

УДК 681.518.5:656.7.08(045)

В.П. Харченко, д-р техн. наук, проф.
О.Є. Луппо, канд. пед. наук, доц.
О.М. Алексєєв, здобувач

ІНТЕГРАЦІЯ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ, ПРОГНОЗУВАННЯ І КЕРУВАННЯ РІВНЕМ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Розглянуто один із шляхів підвищення і контролю за рівнем безпеки польотів – інтеграція всіх засобів і форм у комплексних автоматизованих системах. Запропоновано вибір кращого варіанта засобу керування рівнем безпеки польотів за допомогою комплексного автоматизованого застосування математичних моделей, методологічних підходів до виконання початкових етапів моделювання, концептуального проектування, формалізації і алгоритмізації моделей.

One of ways rise and control after a level of safety flights is integration of all facilities and forms in the complex automated systems. Acceptance of decision about the choice of the best forms management of mean safety flights level in such terms is erected to satisfaction a number of indexes, and in spite of their possible contradiction is a problem which it is possible to decide by means the complex automated use application of mathematical models, methodological approaches to implementation initial stages of design, conceptual design, formalization and algoritmizationi of models and bases management mean of safety flights level.

Вступ

Авіаційна галузь є складною поліергатиною системою особливої відповідальності і характеризується різноманіттям вирішуваних задач і численністю вимог, яким вони повинні задовольняти.

Вирішити проблему вибору кращого варіанта засобу керування рівнем безпеки польотів (РБП) можливо частково за допомогою математичних (логіко-вірогіднісних), напівнатурних і натурних моделях, на автоматизованих системах прогнозування і діагностики факторів ризику (ФР).

Аналіз досліджень і публікацій

Методологічні питання створення і застосування математичних моделей, де визначені основні етапи розробки математичних моделей складних систем і процесів, методологічні підходи до виконання початкових етапів моделювання, концептуального проектування, формалізації і алгоритмізації моделей і основи керування РБП, запропоновано в працях [1–8]. Проте практично відсутні матеріали, що містять комплексне рішення проблеми керування РБП – та її автоматизації. Викладені обставини вимагають рішення науково-технічної проблеми створення автоматизованої системи (АС) керування і прогнозування ФР.

Постановка завдання

Одним із шляхів підвищення та контролю за РБП є інтеграція всіх засобів і форм у комплексних АС, яка має такі переваги: логічну гнучкість, універсальність, точність, стабільність, високу швидкодію [9; 10], проведення поглибленого аналізу результатів розслідування АС і прогнозування РБП.

Автоматизована діагностика безпеки польотів (БП) дозволяє отримати сукупність кількісно-якісних критеріїв РБП.

Мета автоматизованого прогнозування РБП полягає у визначенні динаміки зміни РБП при керуванні БП для забезпечення гарантованого знаходження його рівня в нормативному діапазоні значень.

Сукупність даних обробляється автоматизованим інформаційним супроводом відповідно до внутрішньої специфікації (формату) даних і зберігається в базах даних (БД).

Структура системи дозволяє віднести її до класу програмних комплексів з «відкритою архітектурою» [11; 12], якій характерні такі позитивні властивості:

- гнучка настройка і модифікація модулів;
- підключення, видалення і нарощування функцій;
- інформаційна і програмна сумісність;
- розширені можливості налагодження, тестування і адміністрування системи.

Важливою якісною характеристикою системи є цілісність [13], детермінованість і збалансованість режимів поведінки системи, закладених в алгоритмах інтеграції та взаємодії її окремих елементів.

Застосування АС дозволяє реалізувати гарантійний підхід до забезпечення нормативного РБП за допомогою комплексного рішення задач автоматизації, уніфікації та централізації керування РБП [14] за чотири етапи.

На першому етапі визначають початкові дані:

– вірогідність повторення i -ї події, якщо не буде зроблено ніяких дій:

$$P_i = (0,1);$$

– частоту виникнення подій, пов'язаних з ФР, на основі статистичних даних або експертного прогнозу:

$$C_i = (0,1);$$

– характеристику тяжкості наслідків події, пов'язаної з ФР;

– ефективність кожної j -ї дії для i -ї події (вірогідність, що i -та подія не відбудеться при впровадженні j -ї дії):

$$F_{ij} = (0,1);$$

– ефективність кожного із заходів щодо зниження дії кожного ФР, яку оцінюють за статичними даними, за інформацією із зовнішніх джерел, за технічними характеристиками систем і устаткування, а також на основі експертних оцінок;

– частку парку повітряних суден, для яких упроваджена j -та дія:

$$K_j = (0,1),$$

обчислювані характеристики:

– ризик, пов'язаний з повторенням i -ї події:

$$R_i = C_i P_i;$$

– вірогідність, що i -та подія не відбудеться при ухваленні j -ї дії:

$$Q_{ij} = F_{ij} K_j;$$

– вірогідність, що i -та подія не відбудеться при ухваленні всіх m дій:

$$Q_i = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - Q_{ij});$$

– усунений ризик i -ї події:

$$\Delta R_i = R_i * Q_i;$$

– загальну кількість подій:

$$N = \sum_1^n N_q,$$

де N_q – кількість подій у кожній категорії;

– загальний ризик:

$$R_q = \sum_1^{N_q} R_i(q);$$

$$R_o = \sum_1^u R_q,$$

де $R_i(q)$ – ризик i -ї події, що належить категорії q ;

R_q – сумарний усунений ризик у кожній категорії:

$$\Delta R_q = \sum_1^{N_q} \Delta R_i(q);$$

– ризик у q -й категорії, усунений упровадженням j -ї дії:

$$\Delta R_{qj} = \left(\sum_{i=1}^{N_q} R_i(q) F_{ij} \right) K_j;$$

– загальний ризик, усунений j -ю дією:

$$\Delta R_{oj} = \sum_{q=1}^m \Delta R_{qj}.$$

Можливості програми дозволяють також оцінювати комбінації окремих корегуючих дій, розраховувати ризики в різних одиницях і отримати відносні характеристики ефективності корегуючих дій на одиницю вкладених засобів [15; 16].

Другий етап передбачає виконання розподілених у часі заходів контролю РБП, що включають автоматизовану діагностику РБП за особливими ситуаціями, яка деталізується до рівня готовності i -го типу особливої ситуації. Це дозволяє детально проаналізувати і виявити «білі плями» в забезпеченні БП для проведення обґрунтованих заходів щодо їх усунення.

На третьому етапі застосовуються автоматизовані алгоритми керування БП та ідентифікації помилкових дій на підставі проведеної на другому етапі поглибленої діагностики РБП.

На четвертому етапі виконується розробка оптимальної стратегії підтримки нормативного рівня БП за всіма параметрами, визначається періодичність проведення комплексу керівних дій (КД).

Інтегрована система керування РБП є людиномашинним комплексом, що включає сукупність програмних, інформаційних і технічних засобів, які дозволяють автоматизувати даний процес.

Інтегрована система РБП складається з двох підсистем:

– підсистеми професійної підготовки;

– підсистеми керування ФР.

Цілями підсистеми керування ФР є:

– скоординовані діагностика і керування ФР для забезпечення гарантованого нормативного РБП;

– автоматизація діагностики ФР, виявлення і аналіз типових помилкових дій і упущень в професійній діяльності (ПД);

– автоматизація прогнозування динаміки зміни рівня ФР з часом;

– забезпечення оптимальної стратегії керування ФР (вибір форм, методів і засобів виходячи з наявних ресурсів);

– автоматизація використання інформаційних ресурсів (збір, обробка і зберігання виявлених ФР при розслідуванні авіаційних подій (АП) та інспекторських перевірок).

Заходами ефективності (показниками якості функціонування) підсистеми є [17; 18]:

– ступінь інтелектуальності взаємодії та аналізу результатів;

– можливість збору, обробки, аналізу і зберігання статистичної інформації про ФР;

– переносимість, модифікація і тестування програмних блоків системи.

До складу підсистеми входить сукупність блоків, згрупованих і організованих за принципом функціонально-цільового призначення.

Окремі блоки функціонують незалежно один від одного і виконують конкретне завдання, закладені в них алгоритми в рамках незалежних (замкнених) підконтурів інформаційних потоків. Інформаційний обмін, синхронізація роботи і взаємодія між блоками організовані за допомогою централізованої БД. Підсистема є розподіленою дворівневою системою, що забезпечує зв'язок між авіаційними властями і експлуатантами всіх форм власності за допомогою таких інформаційних потоків:

1) авіаційні власті – експлуатанти (інформація про результати розслідування АП і реалізація КД);

2) експлуатанти – авіаційні власті (інформація про результати реалізації рекомендацій щодо розслідування АП і керуюча інформація зі стратегії щодо запобігання авіаційним подіям).

Верхнім рівнем підсистеми є єдиний комплекс, де здійснюється збір, обробка, поглиблений аналіз, інтерпретація і зберігання інформації про ФР, вироблення ефективних КД для забезпечення профілактики АП. Цей компонент підсистеми виконує функції формування/відновлення РБП до цільових значень шляхом призначення оптимального змісту, тривалості та періодичності заходів щодо запобігання АП.

Нижнім рівнем підсистеми є блоки, що встановлені в орган, який здійснює нагляд за БП і на підприємствах експлуатантів для забезпечення функцій системи для підтримки РБП у заданому діапазоні значень. Процедура діагностики на нижньому рівні системи дозволяє здійснювати ручне введення в якісній формі виявлених ФР, помилок, упущень, зауважень і виявлених професійно-небезпечних якостей. У результаті утворюється масив даних, що характеризує ПД експлуатанта в реальних умовах.

До складу підсистеми входять два блоки:

– блок діагностики, що дозволяє забезпечувати автоматизовану діагностику ФР на етапах первинної обробки результатів розслідування АП і подальшого їх поглибленого аналізу та інтерпретації;

– блок керування і прогнозування, призначений для організації профілактики прийняття рішень методами оперативного і стратегічного керування, вибору оптимальної форми і КД.

У блоці керування і прогнозування розробляється стратегія профілактики АП і прогнозується динаміка зміни РБП з часом.

До складу блоків належать службові БД [19], що містять відомості в наочній області:

У формалізованій формі узагальнену модель підсистеми $S_{Tren}^{(ST)}$ подамо в такому вигляді:

$$S_{Tren}^{(ST)} = \left\langle \sum_{j=1}^N U_j, \sum_{k=1}^N Y_k(t), P(S_i, S_i^*, T_i), \sum_{i=1}^N P(H_i), B(R^{I(j)}(T), R^M(Y)) \right\rangle,$$

де $\sum_{j=1}^N U_j$ – сукупність рекомендацій з узагальне-

них аналізів розслідувань АП, $j = (\overline{1, N})$, що використовуються як базові компоненти;

$\sum_{k=1}^N Y_k(t)$ – сукупність з k моделей особливих

ситуацій, $k \in (\overline{1, N})$ $Y_k(t)$, що змінюються з часом (t) у ПД;

$P(S_i, S_i^*, T_i)$ – модель діяльності (алгоритм і критерії діагностики) інспектора $P(S_i)$ для автоматизованої процедури діагностики, $P(S_i^*)$ для частково автоматизованої процедури діагностики, $P(T_i)$ при аналізі та інтерпретації результатів розслідувань АП;

$\sum_{i=1}^N P(H_i)$ – індивідуальні i -ті стратегії щодо

запобігання АП (H_i), тобто сукупність КД, формованих залежно від $Y_k(t)$ і рекомендацій (стандартів);

$B(R^{I(j)}(T), R^M(Y))$ – БД надійності ПД;

$R^{I(j)}(T)$ – результати професійної підготовки (дії авіаційних операторів, зафіксовані під час тренування);

$R^M(Y)$ – вторинні результати професійної підготовки після виконання процедур комплексного аналізу і інтерпретації.

Математична формалізація керування БП за допомогою підсистеми може розглядатися як задача дискретного керування багатокроковим процесом із заданим кінцевим станом Y_{ct} (нормативний цільовий РБП) і набором таких допустимих дій D , що дія, $d_i \in D$, реалізована на j -му кроці КД, переводить експлуатанта із стана Y_j у стан Y_{j+1} . Задача керування РБП полягає у виборі оптимальної послідовності дій підсистеми

$$\bar{d}^* = \langle d_0^*, d_1^*, \dots, d_i^*, \dots, d_{ct}^* \rangle$$

для досягнення значень РБП,

$$\bar{Y}^* = \langle Y_0^*, Y_1^*, Y_2^*, \dots, Y_i^*, \dots, Y_{ct}^* \rangle,$$

щоб за заданий час при проведенні КД $T_{\text{зад}}^{\text{п.п}}$ забезпечувався вихід на стаціонарний РБП $Y_{\text{ст}}$:

$$J(\bar{d}^*, \bar{Y}^*) = \begin{cases} \min_j T(\bar{d}^*, \bar{Y}^*); \\ T \leq T_{\text{зад}}^{\text{п.п}}; \\ Y \geq Y_{\text{ст}} \end{cases}$$

та в ПД експлуатант дотримувався вимог щодо знаходження РБП Y у діапазоні нормативних значень $Y_{\text{п.п}}$ протягом проміжку часу до настання терміну чергових КД $T_{\text{зад}}^{\text{п.п}}$:

$$J(\bar{d}^*, \bar{Y}^*) = \begin{cases} \max_j Y(\bar{d}^*, \bar{Y}^*); \\ \forall T \leq T_{\text{зад}}^{\text{п.п}} \Rightarrow Y \geq Y_{\text{п.п}}, \end{cases}$$

де j – номер допустимої послідовності дій підсистеми.

За допомогою підсистеми розв'язується задача мінімізації вірогідності:

$$\min P \left\{ \sum_{i=1}^n y_i < y_i^{(H)} \right\},$$

де $P \left\{ \sum_{i=1}^n y_i < y_i^{(H)} \right\}$ – вірогідність зниження РБП

за i -м чинником y_i нижче за його нормативний рівень $y_i^{(H)}$; $i \in \overline{1, n}$ – загальна кількість чинників.

Основною метою підсистеми є підвищення надійності авіаційно-транспортної системи за рахунок удосконалення процесів діагностики і керування ФР. Таким чином, значення цільової функції роботи підсистеми полягає в максимізації рівня готовності до профілактичних дій з урахуванням наявних ресурсів R , часу t , рівня інформаційної забезпеченості I і економічної доцільності використання доступних форм і стратегій C :

$$W = \max \{ \bar{Y}_{\Sigma}(R, t, I, C) \},$$

де $\bar{Y}_{\Sigma} = \{ Y_{\Sigma}, \tilde{Y}_{\Sigma} \}$ – кількісно-якісна загальна оцінка РБП.

Обмеження цільової функції подамо у вигляді:

$$\begin{cases} t_{\text{п.п}} \leq t_{\text{п.п}}^{(\max)}; \\ \Delta t_{\text{п.п}} = \Delta t_{\text{п.п}}^{(H)}; \\ \bar{Y}_{\Sigma}(t_{\text{п.п}}) \geq Y_{\text{ст}}; \\ \bar{Y}_{\Sigma}(\Delta t_{\text{п.п}}) \geq Y_{\text{п.п}}; \\ C \leq C_{N1} + C_{N2} + C_{N3}, \end{cases}$$

де C_{N1} – вартість технічних засобів;

C_{N2} – вартість програмних засобів;

C_{N3} – вартість обслуговування, адміністрування і супроводу підсистеми під час її експлуатації. Перше обмеження показує необхідність організації і розподілу часу проведення КД $t_{\text{п.п}}$ в межах наявного тимчасового ліміту $t_{\text{п.п}}^{(\max)}$.

Друге обмеження указує на необхідність проведення чергових КД з періодичністю $\Delta t_{\text{п.п}}$, що дорівнює нормативному значенню $\Delta t_{\text{п.п}}^{(H)}$, вчисленому з урахуванням індивідуальних особливостей експлуатантів.

Третє обмеження визначає необхідність формування (відновлення) РБП \bar{Y}_{Σ} до значення, що дорівнює або більше цільового РБП $Y_{\text{ст}}$ за певний час ($t_{\text{п.п}}$).

Четверте обмеження вказує на необхідність підтримки РБП \bar{Y}_{Σ} у межах вище мінімально допустимого нормативного значення РП $Y_{\text{ст}}$ за час між двома послідовними проведеннями КД $\Delta t_{\text{п.п}}$.

П'яте обмеження характеризує блок економічних обмежень на роботу підсистеми.

Ресурси цільової функції подамо у вигляді:

$$\begin{cases} R = \{ R_1, R_2 \}; \\ I = \{ I_{\text{п.п}}, I_{\text{п.д}} \} \end{cases}$$

де $R = \{ R_1, R_2 \}$ – сукупність форм КД, на підставі яких підсистема виробляє стратегію;

R_1 – теоретична частина;

R_2 – практична частина;

$I = \{ I_{\text{п.п}}, I_{\text{п.д}} \}$ – реєстрована інформація КД $I_{\text{п.п}}$ і $I_{\text{п.д}}$.

У підсистемі реалізований гарантійний підхід до забезпечення нормативного РБП в стандартних і аварійних умовах діяльності за допомогою таких заходів під час діяльності експлуатантів:

– поетапного накопичення ФР за наслідками розслідування АП;

– об'єктивної автоматизованої діагностики і поглибленого аналізу отриманого масиву даних для нейтралізації небезпечних стратегій і «випалювання» типових ФР;

– виконання умови досягнення цільового керування БП $Y_{\text{ст}}$;

– визначення терміну руйнування РБП до значень нижче мінімально допустимого значення $Y_{\text{п.п}}$ з метою призначення періодичності КД.

У підсистемі забезпечується індивідуальний підхід до діяльності кожного експлуатанта за рахунок адаптації, індивідуальних особливостей

експлуатантів, персональної моделі експлуатантів. Робота підсистеми полягає в ефективному керуванні інформаційними потоками, характеризуючими РБП, і зниженні розузгодження між фактичним і цільовим керуванням БП. Рух інформаційних потоків у підсистемі передбачає багатократну трансформацію даних при їх послідовній обробці.

Структура і принципи роботи модуля діагностики чинників небезпеки

Головна мета блока діагностики – визначення кількісно-якісних значень чинників небезпеки відповідно до часткових і базових критеріїв діагностики.

У блоці діагностики розв'язуються такі задачі:

- автоматизованої реєстрації ФР при проведенні i -ї інспекції експлуатанта R_{2i} ;
- автоматизованого введення результатів КД під час отримання i -х рекомендацій за наслідками розслідування АП R_{1i} ;
- отримання первинних результатів шляхом обробки і класифікації АП в результаті виконання i -го керування рухом R_{2i} або інспекторської перевірки R_{1i} ;
- отримання вторинних кількісно-якісних результатів шляхом аналізу і інтерпретації первинних результатів розслідування АП;
- збереження вторинних результатів R_{2i} шляхом доповнення і корекції первинної моделі $Y(t)$ і видача користувачам кількісно-якісних результатів у вигляді звіту про РБП;
- формування сукупності оптимальних (еталонних) дій під час виконання рекомендацій R_{2i} для їх порівняння з фактичним РБП;
- видача рекомендацій експлуатантам у режимі реального часу R_{2i} .

Режим (алгоритм) функціонування БД залежить від виду діяльності експлуатанта. Вибір форми керування рухом визначає галуження алгоритму роботи БД за двома незалежними напрямками.

Перший напрям. Під час надходження звітів з БП R_{1i} блоки не використовуються для відображення рекомендацій і реєстрації КД, що характеризує діяльність експлуатантів $S_{\Sigma i}^*$. Успішність дій оцінюється інспекторами, які фіксують технологічні процедури, виконувани експлуатантами, їх правильність і повноту S_i^* , відповідно до затвердженої стандартної методики інспекції.

У цьому режимі застосування блоків починається з моменту занесення статистичних результатів до спеціальних електронних форм устаненого зразка. Ці форми призначені для ручного введення

даних про ПД експлуатантів S_i^* які після обробки блока S_i^{*K} надходять у блок I , що виконує первинну обробку статистичних даних R_{1i} .

Первинна обробка полягає в перетворенні якісних даних у кількісний формат даних, вживаний у БД, класифікації і впорядковуванні i -х факторів відповідності до стандартного переліку та їх попередньої оцінки згідно з частковим і базовим критеріями діагностики і збереженні отриманих значень у БД T_i .

Другий напрям. За наслідками розслідувань АП R_{2i} експлуатанти виконують рекомендації щодо недопущення подібних випадків у майбутньому, повний супровід яких є у відповідних блоках. При цьому здійснюється низькорівнева фіксація і реєстрація з виявлення i -х чинників S_i як складова частина повної ідентифікації виявлених чинників при розслідуванні АП $S_{\Sigma i}$.

Потім інформація надходить до блока S_i і приводиться у форму, придатну для внутрішньої обробки в блоці діагностики S_i^K . У блоці $P(S_i)$ з використанням компонента моделі інспектора «Реєстрація» виконується обробка даних S_i^K , що надійшли, включаючи реєстрацію, розпізнавання і збереження в БД T_i , накопичуваних під час виявлення нових чинників.

Блоком A з використанням компонента моделі інспектора «Правила ухвалення рішень еталонного рівня БП» $P(T_i) \rightarrow T_i^{\text{opt}}$ виконується паралельне вироблення оптимальних дій у конкретних умовах діяльності T_i^{opt} .

Блок M з використанням компонента моделі інспектора «Правила аналізу і інтерпретації дій» $P(T_i)$ здійснює кількісно-якісний аналіз первинних результатів T_i , їх порівняння з оптимальними діями T_i^{opt} і в результаті аналізу й інтерпретації формує проміжні вторинні результати виконання i -ї дії $Y_i^{\text{н.п}}$. Залежно від режиму роботи блок W на підставі проміжних вторинних результатів виконання i -ї вправи $Y_i^{\text{н.п}}$ здійснює видачу порції допоміжної інформації та рекомендацій експлуатанту з виконання i -х КД. Потім перший і другий напрями роботи алгоритму роботи БД об'єднуються. Після закінчення виконання i -ї функції блоком M з використанням $P(T_i)$ здійснюється поглиблена кількісно-якісна обробка і аналіз відповідно до системи кількісно-якісних критеріїв діагностики.

У результаті формується сукупність вторинних результатів діагностики Y_i , яка поступає в БД і доповнює (корегує) персональну модель експлуатанта $Y(t)$. Вторинні результати діагностики Y_i і оновлена персональна модель експлуатанта $Y(t)$ надходять до блока E , де проводиться перетворення $Y_i \rightarrow Y(t)$ на природну мову і видача користувачам у зручній для сприйняття формі. Таким чином, БД виконує сукупність взаємозв'язаних функцій за визначенням керування БП експлуатанта.

Структура і принципи роботи блока керування і прогнозування ризиків

Блок керування і прогнозування (БКП) призначений для вибору на необхідний термін оптимальної стратегії забезпечення РБП при застосуванні різних КД у ПД. Головна мета БКП полягає у формуванні оптимальних КД за якнайменший проміжок часу з максимальною економічною ефективністю.

За наслідками проведення інспекції експлуатанта БКП виконує:

- поточне керування РБП (вибір КД, направлених на усунення типових помилок, недоліків і упущень в роботі);

- стратегічне керування РБП (вибір форм КД, направлених на гарантоване досягнення цільового (нормативного) РБП);

за наслідками розслідування АП:

- призначення (корекцію) за необхідністю терміну чергових КД;

- визначення (корекцію) за необхідністю РБП у заданому (нормативному) діапазоні;

- поточне керування вибором КД для формування дій, направлених на розслідування АП, ФР і підтримки РБП у нормативному діапазоні значень до моменту чергової інспекторської перевірки;

- прогнозування РБП на необхідний період часу, аналіз ефективності вибраної стратегії керування РБП (визначення виконання умови $Y_{\text{факт}} \geq Y_{\text{н.п}}$ до моменту настання терміну чергової інспекторської перевірки).

На первинному етапі алгоритму функціонування БКП блоком $Y(t) \rightarrow Y^K(t)$ виконується приведення зовнішніх даних БКП до внутрішнього формату даних.

Алгоритм роботи БКП залежить від того, чи є ретроспективні дані про РБП ($Y(1,2,\dots,j,\dots,i)$). Якщо таких даних немає, виконується процедура вхідного тестування, що включає розробку H_0 і

формування спеціальних перевірок експлуатантів, які потім дозволяють отримати первинні дані про РБП: $H_0 \rightarrow X_0 \Rightarrow S_0 \rightarrow T_0 \rightarrow Y(0)$.

Якщо є ретроспективні дані про РБП $Y(1,2,\dots,j,\dots,i)$, тоді блоком БКП B виконується розробка стратегії (сукупності злагоджених КД) щодо керування РБП $H^H(t)$. Вид стратегії керування РБП залежить від виду діяльності експлуатанта. Стратегія керування РБП $H^H(t)$ направлена на вибір оптимальної кількості n і тривалості $Y(t) \geq Y_{\text{ст}}$ КД з метою досягнення нормативного (стаціонарного) значення РБП у випадку $Y(t) \geq Y_{\text{ст}}$.

Стратегія керування РБП $H^H(t)$ направлена на вибір оптимального терміну наступних КД ($t_{\text{н.п}}$) і Δt з метою підтримки РБП у допустимих межах до настання терміну чергової інспекторської перевірки $Y(\Delta t) \geq Y_{\text{оп.п}}$. Вибір форми інспекторської перевірки $\{R_{1i}, R_{2i}\}$ здійснюється блоком B з використанням компонента моделі $P(Y(1,2,\dots,j,\dots,i))$, виходячи з вимог авіаційної адміністрації до організації проведення КД. У результаті формується стратегія керування РБП $H^H(t)$.

Потім блоком F виконується перевірка досяжності поставленої стратегічної мети $H^H(t)$ шляхом побудови математичних моделей формування (підтримки), руйнування і відновлення РБП на необхідний термін часу $Y^{\text{н.п}}(t)$. Якщо стратегічна мета керування РБП недосяжна, виконується перегляд стратегії $H^H(t)$ і її подальша оптимізація.

Якщо мета керування РБП досяжна, стратегія $H^H(t)$ затверджується $H^K(t)$ і на її підставі блоком B з використанням компонента моделі $P(Y(1,2,\dots,j,\dots,i), Z(t))$ здійснюється вироблення КД для створення сценарію i -го керування рухом H_i^H .

Блоком F виконується перевірка поточної мети керування рухом $Y_i^{\text{н.п}}$. У разі їх досяжності за наслідками i -го виходу на нормативний РБП КД для створення сценарію i -го керування рухом H_i^H затверджуються H_i^K і передаються в блок K . У блоці K на підставі H_i^K з використанням моделі $P(H_{13}, U(N))$ формується сценарій i -го керування рухом X_i та здійснюється формування рекомендацій щодо стратегічного і оперативного

керування РБП $H^K(t), H_i^K$ під час інспекторських перевірок R_{1i}, R_{2i} .

Потім інформація обробляється блоком E_G і надається користувачам у вигляді сукупності даних на природній мові ($R, n, t(n), t_{п.п}, \Delta t$).

Таким чином, БКП виконує сукупність взаємозв'язаних функцій з керування і прогнозування РБП шляхом вироблення стратегічних (довготривалих) і оперативних дій щодо РБП.

Висновки

Уперше отримано теоретичні та методологічні принципи побудови роботи блоків діагностики, керування і прогнозування ФР, що реалізує автоматизований інформаційний супровід керування РБП.

Здійснено комплексну розробку теоретичної бази для впровадження корпоративних АС БП з можливістю забезпечити:

- об'єктивність оперативної оцінки ризику виникнення АП;
- часткову діагностику компонентів підвищеного ризику виникнення АП;
- синтез варіантів управлінських рішень щодо зниження ризику виникнення АП до допустимого рівня;
- попередню оцінку ефективності варіантів КД за показниками попередження виникнення АП.

Література

1. Козлов В.В. Человеческий фактор: история, теория и практика в авиации. – М.: Полиграф, 2002. – 150 с.
2. Устенко А.С. Теоретические основы структурного проектирования алгоритмических процессов для автоматизации контроля и управления космическими средствами военного назначения. Дис.... д-ра техн. наук. – Барнаул, 1986. – 530 с.
3. Материалы совещания «Автоматизированная система документирования технического состояния ВС». – М.: МАК, 2005. – 142 с.
4. Материалы семинара «Информационное обеспечение безопасности полетов и надежности авиационной техники». – М.: МАК, 2004. – 49 с.
5. Давиденко М.Ф., Самусь В.М. Прогнозирование и управление уровнем безопасности полетов. – К.: Знание, 1987. – 20 с.

6. Самусь В.М., Суржикова Е.Г. Применение математической модели оценки опасности отказов функциональных систем воздушного судна для оптимизации тренажерной подготовки // Обеспечение безопасности в особых случаях полетов. – К.: КИИГА, 1986. – С. 44–48.

7. Рвачев В.Ф. Пути повышения эффективности системного управления уровнем безопасности полетов // Обеспечение безопасности в особых случаях полетов. – К.: КИИГА, 1986. – С. 17–21.

8. Гузий А.Г., Малевинский Ю.А. Концепция предотвращения авиационных происшествий и управление уровнем безопасности полетов // Тр. об-ва независимых исследователей авиационных происшествий. – М., 2003. – Вып. 16. – С. 332.

9. Рекомендации по эксплуатации автоматизированных систем управления воздушным движением. – М.: Воздуш. трансп., 1986. – 88 с.

10. Цифровой тренажер – эффективное средство обучения / А.А. Мороз, В.А. Сваричевский, Е.И. Ратнер и др. // Управление воздушным движением. – М.: Воздуш. трансп., 1983. – Вып. 2. – С. 248 – 254.

11. Плаксин А.М., Рудельсон Л.Е., Перминов Н.Л. Автоматизация задачи тренажа и обучения диспетчерского состава РЦ УВД // Управление воздушным движением. – М.: Воздуш. трансп. 1979. – Вып. 1. – С. 269 – 276.

12. Казан Б.М. Электронные вычислительные машины и системы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 552 с.

13. Кокорєва Л.В., Перевозчикова О.Л., Ющенко К.Л. Діалогові системи та представлення знань. – К.: Наук. думка, 1992. – 448 с.

14. Неделько С.Н. Повышение профессиональной надежности авиадиспетчеров: актуальные научно-методические задачи // Пробл. авионавигации: Тематичний зб. наук. пр. – Кировоград: ДЛАУ, 1997. – Вып. 3, Ч. 2. – С. 6 – 9.

15. Safety Manual Manual (SMM) // ICAO Doc. 9859-An/160, First Edition-2006.

16. 56th International Air Safety Seminar, Nov. 13, 2003, Washington, DC (материалы семинара на CD).

17. Обучающие машины, системы и комплексы: Справ. / Под общ. ред. А.Я. Савельева. – К.: Вища шк., 1986. – 303 с.

18. Попов С.В. Экспертные системы. Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. – М.: Наука, 1987. – 288 с.

19. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 280 с.

Стаття надійшла до редакції 17.10.07.