I. В. ПРОХОРЕНКО**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту
Національний авіаційний університет
ORCID: 0000-0002-3397-662X

Н. А. ТИМОШЕНКО

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту
Національний авіаційний університет
ORCID: 0000-0002-9713-7876

Н. П. СОКОЛОВА

кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту
Національний авіаційний університет
ORCID: 0000-0001-5190-2934

М. П. КРАВЧУК

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту
Національний авіаційний університет
ORCID: 0000-0001-9670-8369

Т. А. МАЗУР

кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту
Національний авіаційний університет
ORCID: 0000-0001-8378-6763

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН В ОСОБЛИВИХ СИТУАЦІЯХ У ПОЛЬОТІ

У роботі представлені концептуальні основи інноваційних методів у сфері підвищення безпеки польотів повітряних суден (ПС) в умовах невизначеності. Введено поняття системно-взаємопов'язаної структури «ПС-система автоматичного управління-екіпаж-середовище-особлива ситуація». Запропоновано структуру можливого конвергентного управління ПС в умовах виникнення особливої ситуації (ОС) у польоті. У разі виникнення нештатної ситуації (НС) у повітрі командир ПС (КПС) формує відповідний конкретному поточному випадку образ польоту шляхом відтворення: моделі НС, що фактично розвивається, у польоті; моделі подібної до НС, відпрацьованої на тренажері; моделі невідповідності ситуації яка фактично розвивається, необхідної моделі штатного польоту ПС; моделі дій КПС (екіпажу), що парирує розвиток НС. Тотожність парируємої польотної ситуації та її інтерпретація екіпажем в рамках раптової зміни штатного режиму польоту залежить від глибини теоретичного опрацювання причини виникнення НС у польоті, її розвитку і твердості освоєних навичок, відпрацьованих на тренажері з парирування типових систе та їх подальшого розвитку. Відповідно створюються передумови до змісту теоретичного опрацювання причин виникнення НС у польоті та до глибини відпрацювання навичок відтворення НС. Враховуючи роль людини в успішності відтворення НС можна стверджувати, що заходи щодо запобігання втрат ситуаційної усвідомленості можна розділити на дві основні групи: навчання та підготовки екіпажів діям в НС при штатних бортових системах ПС; вдосконалення бортових систем і вироблення вимог до них. Перша група характеризується ситуаційним усвідомленням тобто, діями людини у контурі «ПС – система автоматизованого управління – екіпаж – середовище – особлива ситуація». При цьому найважливішу роль відіграють характеристики пілота – професійна надійність та професійна живучість. Таким чином, результати досліджень цих характеристик можуть відігравати особливу роль у створенні нових методологій, форм та методів запобігання авіаційним подіям та передумовам до них.

Ключові слова: людський фактор, безпека польотів, особлива ситуація, повітряне судно, командир повітряного судна, реконфігурація управління, логіко-психологічний та психофізіологічний стан.

I. V. PROKHORENKO

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Automation
and Energy Management
National Aviation University
ORCID: 0000-0002-3397-662X

N. A. TIMOSHENKO

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Automation
and Energy Management
National Aviation University
ORCID: 0000-0002-9713-7876

N. P. SOKOLOVA

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Automation
and Energy Management
National Aviation University
ORCID: 0000-0001-5190-2934

M. P. KRAVCHUK

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Automation
and Energy Management
National Aviation University
ORCID: 0000-0001-9670-8369

T. A. MASURIA

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Automation
and Energy Management
National Aviation University
ORCID: 0000-0001-8378-6763

METHODS OF IMPROVING THE SAFETY OF AIRCRAFT FLIGHTS IN SPECIAL IN-FLIGHT SITUATIONS

The work presents the conceptual foundations of innovative methods in the field of improving the safety of aircraft flights (aircraft) in conditions of uncertainty. The concept of a system-interrelated structure "Aircraft-automatic control system-crew-environment-special situation" was introduced. The structure of the possible convergent control of the aircraft in the conditions of the occurrence of a special situation (OS) in flight is proposed. In the event of an emergency situation (Emergency) in the air, the commander of the aircraft (KPS) forms a flight image corresponding to the specific current case by reproducing: the model of the emergency, which is actually developing, in flight; a model similar to the NS, practiced on the simulator; models of inconsistency of the situation that is actually developing, the required model of the regular flight of the aircraft; models of actions of the KPS (crew), which parries the development of emergency situations. The identity of the parrying flight situation and its interpretation by the crew within the framework of a sudden change in the standard flight regime depends on the depth of the theoretical study of the cause of the emergency in flight, its development and the solidity of the mastered skills practiced on the simulator for parrying typical systems and their further development. Accordingly, prerequisites are created for the content of the theoretical analysis of the causes of emergencies in flight and for the depth of practicing the skills of emergency reproduction. Taking into account the human role in the success of emergency reproduction, it can be argued that measures to prevent loss of situational awareness can be divided into two main groups: training and preparation of crews for actions in an emergency with standard on-board systems of the aircraft; improvement of on-board systems and development of requirements for them. The first group is characterized by situational awareness, that is, human actions in the circuit "aircraft – automated control system – crew – environment – special situation". At the same time, the most important role is played by the characteristics of the pilot – professional reliability and professional survivability. Thus, the results of studies of these characteristics can play a special role in creating new methodologies, forms and methods of preventing aviation events and their prerequisites.

Key words: human factor, flight safety, special situation, aircraft, aircraft commander, control reconfiguration, logical-psychological and psychophysiological state.

Постановка проблеми

Безперервно зростаюча частка авіаційних послуг неминує веде до інтенсифікації польотів, які, своєю чергою, ведуть до зростання авіаційних подій (АП) та передумов до них. Переважна більшість (близько 80%) причинної АП є дії людини – людського чинника. Ущільнення повітряних коридорів і повітряних суден (ПС) в них, жорсткі вимоги до графіка польотів ПС, постійне підвищення вимог до економічної доцільності, а також інші вимоги суттєво погіршують психофізіологічний стан екіпажу та особливо його командира. Все це вимагало від науковців, інженерів та конструкторів пошуку та розробки нових технологій конструювання, виробництва, експлуатації та управління. Щоб зменшити вплив людського чинника на АП у роботі пропонується використовувати досвід екіпажів, які опинилися в подібних ситуаціях у польоті і знайшли єдино правильне рішення щодо виходу з них. Для цього розроблено концептуальні основи когнітивної методології, яка покладена в основу розробки банку підказок КВС після прийняття керуючих рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Послідували послідовно одна за одною революційний розвиток інформаційних технологій, біотехнологій, нанотехнологій, у свою чергу приввели до бурхливого прогресу в розвитку когнітивних технологій. Когнітивні технології є способом трансформації властивостей і якостей людини, його поведінки за рахунок модифікації логіко-психологічних і психофізіологічних параметрів організму або включення людини в гібридні системи [1]. Автори на конкретних прикладах аналізують можливість застосування результатів розвитку когнітивних технологій для управління складними динамічними системами. У роботі [2, 3] автори описують кількісні та якісні атрибути проектів у рамках форсайт-досліджень, наводяться сценарії та експертні рекомендації щодо використання моделі зміни технологічних вкладів для довгострокового прогнозування науково-технічного розвитку України. Роботи [4, 5] присвячені синтезу методів відновлення живучості ПС в особливих ситуаціях у польоті шляхом реконфігурації його управління. У роботі [6, 7] обґрунтовується головна характеристика пілота в якості якої автор пропонує професійну надійність пілота. Роботи [8, 9] присвячені когнітивним методам аналізу даних і прогнозування. А також, наведено загальну структуру системи підтримки прийняття рішення з використанням когнітивних технологій. У роботах [10, 11] піддається критиці недостатня увага до проблеми «людського фактора», логіко-психологічним та психофізіологічним дослідженням. Виділяючи медико-психологічні аспекти низці, що відбулися у цивільній авіації (ЦА) катастроф, автори роблять особливий акцент на можливість відновлення керуваності та стійкості за допомогою розрахованих заздалегідь законів управління і реконфігурації управляючих впливів на функціонуючі виконавчі органи ПС. Роботи [12] присвячені уточненню діючих інформативно-правових документів, а також вимоги підвищення уваги до всіх аспектів робіт із забезпечення безпеки польотів.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є дослідження можливості підвищення безпеки польотів ПС за рахунок зниження впливу «ситуаційної усвідомленості» екіпажу судна.

Для досягнення поставленої мети необхідне вирішення наступних завдань:

- перевірити можливість створення конвергентного управління системою «ПС-САУ-Екіпаж-Середовище-Особлива ситуація» в особливій ситуації в польоті;
- розробити структуру можливого конвергентного управління авіаційною системою в особливій ситуації в польоті;
- обґрунтувати та побудувати алгоритм ризиків авіаційної події, викликаной діяльністю екіпажу в умовах виникнення ОС у польоті;
- виявити і обґрунтувати біологічно активні речовини, що надають найбільший вплив на життєдіяльність членів екіпажу ПС.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розглянемо більш детально можливі шляхи зниження впливу «ситуаційної усвідомленості» екіпажу на авіаційну безпеку. Так, уявлення процесу управління польотом ПС у вигляді складної системи взаємопов'язаних підсистем є поширеним поняттям [5]. По-перше, для великих систем характерна величезна кількість елементів, зв'язків і взаємодій між ними, але цих ознак мало. Істотним є складність різномірної структури, утвореної цими елементами, багат шаровість, ієрархічність і т.д. На практиці управління польотом у невизначених умовах, призводить до вимоги значного збільшення складності та розмірності системи (рис. 1). Основними причинами яких є [1]:

- надзвичайно висока динаміка системи, складність її поведінки, непередбачуваність;
- більша кількість внутрішніх та зовнішніх зв'язків між елементами системи;
- несприятливий вплив появи та розвитку особливої ситуації;
- слабо структурованість і неструктурованість;
- не готовність екіпажу адекватно реагувати на несподівані швидкі зміни умов польоту і грамотно змінювати раніше прийняті рішення (логіко-психологічна і психофізіологічна готовність, ситуаційне розуміння).
- складність формалізації та обліку особливостей соціально-психологічних властивостей особистості членів екіпажу.

Таким чином, досягти глибини виявлення впливу кожного із наведених факторів на БП можливо лише на основі сучасних конвергентних технологій (NBIC-технологій) [6, 8].

Запропонована структура можливої конвергентної технології управління великою авіаційною системою в особливих ситуаціях у польоті наведена на рис. 1 [6].



Рис. 1. Структура можливого конвергентного управління системою в особливих ситуаціях у польоті

Культуру безпеки можна оцінити через рівень інформованості про кожну складову системи «ПС– система автоматичного управління – екіпаж – середовище – особлива ситуація» щодо можливих ризиків та загроз, що викликаються їх діяльністю.

$$W_{кб}(P) = W_{нс}(P) \cdot W_{ек}(P) \cdot W_{сп}(P) \cdot W_{ос}(P),$$

$$W_i(P) \leq 1. \tag{1}$$

У виразі (1) закладено наступні властивості: за наявності i -тої причини, що викликає виникнення ОС у польоті, передатна функція, що відповідає місцю її появи $W_{ij}(P)$ приймає наступні значення – за відсутності впливу j -тої причини на культуру безпеки $W_{ij}(P) = 1$ при переводі цієї причиною штатної польотної ситуації відразу в катастрофічну, $W_{ij}(P) = 0$. У всіх інших ситуаціях W_{ij} змінюється від значень більше нуля, але менше одиниці, створюючи таким чином блокову матрицю коефіцієнтів [6], що є системною агрегацією системи «ПС–система автоматичного управління–екіпаж–середовище–особлива ситуація». Для виявлення можливих шляхів зниження впливу ситуаційної усвідомленості екіпажу на авіаційну безпеку можна застосувати метод суперпозиції, тобто. будемо вважати, що $0 \leq W_{ек}(P) \leq 1$, інші, крім $W_{кб}(P)$, дорівнюють одиниці. Для вироблення і прийняття правильного рішення щодо нейтралізації аварійної ситуації, що склалася, та її наслідків екіпажу, що має достатній досвід управління польотом ПС, необхідно включити в цей процес не тільки свої знання та вміння, досвід виходу з аналогічних ситуацій пілотів, які неодноразово подолали подібні ситуації, а й логіко-психологічні та психофізіологічні особливості всього організму: самовпевненість, переоцінка своїх можливостей, логіко-психологічне вміння протистояти власному уявленню про дію у ситуації. Таким чином, для вирішення завдання підвищення безпеки польотів в екстремальних умовах необхідно:

- дослідити можливості та шляхи зниження впливу «ситуаційної усвідомленості» екіпажу на безпеку польотів. Для цього необхідно: встановити особливості логіко-психологічних та психофізіологічних якостей членів екіпажу; розробити шляхи активації головного мозку; шляхи зміни його фізичної структури;

- сформулювати алгоритм контролю дії екіпажу в особливій ситуації (ОС) у польоті. Для цього необхідно: розробити та побудувати базу підказок (когнітивну карту проблеми); підібрати та затвердити список експертів з числа найбільш досвідчених пілотів, які успішно долали подібні ситуації у польоті; скласти когнітивні карти найбільш небезпечних аварійних ситуацій у польоті та способів виходу з них; за результатами аналізу когнітивних карт проблем сформулювати базу підказок та алгоритм доведення їх до свідомості членів екіпажу.

Підтвердженням цьому може бути аварія, що сталася 5 травня 2019 року в міжнародному аеропорту Шереметьєво з літаком SSJ-100. Відповідно до основної версії на висоті близько 2000 м у літак потрапляє блискавка і виводить з ладу авіоніку ПС. Екіпаж подає сигнал лиха і йде на посадку в аеропорт зльоту. Ситуація ускладнюється тим, що екіпаж не вжив заходів для зниження посадкової ваги і відповідно швидкості літака в результаті цього КПС робить грубу посадку, тому шасі надламуються, літак «клює» носом у бетон і загоряється. Загинула 41 людина. Аналіз показує, що надзвичайна ситуація постійно ускладнювалася від складної до катастрофічної.

Екіпаж, перебуваючи у стресовому стані, не зміг запобігти загибелі людей, тобто, відбулося повне вичерпання активних ресурсів чи абсолютна неможливість їх використання. Таким чином, провівши сепарацію та виділивши із системи (Рис. 1) екіпаж розглянемо можливі шляхи зниження впливу «ситуаційної усвідомленості» (людського фактора) на безпеку польотів ПС в умови раптового виникнення НС у польоті. Для цього наведемо найпоширенішу математичну формалізацію динамічних властивостей пілота [5].

$$W_{na}(P) = \exp(-\tau_{II}P) \quad (2)$$

де: τ_{II} – час запізнення реакції нервової системи пілота; T_1 – постійна часу попередження, яка виробляється пілотом на основі попереднього досвіду; T_2 – постійна часу запізнення пілота; T_3 – постійна часу, що характеризує динаміку роботи нервово-м'язової системи; K_1 – коефіцієнт передачі (посилення) пілота; K_2 – коефіцієнт посилення нервово-м'язової ланки.

Аналіз виразу (2) дозволяє зробити висновок, що він більшою мірою відображає динаміку психофізіологічного стану пілота і слабо відображає логіко-психологічні його можливості. У зв'язку з цим залежність (2) вимагає істотного доповнення екіпажу, що враховує правильність дії, в екстремальних умовах польоту і наявного ресурсу головного мозку.

Авіаційні психологи встановили різке зниження ступеня підготовленості членів екіпажу до дій у критичних ситуаціях. Так, якщо оцінити знання члена екіпажу за 100-бальною шкалою в (90-100) балів, то в критичній ситуації вони падають до рівня (60-70) балів [8, 4].

Також необхідно звернути увагу керівників авіакомпаній на різке зниження у екіпажів навичок пілотування в режимі direct made, внаслідок чого втрачається цілісність, тобто закономірності взаємодії частин і цілого. У цьому випадку екіпаж пілотує ПС орієнтуючись не за приладами, а виключно за «образом польоту», що виникає в головному мозку КПС, і видобувається з довготривалої його пам'яті у вигляді заздалегідь вивчених і відпрацьованих алгоритмів, що пов'язано з прийняттям помилкових рішень і суттєвими витратами часу на вироблення та прийняття рішення.

Так, американський вчений Джон-Ділан Хейнс у своєму дослідженні підтвердив, що в ряді випадків затримка фізіологічної реакції екіпажу в екстремній ситуації може досягати 5 секунд [11]. Це означає, що модель дії екіпажу ПС має великий попередній практичний досвід і практичні навички, відпрацьовані на тренажерах, формується в мозку заздалегідь, а в критичній (аварійній або катастрофічній) ситуації в умовах крайнього дефіциту часу, випереджаючи розум, змушує членів екіпажу діяти за заздалегідь сформованою моделлю. Таке становище є особливо важливим, оскільки розвиток аварійної ситуації і перехід її в катастрофічну займає частки одиниці секунд. Наприклад, при попаданні пилоти в двигун, ПС негайно перетворюється на аварійний стан. Якщо не вжити екстремних заходів щодо запобігання переходу ПС з аварійного стану в катастрофічний, то, залежно від висоти польоту, на якій сталася зазначена подія, через 15–45 секунд катастрофа неминуча.

Таким чином, якщо у пілота в результаті тривалої практики та відпрацювання на тренажерах сформувався образ правильних дій у типових позаштатних ситуаціях, то в нього формується матриця образів дії для кожної конкретної ситуації в польоті на рівні підсвідомості. При раптовому виникненні однієї з відпрацьованих ситуацій підсвідомість, випереджаючи розум, змушує КПС діяти по одному з відпрацьованих образів, витягуючи його з матриці образів дій, на рівні м'язової пам'яті. З наведених вище прикладів випливає, що час попередження в ряді випадків набагато більший, порівняно з часом розвитку катастрофи отже, наше завдання полягає в пошуку можливих шляхів скорочення часу попередження (фантомного способу дій) і, одночасно скорочення часу запізнення (2) реакцію короткочасної пам'яті КПС. Для цього насамперед з'ясуємо, які фактори сприяють скороченню різниці в часі між підсвідомою дією та усвідомленою реакцією короткочасної пам'яті пілота. Дослідники університету Szeged (Угорщина) відкрили в 2018 році GABAergic підтип нейрона, так звані шипшинові нейрони, розташовані в першому шарі кори головного мозку та складають близько 10% загальної кількості нейронів у шарі. Основна функція цих нейронів – інгібування зворотних пірамідальних потенціалів, тобто, участь у процесах гальмування [12]. Також у 2018 році групою вчених із Ludwig-Maximilians University of Munich під керівництвом проф. Stuart Gilder виявлено наявність розташованих у строго певних відділах головного мозку магнітних частинок, які можуть відігравати важливу роль у навігації. Всі перелічені властивості, які є життєдіяльністю людини в цілому, знаходяться під керуванням біологічно активних речовин (БАР) – нейромедіаторів та гормонів. На сьогоднішній день відкрито і вивчено більше 100 таких сполук. Патологічна зміна балансу даних речовин, порушення рецепторного апарату призводить до порушень сприйняття, адекватної обробки та аналізу вхідної інформації, і, як наслідок, невірної відповідної реакції. Все це може стати предиктором переходу аварійної ситуації в неконтрольовану катастрофічну. Біологічно активні речовини позначимо набором символів, об'єднаних у 5 або 4 множини залежно від їх набору [5, 7]:

$U = \{1, 2, 3, \dots, j, \dots, u\}$ – безліч чинників, які впливають здатність КПС приймати правильні рішення в екстремальних ситуаціях;

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_u\}$ – безліч змінних (БАР), що відповідають наведеним факторам;

$\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j, \dots, \omega_n\}$ – набір значень, що приймаються j -ою змінною;

$F_j \in F$ – щільність ймовірності розподілу змінної;

$\pi_j \in \Pi$ – функція приналежності лінгвістичної змінної.

Відносини між змінними, наведеними вище, також позначимо символами:

$D_{ij} = \{d_1, d_2, d_j, \dots\}$ – безліч зв'язків, що описують відносини між змінними i і j ;

A_j – вектор, що визначає вплив попередньої змінної $j-1$ на досліджувану поточну змінну j ;

B_j – вектор, що визначає вплив поточної j -ї змінної на наступну $j+1$ змінну;

P_{ij} – вектор заходів можливості чи ймовірності впливу змінної i на змінну j ;

T_{ij} – вектор змін ресурсу (витрат коштів чи часу) для підвищення чи зниження впливу змінної i на змінну j .

Введення цих позначень дозволило формалізувати та однозначно інтерпретувати конкретний процес прийняття КПС рішення та подальшого розвитку позаштатної ситуації у конкретних зовнішніх умовах та під впливом внутрішніх процесів головного мозку. Наприклад, основні характеристики факторів, що впливають на здатність КПС приймати правильні рішення в екстремальних ситуаціях, можуть бути представлені таким кортежем:

$$\langle U, V, Q, F, \Pi \rangle, \quad (3)$$

а причинно-наслідкові відносини чи зв'язки між ними кортежем:

$$\langle D, A, B, P, T \rangle \quad (4)$$

У свою чергу, математичне подання всього процесу дій КПС в екстремальній ситуації в загальному вигляді може бути виражене таким виразом [6]:

$$\langle \text{процес дії КПС в екстремальних умовах} \rangle ::= \langle U \wedge V \wedge Q \wedge F / D \wedge A \wedge B \wedge P \wedge T \rangle \quad (5)$$

Щодо конвергентних технологій прийняття рішень КПС в екстремальних ситуаціях вираз (3) перепишемо в наступному вигляді: <конвергентна технологія прийняття КПС рішення:

$$: = \langle U \wedge V \wedge Q \wedge F / D \wedge A \wedge B \wedge P \wedge T \rangle \quad (6)$$

де: $U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$; $V = \{v_1 - \text{серотонін}, v_2 - \text{адреналін}, v_3 - \text{норадреналін}, v_4 - \text{мелатонін}, v_5 - \text{тестостерон}, v_6 - \text{естрадіол}, v_7 - \text{кортизол}, v_8 - \text{окситоцин}, v_9 - \text{пролактин}, v_{10} - \text{вазопресин}\}$; $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8, \omega_9, \omega_{10}\}$; $F = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$; $D = \{d_{12}, d_{21}, d_{13}, d_{31}, \dots, d_{110}, d_{101}, \dots, d_{23}, d_{32}, \dots\}$; $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{10}\}$, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{10}\}$.

Таким чином, оцінивши вплив на логіко-психологічні та психофізіологічні властивості пілота: τ_{II}, T_1, T_2, T_3 , як і його життєдіяльність в цілому біологічно активних речовин, можна попередити патологічні зміни балансу даних речовин, порушення рецепторного апарату і тим самим знизити ймовірність невірної відповіді реакції. Отже склавши математичну залежність типу (6) для кожного КПС, представляється можливим заздалегідь з'ясувати можливу його поведінку в тій чи іншій критичній ситуації та прогнозовані прийняття ним рішення, чим істотно зменшити, за рахунок цілеспрямованого впливу на безліч параметрів і відносин між його складовими D і j кількість прийнятих ним помилкових рішень.

Значимо, що управління ПС як складової системної підсистеми «ПС-САУ-екіпаж-середовище-особлива ситуація» може здійснюватися в різних режимах: ручного, директорного, автоматичного. Але незалежно від того, який режим керування застосований у польоті, пілот постійно перебуває у контурі керування. У перших двох режимах управління він здійснює безпосередньо управління ПС, у третьому режимі він, перебуваючи в контурі управління, виконує роль спостерігача при штатному перебігу польоту, а при виникненні позаштатних явищ він коригує керуючі дії САУ. Таким чином, від рішення та дій екіпажу залежить результат польоту, його безпека (Пок.9859 4thed. ICAO). Оскільки, з концепції залишкового ризику, абсолютної безпеки немає, авіаційні обставини (АО) – об'єктивна реальність, тобто, існує небезпека (ризик) розвитку позаштатних ситуацій під час виробництва польотів [2]. При цьому розставляючи пріоритети у процедурі оцінювання ризиків авіаційних подій (АП) необхідно враховувати той факт, що в міру вдосконалення авіаційної техніки, засобів її інтелектуалізації зростає частка АП за причинними факторами, що безпосередньо пов'язані з діяльністю людини в контурі системи «ПС-САУ-екіпаж-середовище-особлива ситуація». При цьому, з інформації опублікованої в роботі [2] 80% інцидентів припадає на ПС, а частку більш серйозних АП припадає 80% і всі вони викликані діяльністю людини. ICAO визнано, що до 75% АП є наслідком помилок зовні здоровими індивідуумами з належною кваліфікацією [Дос.8959-АН/460-ICAO,2006].

У зв'язку з комп'ютеризацією та інтелектуалізацією систем ПС повинні підвищуватися вимоги до професійної придатності, надійності та живучості до концепції підготовки та професійного зростання пілотів. На даний момент при визначенні професійного рівня пілота, його функціональної надійності та функціональної живучості. Конкретне рішення приймається виходячи з суб'єктивної оцінки ступеня готовності пілота до самостійних польотів, зокрема в умовах ризику. Для підвищення об'єктивності оцінки професійного рівня пілота автори вважають

за доцільне враховувати логіко-психологічну та психофізіологічну оцінку правильності дії екіпажу в екстремальних умовах польоту. Для цього, користуючись залежностями (2), (6), виявляти індивідуальні психофізіологічні дані кожного члена екіпажу та вносити їх до спеціальної карти (когнітивної карти проблеми). Маючи такі карти можна оцінити ризик АП, який вносить особливості дій екіпажу в екстремальних умовах польоту. Враховуючи ієрархічність авіаційних подій тобто $III < I < CI < Av < K$ за умови їхньої ординарності та несумісності в одному польоті обчислимо оцінки ймовірності подій з урахуванням суб'єктивних факторів з використанням формули повною ймовірністю

$$p(\text{АП}) = \sum_{i=1}^{m(j)} \sum_{j=1}^n P(\text{ЛФ}) P(\text{АП} / \text{ЛФ}), \quad (7)$$

або, із зазначенням можливості впливу людини на кожен тип авіаційних подій:

$$\hat{P}_{\text{АП}} = \frac{1}{N} \left(n_k P_{\frac{k}{\text{ЛФ}}} + n_{Av} P_{\frac{Av}{\text{ЛФ}}} + n_{CI} P_{\frac{CI}{\text{ЛФ}}} + n_I P_{\frac{I}{\text{ЛФ}}} + n_{III} P_{\frac{III}{\text{ЛФ}}} + P_{\text{ЛФ}} \right) \quad (8)$$

де N – кількість виконаних польотів; n_k, n_{Av}, n_{CI}, n_I – кількість авіаційних подій за оцінюваний період з урахуванням суб'єктивного фактора: k – катастроф, Av – аварій, CI – серйозних інцидентів, I – інцидентів, III – провісників інцидентів, $P_{k/\text{чф}}, P_{Av/\text{чф}}, P_{CI/\text{чф}}, P_{I/\text{чф}}, P_{III/\text{чф}}$ – оцінка умовної ймовірності відповідної авіаційної події з урахуванням людської фактор; i – номер авіаційної події при j -тому стані пілота, $i=1,2,\dots,m(j)$; j -номер типу стану пілота, $j=1,2,\dots,n$; $m(j)$ – розглянута кількість авіаційних подій при j -тому стані пілота.

Таким чином, маючи апостеріорну статистику авіаційних подій у польоті (можна по кожному типу літаків) і когнітивну карту логіко-психологічних та психофізіологічних властивостей кожного члена екіпажу можна оцінити ризики, викликані діяльністю екіпажу.

Висновки

У роботі встановлено зв'язок та можливі шляхи зниження впливу логіко-психологічного та психофізіологічного стану екіпажу на авіаційну безпеку. Обґрунтований і побудований алгоритм оцінки ризику авіаційної події, яка може бути викликана діяльністю членів екіпажу в умовах виникнення особливої ситуації в польоті. Визначено біологічно активні речовини, які мають найбільший вплив на життєдіяльність пілота в цілому. Патологічне зміна балансу цих речовин, порушення рецепторного апарату призводить до порушення сприйняття адекватної обробки та аналізу вхідної інформації, і як, наслідок невірної відповідної реакції.

Список використаної літератури

1. Baez J. Subcellular Life Forms. UCR. 2005. Retrived from: <http://math.ucr.edu/home/baez/subcellular.html>
2. Казак В.М. Синтез характеристик психофізіологічного портрета особи, яка приймає рішення за умов високого ризику. *Проблеми сучасної психології*. 2013. С. 20-25.
3. Казак В.М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. К.: «НАУ-друк». 2010.
4. Казак В.М., Прохоренко І.В., Тимошенко Н.А. Когнітивні технології запобігання розвитку ОС у польоті за умов невизначеності. *Вісник інженерної академії України*. 2017. С. 18-20.
5. Кушнір О.А. Деякі психолого-педагогічні аспекти формування професійної надійності майбутніх пілотів. *Сб.труд Товариства незалежних розслідувачів авіаційних подій*. 2011. С. 163-171.
6. Roco M., Brinbridge W. *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. 2004.
7. Schummer J. From Nano-Convergence to NBIC-Convergence “The best way to predict the future is to create it”. *Governing Future Technologies*. – Springer Netherlands. 2009.
8. Козлов В.В. Розслідування без медико-психологічної експертизи – гроші на вітер (або дорозслідування розслідувань). 2013.
9. Miyakawa, et. all. *Research of Flight Control System for High Maneuver Aircraft*. 2008.
10. Stuart A. Gilder, Michael Wack, Leon Kaub, Sophie C. Roud, Nikolai Petersen, Helmut Heinsen, Peter Hillenbrand, Stefan Milz & Christoph Schmitz. (2018). Distribution of magnetic remanence carriers in the human brain// *Scientific Reports* volume.
11. Gábor Tamás, Ed S. Lein. Transcriptomic and morphophysiological evidence for a specialized human cortical GABAergic cell type. *Nature Neuroscience*. 2018.
12. ІКАО, Асамблея -40 сесія. Виконавчий комітет (Дос.98594th)

References

1. Baez J. (2005) Subcellular Life Forms. UCR. –December 21 [Elektronniy resurs] / J. Baez. Rezhim dostupu (stanom na 2015 r.) : [http:// math.ucr.edu/home/baez/subcellular.html](http://math.ucr.edu/home/baez/subcellular.html)
2. Kazak V.M. (2010) Sintez karakteristik psihofiziolozhichnogo portreta osobi, yaka priymae rishennya za umov visokogo riziku // Kam. -Pid.: Problemi suchasnoyi psihologiyi, no. 28.
3. Kazak V.M. (2010) Sistemni metodi vidnovlennya zhivuchosti litalnih aparativ v osoblivih situatsiyah u poloti. K.: Vid-vo Nats.avlats.un-tu «NAU-druk», 284 s.[in Ukrainian]
4. Kazak V.M., Prohorenko I.V., Timoshenko N.A. (2017) Kognitivni tehnologi zapoblgannya rozvitku OS u poloti za umov neviznachenosti. K.: Visnik InzhenernoYi akademiyi Ukraini. pp. 18-20.
5. Kushnir O.A. (2011) Deyaki psihologo-pedagogichni aspekti formuvannya profesynoyi nadlynosti maybutnih pilotiv. Sb.trud Tovaristva nezalezhnih rozsliduvachiv avlatsynih podiy, no 24, pp. 163-171.
6. Roco M., Brinbridge W. (2004) Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Arlington,.
7. Schummer J. (2009) From Nano-Convergence to NBIC-Convergence “The best way to predict the future is to create it” // Covering Future Technologies. – Springer Netherlands,.
8. Kozlov V.V. (2013). Rozsliduvannya bez mediko-psihologichnoyi ekspertizi – groshi na viter (abo dorozsliduvannya rozsliduvan) no 25.
9. Miyakawa, et. all. (2008). Research of Flight Control System for High Maneuver Aircraft,
10. Stuart A. Gilder, Michael Wack, Leon Kaub, Sophie C. Roud, Nikolai Petersen, Helmut Heinsen, Peter Hillenbrand, Stefan Milz & Christoph Schmitz. (2018). Distribution of magnetic remanence carriers in the human brain // Scientific Reports volume, 11363
11. Gábor Tamás, Ed S. Lein. (2018). Transcriptomic and morphophysiological evidence for a specialized human cortical GABAergic cell type. Nature Neuroscience, no. 21
12. IKAO, Asambleya -40 sesiya. Vikonavchiy komitet (Dos.98594th)