

УДК 656.7.086 (45)

Т.Ф. Шмельова

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА В АВІАЦІЙНІЙ СОЦІОТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ

Аеронавігаційна система представлена як складна соціотехнічна система. Розроблені логіко-детерміновані та стохастичні моделі прийняття рішень людиною-оператором аеронавігаційної системи в особливих випадках в польоті. Відповідно до теорії рефлексії отримані сценарії розвитку польотної ситуації при виборі оператором позитивного або негативного полюсу. На основі нейросіткової моделі оцінки ефективності альтернативних варіантів завершення польоту побудована система інформаційної підтримки оператора в позаштатних ситуаціях.

Ключові слова: авіаційна соціотехнічна система, людина-оператор, індивідуально-психологічні фактори, соціально-психологічні фактори, рефлексивна модель, біполярний вибір, стохастична мережа, особливий випадок в польоті.

Вступ

Постановка проблеми. Аеронавігаційні системи (АНС) за принципами функціонування можна віднести до соціотехнічних систем, в яких відбувається тісна взаємодія між людиною та технологічними компонентами [1]. Особливістю соціотехнічних систем є наявність небезпечних видів діяльності та застосування високих технологій у виробництві. Чим більше людина-оператор (Л-О) намагається за допомогою високих технологій контролювати виробничий процес, особливо за допомогою віддаленого керування, тим більш непрозорим стає результат діяльності системи, що супроводжується високим ступенем ризику виникнення катастрофічних наслідків [2]. Великомасштабні, високотехнологічні системи, такі, як ядерна енергетика та авіація, були названі соціально-технічними системами, оскільки вони вимагають складних взаємодій між їх людськими та технологічними компонентами [1]. Більшість досліджень пов'язане з забезпеченням безпеки в атомній енергетиці та хімічній промисловості [3, 4]. В АНС забезпечення безпеки досить актуальне для попередження загроз на оперативному рівні, наприклад, при поломці технічного обладнання або помилці експлуатаційного персоналу [5]. Забезпечення безпеки польотів в АНС за допомогою високотехнологічних процесів насамперед залежить від надійності людини-оператора та його своєчасних професійних рішень.

Аналіз досліджень і публікацій. Статистичні дані вказують, що людські помилки складають до 80% всіх авіаційних подій [6]. Існуючі підходи до контролю окремих аспектів (психофізіологічного, поведінкового, ергономічного, професійного тощо) не враховують функціонального стану Л-О в умовах динамічної зміни зовнішніх та внутрішніх факторів

[7]. Навколишні умови визначають реакцію Л-О, а його реакція, у свою чергу, змінює умови навколишнього середовища. Представлення АНС як соціотехнічної системи, насамперед, дозволяє врахувати вплив соціального культурного середовища людей, що приймають рішення. Культура оточує людей і впливає на цінності, переконання і поведінку, яку вони поділяють з іншими членами різних соціальних груп. Культура пов'язує членів групи, впливає на поведінку людини-оператора в звичайних і незвичайних ситуаціях. Психолог Хофстед припускає, що культура є "колективне програмування розуму" [1]. Тобто, фатальні помилки можуть бути зроблені нормальним, здоровим, кваліфікованим, мотивованим і добре оснащеним персоналом [1, 8]. Російськими вченими останнім часом нерідко застосовується термін «відхилення за совістю» при розгляданні причин авіаційних подій через недостатній розвиток у особи, що приймає рішення, відповідних культурних цінностей [6]. Відому модель людського фактору SHELL (1972 р.) з 2004 року поповнює інтерфейс, пов'язаний з культурою людини-оператора – «SCHELL model and CRM» – «Software (procedures), Culture (культура), Hardware (machines), Environment, Liveware, Liveware (humans)» (табл. 1).

Одним з можливих підходів до рішення цих проблем є формалізація і математичний опис діяльності операторів АНС як складної соціотехнічної системи на основі системного аналізу. Урахування на прийняття рішення (ПР) Л-О АНС окрім професійних факторів (знання, навички, вміння, досвід) впливу факторів непрофесійного характеру (індивідуально-психологічних, психофізіологічних та соціально-психологічних) [9, 10, 11], дозволяє прогнозувати за допомогою теорії рефлексії [12] дії Л-О на основі моделювання передбачення «великомасштабних» наслідків індивідуальних дій [1].

Еволюція моделей людського фактору

Рік	Моделі	Зміст моделі	
1972	SHEL	Software (procedures) Hardware (machines) Environment Liveware	Програми (процедури) Устаткування (машини) Середовище Людина-оператор
1990	Reason's "Swiss Cheese Model"	Active errors Latent errors Windows of opportunity Causation chain	Активні помилки Приховані помилки Можливості Ланцюг причинності
1993	SHELL	Software (procedures) Hardware (machines) Environment Liveware Liveware (humans)	Програми (процедури) Устаткування (машини) Середовище Людина-оператор Людина-оператор (люди)
1999	CRM	Crew Resource Management	Оптимізація роботи екіпажу повітряного судна
2000	TEM	Threat and Error Management	Керування загрозами і помилками
2000	MRM	Maintenance Resource Management	Управління ресурсами технічного обслуговування
2004	SHELL-T SHELL-Team	Software (procedures) Hardware (machines) Environment Liveware Liveware (humans) Team	Програми (процедури) Устаткування (машини) Середовище Людина-оператор Людина-оператор (люди) Команда
2004	SCHELL model and CRM	Software (procedures) Culture Hardware (machines) Environment Liveware Liveware (humans)	Програми (процедури) Культура Устаткування (машини) Середовище Людина-оператор Людина-оператор (люди)
2004	LOSA	Line Operation Safety Audit	Експлуатація Безпека Аудит (Аудит безпеки польотів)
2009	HEAD	Human Environment Analysis and Design	Людина Зовнішнє середовище Аналіз Розробка
2010	HFACS	Human Factors Accident Classification System	Людина Фактори Аварія Класифікація Система

Системний підхід вимагає розгляду всіх взаємозв'язків різних компонентів авіаційної системи, визнаючи, що зміни в одній області можуть вплинути на іншу (можливо, непередбачену) область [1, 2].

Для формалізації поведінкової діяльності Л-О АНС в польотних ситуаціях зручними є моделі, що представляють процес появи окремих передумов і розвитку їх у причинний ланцюг подій у вигляді

відповідних діаграм причинно-наслідкових зв'язків. Найбільше поширення в цей час одержали діаграми у формі різних графів (або потокових станів і переходів), дерев подій, а також функціональних мереж стохастичної структури [9 – 11, 13 – 16].

Мета роботи. Завданнями статті є:

– декомпозиція процесу ПР Л-О АНС, системний аналіз і формалізація впливу факторів на при-

йняття рішень Л-О в АНС як складної соціотехнічної системи;

- розробка моделей ПР Л-О в соціотехнічній АНС (детермінованих, стохастичних моделей ПР в умовах ризику і невизначеності, нейросіткової моделі);
- розробка комп'ютерної програми оптимізації вибору альтернативного варіанта завершення польоту повітряного корабля в позаштатних ситуаціях.

Декомпозиція процесу ПР Л-О АНС та системний аналіз факторів, що впливають на прийняття рішень Л-О в АНС

Для врахування факторів, що впливають на людину-оператора АНС в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК, розроблено модель прийняття рішення людиною-оператором (рис. 1), яка відрізняється від існуючих тим, що містить інформаційний процесор рефлексивного інтуїтивного вибору Л-О в сторону негативного чи позитивного полюсу, що здійснюється під впливом зовнішнього середовища, досвіду та волі.

В результаті попередніх досліджень проведений системний аналіз і формалізація факторів, що впливають на ПР Л-О в умовах розвитку польотної ситуації від нормальної до катастрофічної [11]. Отримані моделі переваг Л-О при впливі соціально-психологічних факторів; моделі переваг Л-О значущості індивідуально-психологічних факторів в умовах розвитку польотних ситуацій від нормальної до катастрофічної; моделі діагностики психофізіологічних факторів за рахунок моніторингу емоційного стану Л-О [11].

В результаті проведеного аналізу соціально-психологічних факторів визначено, що на діяльність пілотів впливають власний імідж, імідж корпорації та інтереси сім'ї. В той же час респонденти-диспетчери істотну увагу приділяють інтересам сім'ї, власному економічному становищу і кар'єрному росту. Аналіз пріоритетів при ПР пілота і диспетчера, разом, визначив наступну модель переваг: соціальні і економічні пріоритети особистості, політичні погляди і правові норми особистості, духовні та культурні орієнтири особистості. Щодо впливу індивідуально-психологічних факторів, найбільш значущими є здоров'я і досвід. При розвитку польотної ситуації до катастрофічної більш вагомими факторами стають темперамент і здатність до сприйняття інформації [10, 11]. Дослідження впливу індивідуально-психологічних та соціально-психологічних факторів на професійну діяльність Л-О АНС дозволило отримати відомості про такі структурні складові особистості авіаційного фахівця, як мотиви поведінки, цінності й пріоритети, ієрархію і розвиток цих динамічних категорій на етапах прийняття рішень Л-О.

Моделювання прийняття рішень людиною-оператором АНС в умовах визначеності, стохастичної і нестохастичної невизначеності

Дослідження процесів моделювання прийняття рішень авіаційними спеціалістами в стандартних і нестандартних ситуаціях дало змогу побудувати наступні моделі.

1. *Детерміновані моделі ПР Л-О при виникненні особливих випадків в польоті (ОВП)*. Проведений мережевий аналіз дій екіпажу повітряного корабля (ПК) та авіадиспетчера в ОВП за допомогою методів мережевого планування, в результаті якого отримані [13]:

- структурно-часова таблиця дій Л-О (диспетчера, пілота) в ОВП;
- мережевий графік виконання дій Л-О (диспетчером, пілотом) в ОВП;
- критичний час виконання дій Л-О (диспетчером, пілотом) в ОВП.

Детерміновані моделі ПР Л-О (диспетчером), наведені в табл. 2 та на рис. 2, отримані відповідно до затверджених технологій роботи диспетчера в ОВП [14, 15].

Отриманий критичний час виконання робіт диспетчером в ОВП, а саме: при відмові двигуна на зльоті, при розгерметизації ПК, при проблемах з гідравлікою, при відмові системи електропостачання тощо, а також критичний час дій ЕПК у випадку відмови двигуна на зльоті і заході на посадку в складних метеоумовах [13, 16].

2. *Стохастичні моделі ПР Л-О при виникненні ОВП в умовах стохастичної невизначеності*. Проведений структурний аналіз розвитку ОВП та ПР екіпажем ПК (ЕПК) і авіадиспетчером в ОВП за допомогою дерева рішень, в результаті якого отримані:

- графоаналітичні моделі розвитку ОВП та ПР Л-О (диспетчером, пілотом) при виникненні ОВП [9, 17];
- стохастичні моделі типу мережі GERT (Graphical Evaluation and Review Technique), дерева рішень та марковської мережі (рис. 3) [10, 11, 16];
- рефлексивні моделі біполярного вибору Л-О при виникненні ОВП при впливі зовнішнього середовища, попереднього досвіду і вольового вибору Л-О в ОВП [10, 11, 16].

За допомогою біполярної рефлексивної моделі поведінкової діяльності Л-О в екстремальних ситуаціях отримані W-функції позитивного та негативного вибору [7, 10]. Модель представляє собою суб'єкта (Л-О), що перебуває перед вибором однієї з альтернатив: А (позитивний полюс) і В (негативний полюс).

Вибір Л-О АНС описується функцією (1):

$$X = f(x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

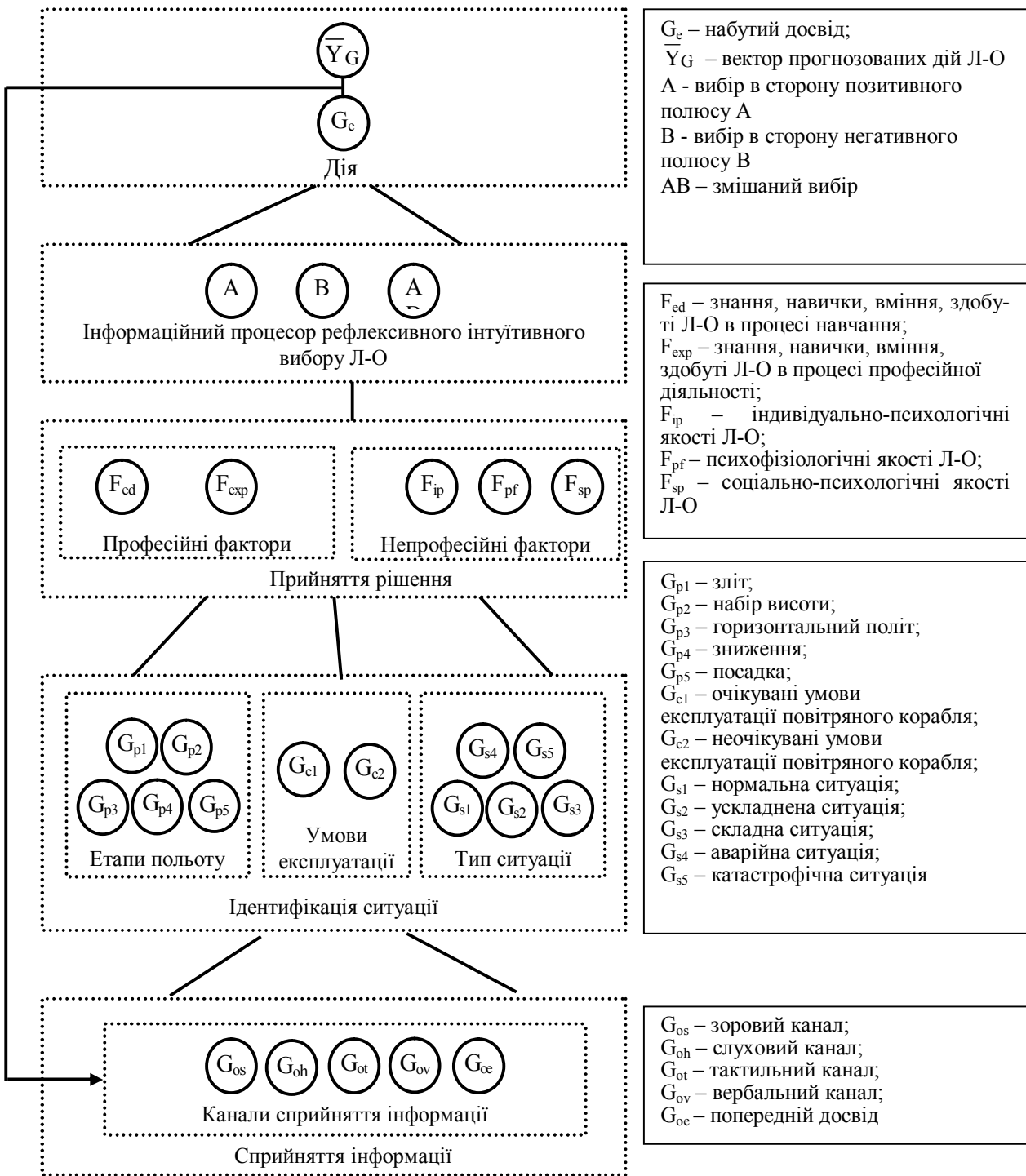


Рис. 1. Модель прийняття рішень людиною-оператором АНС

де X – ймовірність, з якою Л-О готовий обрати позитивний полюс А в реальності; x_1 – тиск зовнішнього середовища на Л-О у бік позитивної альтернативи в момент вибору, $x_1 \in [0, 1]$;

x_2 – тиск попереднього досвіду Л-О у бік позитивної альтернативи в момент вибору, $x_2 \in [0, 1]$;

x_3 – вольовий вибір (інтенція) Л-О у бік позитивної альтернативи в момент вибору, $x_3 \in [0, 1]$.

Отримані очікувані ризики R_A, R_B прийняття

рішень Л-О в ОВП під впливом зовнішнього середовища x_1 , попереднього досвіду Л-О x_2 та вольового вибору Л-О x_3 . Очікуваний ризик при прийнятті рішення Л-О дорівнює (2):

$$R_{DM} = \begin{cases} R_A = \min \{R_{ij}\}; \\ R_B = \{\gamma, \rho\}; \\ R_{AB} = \{X(x_1, x_2, x_3), \gamma, \rho\}, \end{cases} \quad (2)$$

де R_A – очікуваний ризик прийняття рішень Л-О з урахуванням критерію мінімізації очікуваного значення;

R_B – очікуваний ризик прийняття рішень Л-О з урахуванням його моделі переваг;

R_{ij} – очікуваний ризик для рішення A_{ij} ;

γ – концепція раціональної поведінки індивіда;

ρ – система переваг індивіда в конкретній ситуації вибору;

R_{AB} – змішаний вибір Л-О.

На систему переваг Л-О в АНС впливають фактори професійного \bar{F}_p та непрофесійного \bar{F}_{np} характеру [11] (3)-(3):

$$\bar{F}_p = \{\bar{F}_{ed}, \bar{F}_{exp}\}; \quad (3)$$

$$\bar{F}_{np} = \{\bar{F}_{ip}, \bar{F}_{pf}, \bar{F}_{sp}\}; \quad (4)$$

Таблиця 2

Узагальнена структурно-часова таблиця технології роботи диспетчера в ОВП

№ з/п	Зміст роботи	Позначення роботи	Множина робіт	Спирається на роботу	Час виконання роботи
1.	Отримання інформації від ЕПК про ОВП	A_1	$\{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}\}$	–	$\{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$
2.	Підтвердження отримання інформації від ЕПК про ОВП	A_2	$\{a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}\}$	A_1	$\{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2n}\}$
3.	Передача інформації відповідним службам	A_3	$\{a_{31}, a_{32}, \dots, a_{3n}\}$	$A_1 \cap A_2$	$\{t_{31}, t_{32}, \dots, t_{3n}\}$
4.	Отримання рішення командира ПК	A_4	$\{a_{41}, a_{42}, \dots, a_{4n}\}$	$A_1 \cup A_2 \cup A_3$	$\{t_{41}, t_{42}, \dots, t_{4n}\}$
5.	Забезпечення умов безпечного завершення польоту	A_5	$\{a_{51}, a_{52}, \dots, a_{5n}\}$	$A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_4$	$\{t_{51}, t_{52}, \dots, t_{5n}\}$
6.	Отримання інформації від ЕПК про результат посадки	A_6	$\{a_{61}, a_{62}, \dots, a_{6n}\}$	$A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_4 \cap A_5$	$\{t_{61}, t_{62}, \dots, t_{6n}\}$

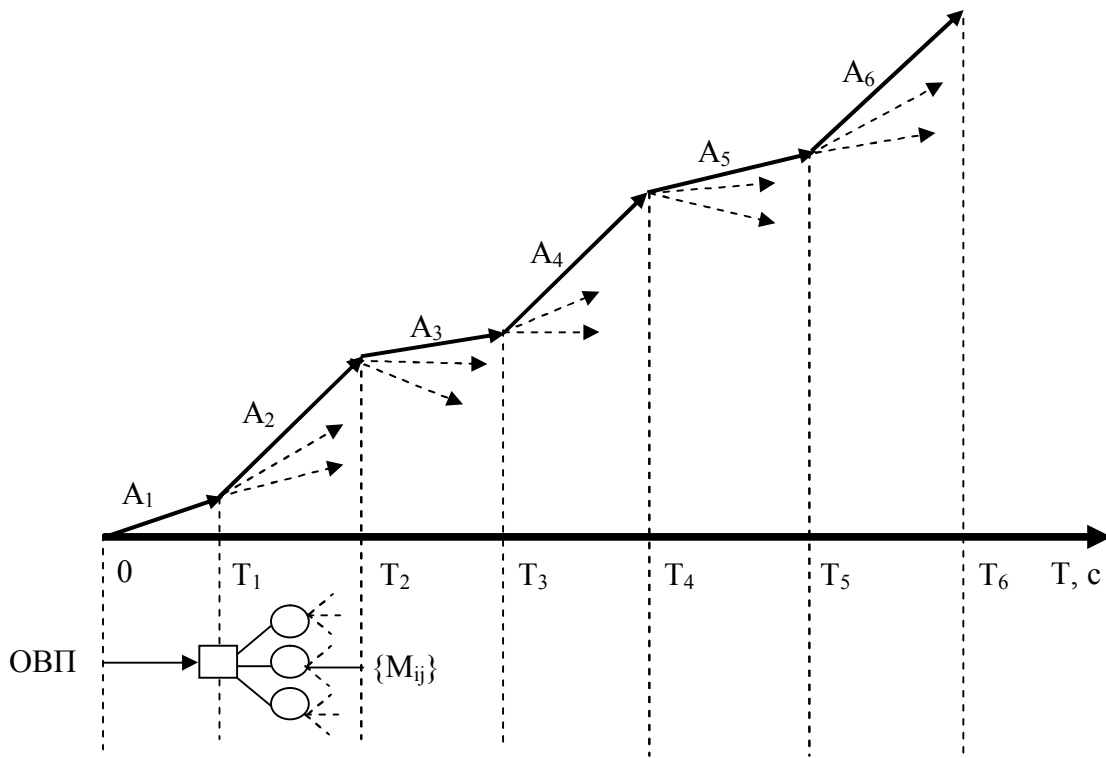


Рис. 2. Мережевий графік виконання дій Л-О (диспетчером) в ОВП:

A_1 - A_5 – роботи, які виконуються диспетчером згідно з затвердженою технологією;

$\{M_{ij}\}$ – множина сценаріїв розвитку польотних ситуацій відповідно до стохастичної моделі

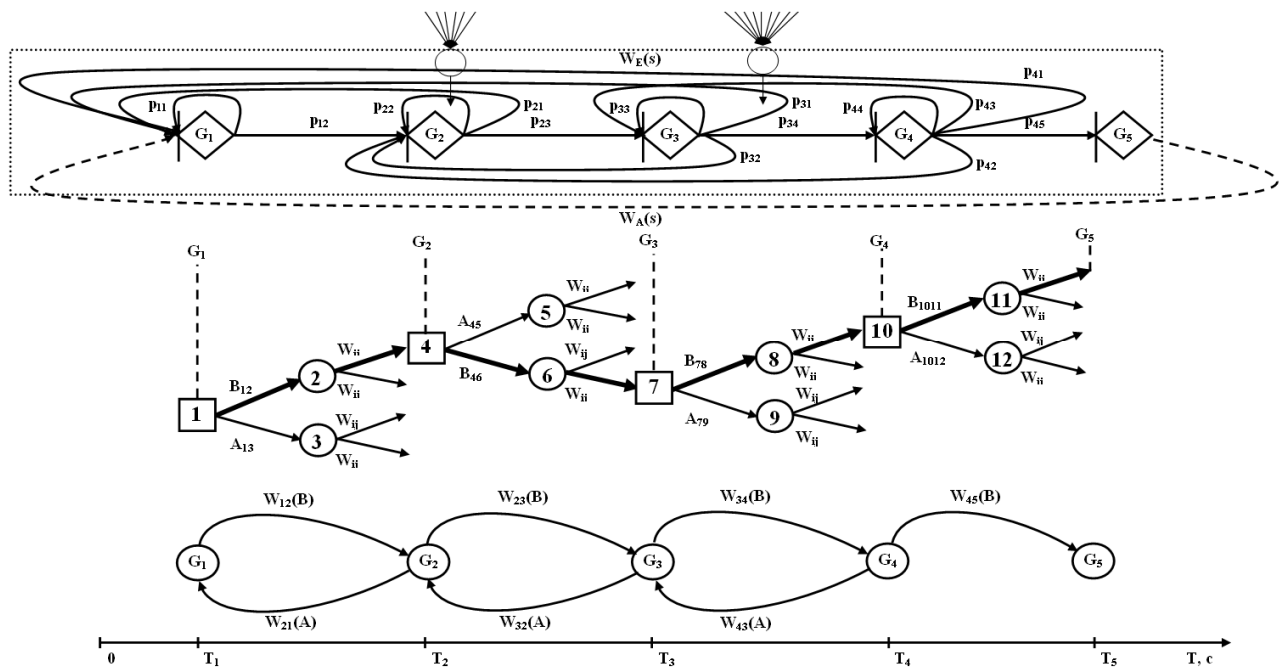


Рис. 3. Стохастичні моделі типу мережі GERT, дерева рішень та марковської мережі:
 W_{ij} , $W_E(s)$, $W_A(s)$ – коефіцієнти пропускання (i,j)-дуги, відкритої мережі та фіктивної дуги відповідно;
 G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 – нормальна, ускладнена, складна, аварійна, катастрофічна ситуації відповідно;
 А, В – вибір в сторону позитивного або негативного полюсу відповідно; p_{ii} ($p_{11}, p_{22}, p_{33}, p_{44}$) – ймовірності стабілізації i-ї польотної ситуації, $i = \overline{1; n-1}$; $p_{i(i+1)}$ ($p_{12}, p_{23}, p_{34}, p_{45}$) – ймовірності розвитку i-тої польотної ситуації в сторону ускладнення; $p_{i(i-k)}$ (p_{21}, p_{32}, p_{43} – петлі 1-го порядку; p_{31}, p_{42} – петлі 2-го порядку; p_{41} – петля 3-го порядку) – ймовірності парирування особливого випадку в польоті, $k = \overline{1;3}$

де \bar{F}_{ed} – знання, навички, вміння, здобуті людиною-оператором у процесі навчання;

\bar{F}_{exp} – знання, навички, вміння, здобуті людиною-оператором у процесі професійної діяльності;

$\bar{F}_{ip} = \{f_{ipt}, f_{ipa}, f_{ipp}, f_{ipth}, f_{ipi}, f_{ipn}, f_{ipw}, f_{iph}, f_{exp}\}$ – множина індивідуально-психологічних якостей людини-оператора (темперамент, увага, сприйняття, мислення, уява, натура, воля, здоров'я, досвід);

\bar{F}_{pf} – множина психофізіологічних якостей людини-оператора (особливості нервової системи, емоційний тип, соціотип);

$\bar{F}_{sp} = \{f_{spm}, f_{spe}, f_{sps}, f_{spp}, f_{spl}\}$ – множина соціально-психологічних якостей людини-оператора (моральні, економічні, соціальні, політичні, правові тощо).

Результати розрахунку очікуваних ризиків при переході між польотними ситуаціями за критерієм очікуваного значення методом динамічного програмування одного з сценаріїв розвитку польотної ситуації для прикладу – захід на посадку в складних метеоумовах [10 – 11]) зведені в табл. 3.

Приклад розрахунку очікуваних ризиків при переході між польотними ситуаціями наводиться на рис. 4.

Таблиця 3

Результати розрахунку сценаріїв розвитку польотної ситуації

Сценарій, S	Ймовірність розвитку ситуації, p	Наслідки розвитку ситуації, U	Очікувані ризики, R
S _{4B}	0,7	60	597
	0,3	59	
S _{3-4B}	0,7	28	874
	0,3	27	
S _{2-3-4B}	0,7	12	991
	0,3	11	
S _{1-2-3-4B}	0,7	4	1028
	0,3	3	
S _{1A}	0,7	2	17
	0,3	1	

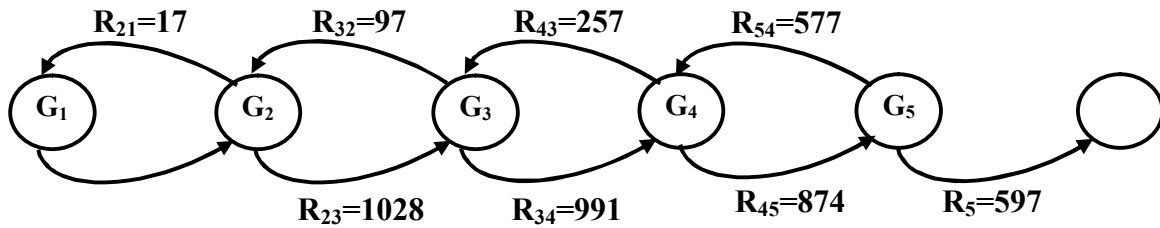


Рис. 4. Марківська мережа розвитку польотної ситуації:

G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 – нормальна, ускладнена, складна, аварійна, катастрофічна ситуації відповідно;
 R_{ij} – величина ризику при переході між польотними ситуаціями

Таблиця 4

Матриця можливих результатів прийняття рішень Л-О АНС в ОВП

Фактори	Тиск зовнішнього середовища на Л-О у бік позитивної альтернативи в момент вибору	Тиск попереднього досвіду Л-О у бік позитивної альтернативи в момент вибору	Вольовий вибір (інтенція) Л-О у бік позитивної альтернативи в момент вибору
Альтернативні рішення			
А – вибір в сторону позитивного полюсу	u_{11}	u_{12}	u_{13}
В – вибір в сторону негативного полюсу	u_{21}	u_{22}	u_{23}

Вибір в сторону негативного полюсу за сценарієм $S_{1-2,3-4B}$ приводить до максимального очікуваного ризику $R=1028$ у.о. Вибір в сторону позитивного полюсу при виникненні ОВП на першому етапі ПР Л-О АНС (наприклад, політ на запасний аеродром в складних метеоумовах) має ризик в 60,5 разів менше $R=17$ у.о.

3. **Стохастичні моделі ПР Л-О при виникненні ОВП в умовах нестохастичної невизначеності.** Проведений аналіз розвитку ОВП та ПР ЕПК і авіадиспетчером в ОВП за допомогою критеріїв Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца, в результаті якого отримані моделі ПР Л-О при виникненні ОВП в умовах невизначеності (табл. 4).

Матриця можливих результатів прийняття рішень Л-О АНС в ОВП наводиться в табл. 4. Наслідки розвитку польотної ситуації u_{ij} отримані відповідно до теорії рефлексії. Моделі розвитку польотних ситуацій доцільно використовувати у складі системи підтримки прийняття рішень, що дасть Л-О АНС можливість кількісно оцінювати можливі варіанти розвитку ОВП і оперативно вибирати стратегію дій з мінімальним рівнем потенційного збитку в умовах неповноти і невизначеності інформації.

Комп'ютерна програма оптимізації вибору альтернативного варіанта завершення польоту повітряного корабля в позаштатних ситуаціях

Розроблена нейросіткова модель оцінки ефективності потенційних альтернатив завершення польоту на основі двошарового перцептрона (рис. 5) відрізняється від відомих тим, що дає можливість з більшим ступенем точності в реальному часі визна-

чати величину можливого збитку завдяки комплексному врахуванню впливу різних за важливістю окремих чинників, які характеризують потенційне місце виконання вимушеної посадки.

Вхідними параметрами моделі у вигляді штучної нейронної сітки (ШНС) є чинники, що характеризують потенційну альтернативу завершення польоту (табл. 5). У відповідність кожному вхідному параметру ставиться бінарний вектор, який відображає наявність (1) або відсутність (0) певного чинника.

За критерій ефективності альтернативних варіантів завершення польоту Y_G прийнятий потенційний збиток внаслідок вибору певного альтернативного рішення при обмеженому часі польоту $t_{пол} \leq t_{крит}$ (5) – (6):

$$Y_{Гаер} = f_G([\bar{B} \cup \bar{C}]W_{BC,G}); \tag{5}$$

$$Y_{Гмайд} = f_G([\bar{D} \cup \bar{E} \cup \bar{F}]W_{DEF,G}), \tag{6}$$

де f_G – активаційна функція, яка застосовується поелементно до компонентів вектор-рядка, що розміщений у дужках.

Ефективність залежатиме від типу потенційного місця посадки та від того, які саме чинники його характеризують. Оптимальний варіант завершення польоту з мінімальним ризиком обирається на основі мінімізації потенційного збитку (7):

$$Y_{Gopt} = \min f_G(\bar{G}). \tag{7}$$

Для інформаційної підтримки оператора аеронавігаційної системи з метою прийняття ним оперативного своєчасного рішення щодо вибору оптимальної стратегії завершення польоту в позаштатних ситуаціях, що потребують вимушеної посадки ПК, був побудований спеціалізований програмний комплекс "Підказка" [18].

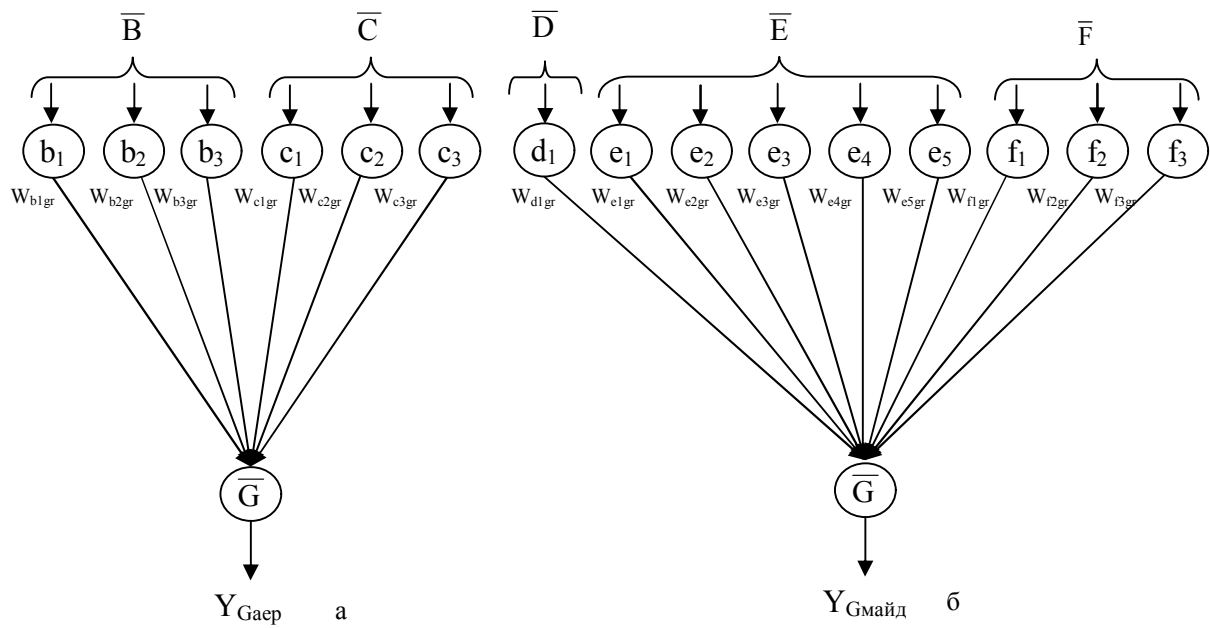


Рис. 5. Нейросіткова модель оцінки ефективності потенційних альтернатив завершення польоту:
 а – потенційна альтернатива завершення польоту – аеродром;
 б – потенційна альтернатива завершення польоту – майданчик

Таблиця 5

Параметри ШНС оцінки ефективності альтернативних варіантів завершення польоту

Входи ШНС - характеристики потенційних місць посадки ПК (аеродром, майданчик)			
Аеродром	\bar{B}	$\bar{B} = \{b_i\}, i = \overline{1,3}$	Технічна придатність аеродрому
	\bar{C}	$\bar{C} = \{c_j\}, j = \overline{1,3}$	Придатність аеродрому за метеорологічними умовами
Майданчик	\bar{D}	$\bar{D} = \{d_k\}, k = \overline{1,1}$	Тип майданчика
	\bar{E}	$\bar{E} = \{e_l\}, l = \overline{1,5}$	Вид підстилаючої поверхні
	\bar{F}	$\bar{F} = \{f_m\}, m = \overline{1,3}$	Придатність майданчика за метеорологічними умовами
Критерій ефективності - величина потенційного збитку			
$\bar{G} = \{g_r\}, r = \overline{1,5}$	g_1	Витрати пального – 10 од.	Дуже малий збиток
	g_2	Інцидент – 30 од	Малий збиток
	g_3	Поломка – 50 од	Середній збиток
	g_4	Аварія – 80 од	Великий збиток
	g_5	Катастрофа – 100 од	Дуже великий збиток
Виходи ШНС- альтернативні варіанти завершення польоту Y_G			
Аеродром	Y_{Gaep}	$f_G([\bar{B} \cup \bar{C}]W_{BC,G})$	Ефективність завершення польоту на аеродром
Майданчик	Y_{Gmaid}	$f_G([\bar{D} \cup \bar{E} \cup \bar{F}]W_{DEF,G})$	Ефективність завершення польоту на майданчик

Програмний комплекс розроблений за допомогою візуальної системи програмування Delphi 5, що базується на спеціальній версії мови програмування Паскаль – Object Pascal – і підтримує основні принципи об’єктно-орієнтованого програмування.

Програмою “Підказка” реалізовано підсистеми формування стратегії дій, прогнозування розвитку ситуації, визначення характеристик альтернативних варіантів завершення польоту, оцінки ефективності потенційних альтернатив і формування оптимального рі-

шення. Програмою „Підказка” розв’язуються дві позаштатні ситуації – відмова двигуна та пожежа на ПК. При отриманні системою повідомлення про виникнення позаштатної ситуації на моніторі оператора з’являється додаткова панель для видачі рекомендацій щодо можливості продовження польоту або необхідності виконання вимушеної посадки. При виборі типу ситуації – відмови двигуна – вводиться кількість двигунів, які відмовили, при виборі пожежі – стан ПК, і на моніторі з’являється відповідна рекомендація (рис. 6).

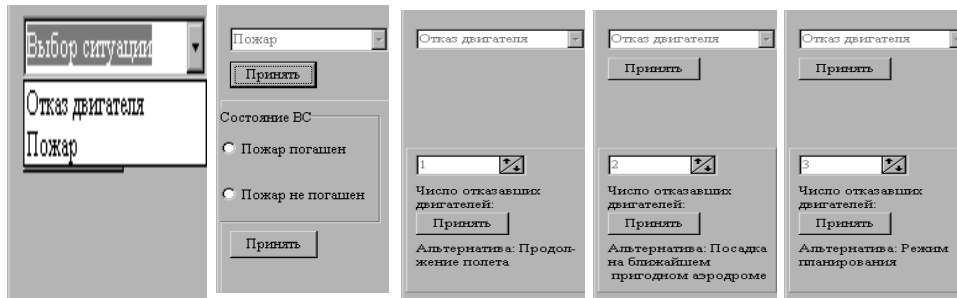


Рис. 6. Реалізація підсистеми формування стратегії дій

При отриманні рекомендації щодо необхідності виконання вимушеної посадки на моніторі будується область досяжності ПК, відображаються оцінки потенційного збитку при виборі певної альтернативи завершення польоту та координати потенційних місць посадки (азимут, дальність). Програмою реалізовано побудову області досяжності для двох крайніх випадків – режиму планування і режиму екстреного зниження (рис. 7).

Програмний комплекс "Підказка" дозволяє:

- видавати рекомендації щодо можливості подальшого продовження польоту або необхідності виконання вимушеної посадки ПК за допомогою зручного для користувача інтерфейсу;
- визначати область досяжності ПК у випадку необхідності виконання вимушеної посадки;
- формувати оцінку альтернативних варіантів

завершення польоту і визначати оптимальний варіант за критерієм мінімізації потенційного збитку.

Висновки

АНС представлена як складна соціотехнічна система. Визначений вплив на ПР Л-О АНС професійних факторів (знання, навички, вміння, досвід) та факторів непрофесійного характеру (індивідуально-психологічних, психофізіологічних та соціально-психологічних).

Проведений мережевий аналіз дій ЕПК та авіадиспетчера в ОВП за допомогою методів мережевого планування, розроблені логіко-детерміновані моделі ПР Л-О АНС в ОВП.

Визначені кількісні показники очікуваного ризику в стохастичних моделях ПР Л-О АНС в умовах стохастичної та нестохастичної невизначеності.

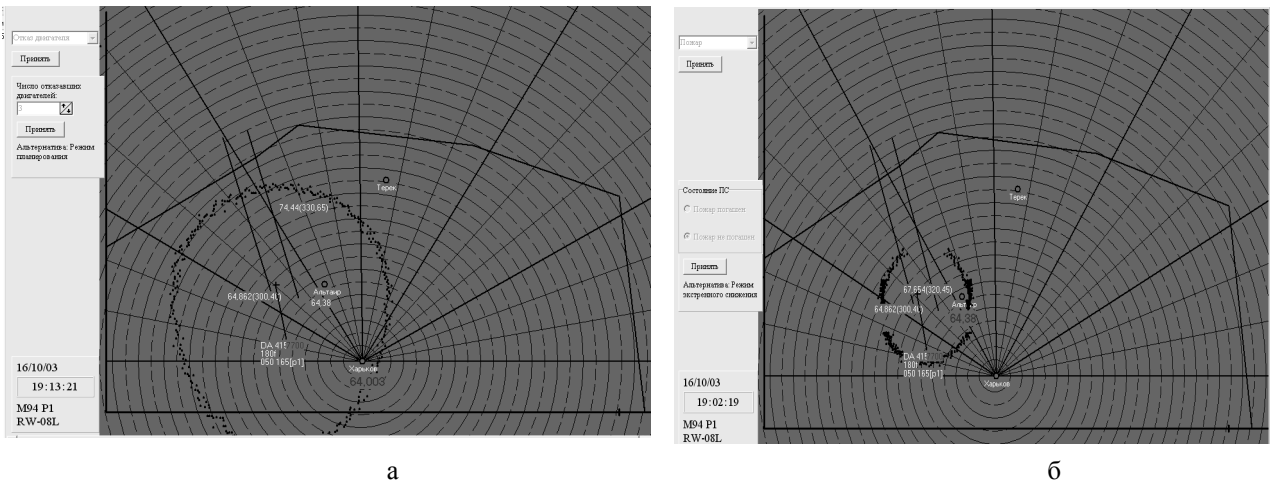


Рис. 7. Область досяжності й визначений потенційний збиток для декількох варіантів завершення польоту у випадку повної відмови двигунів на ПК (а) та у випадку неліквідованої пожежі на ПК (б)

Отримані сценарії розвитку польотної ситуації при виборі позитивного або негативного полюсу під тиском зовнішнього середовища, попереднього досвіду Л-О та вольового вибору (інтенції) відповідно до теорії рефлексії.

Для інформаційної підтримки оператора аеронавігаційної системи з метою прийняття ним оперативного своєчасного рішення щодо вибору оптимальної стратегії завершення польоту в позаштатних

ситуаціях, що потребують вимушеної посадки ПК, побудований спеціалізований програмний комплекс "Підказка". Реалізована в ньому нейросіткова модель на основі двошарового перцептрона дає можливість з більшим ступенем точності в реальному часі визначати величину можливого збитку завдяки комплексному врахуванню впливу різних за важливістю окремих чинників, які характеризують потенційне місце виконання вимушеної посадки.

Список літератури

1. *Human Factors Guidelines for Safety Audits Manual. – First Edition. – Doc. 9806-AN/763. – Canada, Montreal: International Civil Aviation Organization, 2002. – 138 p.*
2. *Кросскультурные факторы и безопасность полетов: сб. материалов по человеческому фактору. – № 16 // Circ. ICAO 302-AN/175. – Канада, Монреаль: ICAO, 2004. – 52 с.*
3. *Bertsch V. Sensitivity analyses in multi-attribute decision support for off-site nuclear emergency and recovery management / V. Bertsch, M. Treitz, J. Geldermann, O. Rentz // International Journal of Energy Sector Management. – 2007. – Vol. 1. – Iss: 4. – P. 342-365.*
4. *Flueler T. Decision Making for Complex Socio-Technical Systems: Robustness from Lessons Learned in Long-Term Radioactive Waste Governance (Environment & Policy) / T. Flueler. – Springer, 2006. – 392 p.*
5. *Энциклопедия безопасности авиации [Текст] / Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий и др.; Под ред. Н.С. Кулика. – К.: Техника, 2008. – 1000 с.*
6. *Лейченко С.Д. Человеческий фактор в авиации: моногр. / С.Д. Лейченко, А.В. Малышевский, Н.Ф. Михайлик. – Кировоград: ИМЕКС, 2006. – 512 с.*
7. *Keating C.B. A methodology for analysis of complex sociotechnical processes / C.B. Keating, A.A. Fernandez, D.A. Jacobs, P. Kauffmann // Business Process Management Journal. – 2001. – Vol. 7. – Iss: 1. – P. 33-50.*
8. *Макаров Р.Н. Психологические основы методики летного обучения / Р.Н. Макаров, Н.А. Нидзий, Ж.К. Шишкин. – М.: МАПЧАК, 2000. – 534 с.*
9. *Харченко В.П. Графоаналітичні моделі прийняття рішень людиною-оператором аеронавігаційної системи / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Вісник НАУ. – 2011. – №1. – С. 5-17.*
10. *Шмельова Т.Ф. Аналіз розвитку польотних ситуацій в авіаційній соціотехнічній системі / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2011. – Вип. 2 (28). – С. 59-64.*
11. *Kharchenko V.P. Methodology for Analysis of Decision Making in Air Navigation System / V.P. Kharchenko, T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda // Proceedings of the National Aviation University. – 2011. – №3. – P. 85-94.*
12. *Лефевр В.А. Функции быстрой рефлексии в биполярном выборе [Текст] / В.А. Лефевр, Дж. Адамс-Вебер // Рефлексивные процессы и управление. – 2001. – №1. – Июль-декабрь. – Том 1. – С. 34-46.*
13. *Шмельова Т.Ф. Мережевий аналіз особливого випадку в польоті / Т.Ф. Шмельова, О.П. Бондар, І.Л. Якуніна // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: збірник наукових праць Кіровоградського технічного університету. – Кировоград: КНТУ, 2011. – Вип. 24. – Ч. II. – С. 214-218.*
14. *Шмельова Т.Ф. Аналіз особливого випадку в польоті за допомогою мережевого графіка / Т.Ф. Шмельова, О.П. Бондар, І.Л. Якуніна // Вісник Національного авіаційного університету. – 2011. – №2 (47). – С. 50-54.*
15. *Якуніна І.Л. Експертний метод визначення часових характеристик при виникненні особливого випадку в польоті / І.Л. Якуніна, Т.Ф. Шмельова, О.П. Бондар // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 1(25). – С. 175-179.*
16. *Харченко В.П. Стохастичний мережевий аналіз розвитку польотних ситуацій / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Матеріали X міжнар. наук.-техн. конф. "АВІА-2011". – Київ, 19-21 квітня 2011 р. – Том 2. – К.: НАУ, 2011. – С. 7.28-7.31.*
17. *Шмелева Т.Ф. Формализация деятельности человека-оператора авиационной эргатической системы во внешатных ситуациях / Т.Ф. Шмелева, Ю.В. Сікірда // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №5 (46). – С. 296-300.*
18. *Комп'ютерна програма оптимізації вибору альтернативного варіанта завершення польоту повітряного корабля в позаштатних ситуаціях "Підказка". Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №37872, видане Державним департаментом інтелектуальної власності МОНУ від 11.04.2011 р. // В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, О.В. Герасименко. – 1 с.*

Надійшла до редколегії 25.01.2012

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. В.Ф. Гамалій, Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА В АВИАЦИОННОЙ СОЦИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Т.Ф. Шмелева

Аэронавигационная система представлена как сложная социотехническая система. Разработаны логико-детерминированные и стохастические модели принятия решений человеком-оператором аэронавигационной системы в особых случаях в полете. Получены сценарии развития полетной ситуации при рефлексивном биполярном выборе оператором положительного или отрицательного полюса. На основе нейросетевых моделей оценки эффективности альтернативных вариантов завершения полета построена система информационной поддержки оператора в внешатных ситуациях.

Ключевые слова: авиационная социотехническая система, человек-оператор, индивидуально-психологические факторы, социально-психологические факторы, рефлексивная модель, биполярный выбор, стохастическая сеть, особые случаи в полете.

HUMAN-OPERATOR'S BEHAVIORAL MODELS IN AVIATION SOCIOTECHNICAL SYSTEM

T.F. Shmelova

Air navigation system is presented as a complex sociotechnical system. Developed logical-deterministic and stochastic models for decision-making human operator navigation system, in special cases in flight. Obtained scenarios of flight situation in bipolar reflexive operator selection of a positive or negative pole. Based on neural network models for assessing the effectiveness of alternative completion of the flight, a system of information support the operator in emergency situations.

Keywords: aviation sociotechnical system, human operator, individual psychological factors, socio-psychological factors, the reflexive model, bipolar choice, stochastic network, flight emergencies.