

АЕРОНАВІГАЦІЯ

УДК 629.78

В.П. Харченко, д-р техн. наук

**ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ АЕРОНАВІГАЦІЇ
ПОЧАТКУ ХХІ СТОЛІТТЯ**

Національний авіаційний університет, kharch@nau.edu.ua

Розглянуто стратегічні напрями розвитку аерокосмічних інформаційних систем. Основна увага приділена глобальній системі зв'язку, навігації, спостереження й організації повітряного руху літальних апаратів.

Вступ

Людство переступило поріг нового тисячоліття космічної ери і нового сторіччя наймогутніших інформаційних потоків, що впливають на економічний розвиток і безпеку країн світу. Така інформаційна насиченість особливо яскраво спостерігається в авіаційній індустрії. Пояснюється це тим, що авіаційна галузь, як і космічна, ядерна та хімічна галузі, базується на системах соціотехнічного типу, тобто системах особливої відповідальності. Такі системи можуть стати джерелами техногенних катастроф. Тому на нинішньому етапі їхнього розвитку необхідно використовувати не ретроактивні, а проактивні підходи під час їх створення.

Безпека й ефективність повітряного транспорту багато в чому залежить від аеронавігації – науки про визначення місцезнаходження і прокладку курсу повітряного корабля (ПК). Аеронавігація регулює напрямки польоту ПК від одного місця до іншого найбільш ефективним та безпечним чином у межах установленого часу (рис. 1).

Існуюча аеронавігаційна система і її підсистеми мають ряд суттєвих недоліків. Аеронавігаційна система досягла насичення і вже не може задовольнити зростаючих вимог до безпеки й ефективності повітряного руху. Проблематичним може стати її використання в майбутньому при зростанні інтенсивності повітряного руху і вимог до безпеки авіації. У зв'язку з цим світове авіаційне співтовариство визначає шляхи пріоритетного розвитку аеронавігації [1–4].

Напрями розвитку аеронавігації

Аеронавігація кінця ХХ і початку ХХІ ст. почала бурхливо розвиватися в багатьох напрямках. Це видно на прикладах таких нових концепцій, як CNS/ATM, Safe flight, Free flight, Cooperative ATS, корпоративна навігація, багатоальтернативний моніторинг і керування ситуаціями повітряної обстановки, інтелектуалізація аеронавігаційних систем на основі штучного інтелекту.

Загальним для цих концепцій є:

- використання супутникових і інформаційних технологій;
- захист інформаційних потоків;
- інтеграція інформаційно-вимірвальних систем, застосування оригінального математичного апарата;
- розробка складних моделей різної фізичної природи і створення відповідних програмно-алгоритмічних комплексів.

Використання нових інформаційних технологій та інтегрування систем дозволяє одержати нову якість керування літаками при гарантованому рівні безпеки польотів.

Упровадження нових ефективних аеронавігаційних систем можливо шляхом скоординованого, гармонізованого і гнучкого процесу планування на глобальному, регіональному і національному рівнях.

До головних стратегічних напрямів розвитку аеронавігації слід віднести:

- застосування зональної навігації (RNAV) із необхідними навігаційними характеристиками (RNP) для всіх етапів польоту;
- упровадження скороченого вертикального ешелонування (RVSM);
- упровадження чотиривимірної зональної навігації (4 D RNAV) і реалізація концепції “від перону до перону” /Gate to Gate/;
- реалізація концепції “вільних маршрутів”;
- підтримка визначення місцезнаходження об'єктів і одержання навігаційних даних із заданою вірогідністю для різних додатків у середовищі CNS/ATM;
- поліпшення спостереження шляхом передачі параметрів літального апарата за допомогою ліній передачі даних;
- розвиток систем автоматичного залежного спостереження (ADS-C, ADS-B);
- глобалізація зони дії інтегрованого спостереження;

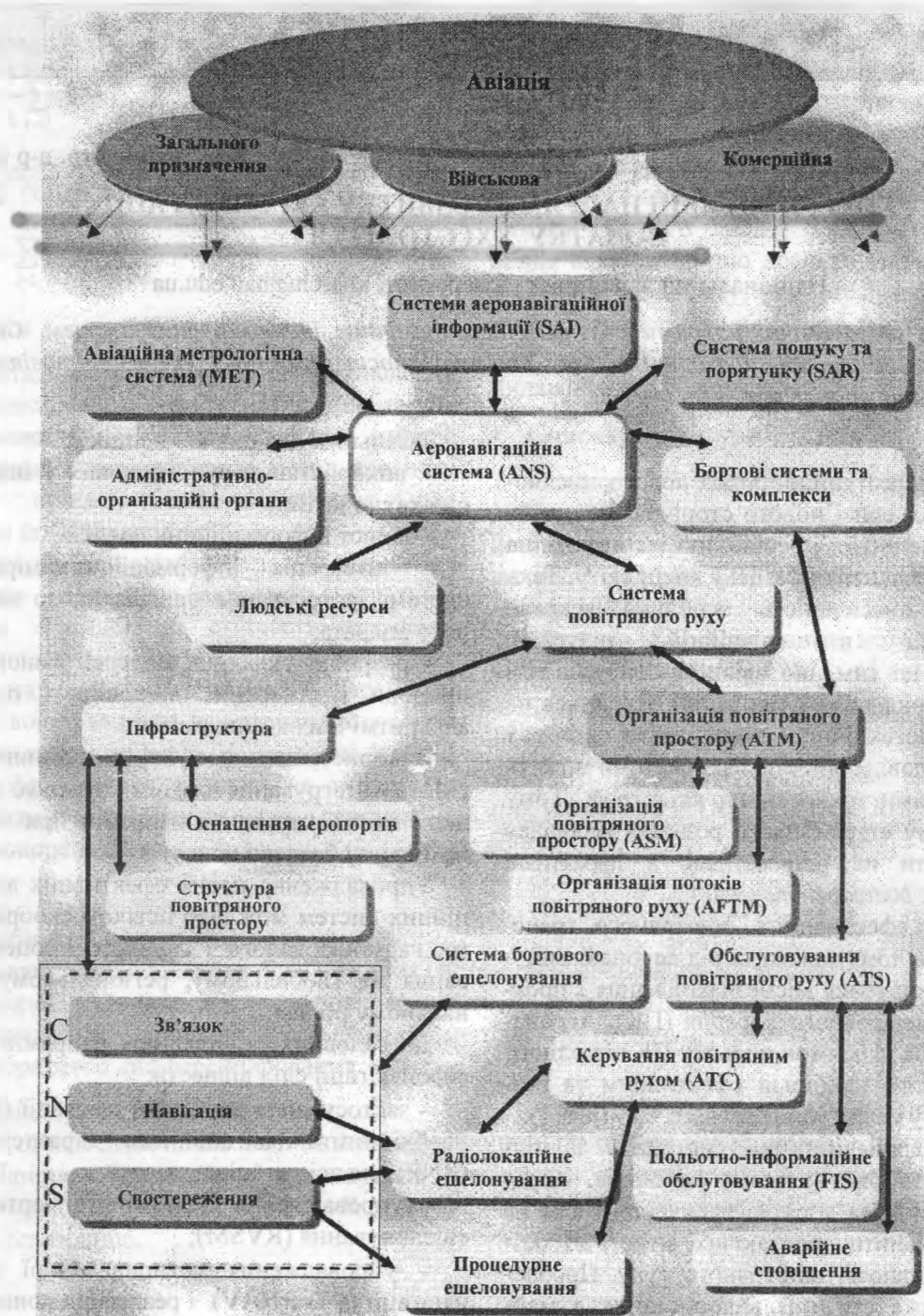


Рис. 1. Структурний рівень аеронавігаційної системи

- оптимізація архітектури систем аеронавігації за багатьма критеріями;
- обґрунтування розгортання навігаційної інфраструктури космічного базування й оптимізація підтримуючої наземної інфраструктури для всіх етапів польотів;
- підвищення ефективності використання спектра частот у зонах високої ефективності повітряного руху;
- підвищення перешкодостійкості супутникових систем;

- інтеграція систем при використанні ліній передачі даних і спільне застосування даних як повітряними кораблями, так і наземними структурами керування повітряним рухом і обслуговування повітряного руху, аеропортами, авіакомпаніями;
- підвищення ситуаційної інформованості пілотів та диспетчерів;
- підготовка фахівців нової формації для реалізації перспективних концепцій міжнародної аеронавігації на основі методології TRAINAIR.

Упровадження прогресивних концепцій аеронавігації дозволяє реалізувати нові проекти, серед яких відповідальність екіпажів за ешелонування на основі нових процедур. У цьому випадку екіпаж наступного за попереднім літака бере на себе відповідальність за витримання інтервалу ешелонування між ними. Інформація для спостереження надається пілотам електронним шляхом при використанні, наприклад, автоматичного залежного спостереження в режимі радіомовлення (ADS-B). Як показують результати моделювання, виконаного на кафедрі аеронавігаційних систем Національного авіаційного університету, у цьому випадку значно збільшується пропускна спроможність повітряного руху при збереженні рівня безпеки польотів і зменшується робоче навантаження на авіаційного диспетчера. Безумовно, що в основі керування ефективністю та безпекою аеронавігації є також моніторинг безпеки польотів.

Моніторинг безпеки польотів

Згідно з прийнятим ІКАО стандартом держави встановлюють рівень та цільові показники безпеки польотів у повітряному просторі та районах аеродромів, за які вони відповідають. Для цього необхідно реалізувати моніторинг безпеки польотів – спостереження за станом безпеки польотів із метою контролю, керування та прогнозування. Розрізняють глобальний, регіональний та локальний рівні моніторингу.

Керування безпекою повітряного руху базується на принципах, сформульованих ІКАО.

1. Будь-які процеси, що впливають на безпеку і функціонування системи керування повітряним рухом, повинні повністю відповідати стандартам ІКАО з безпеки, рекомендаціям державних структур регулювання повітряного руху та враховувати прийняті в державі інші обмеження.

2. Кожен елемент системи АТС повинен бути елементом спеціального вивчення з метою визначення та контролю його характеристики. При дослідженні таких характеристик елемент розглядається як автономно, так і в системі з його багатofункціональними зв'язками. Зміна елемента досліджується, у першу чергу, шляхом визначення його впливу на гарантований рівень безпеки відповідно до міжнародних і національних вимог.

3. Відповідність усіх елементів аеронавігаційної системи, ієрархія чинників їх впливу на безпеку польотів повинні бути точно визначені.

4. На основі узгоджених критеріїв, які повинні охоплювати головні функціональні ознаки на системному рівні, необхідно визначати ризик катастрофи.

5. Керування безпекою аеронавігаційної системи повинно охоплювати всі процеси, пов'язані з аеронавігаційною системою.

6. Структурно-параметричний синтез аеронавігаційної системи, оцінка і аналіз процесів, що забезпечують безпеку аеронавігації, повинні охоплювати всі події та ситуації, які характеризують безпеку системи, розповсюджуватися на весь життєвий цикл аеронавігаційної системи, включаючи фази розробки та впровадження. Необхідно реалізувати проактивний метод проектування системи.

7. Забезпечення безпеки системи повинно базуватися на зменшенні ризику руху ПК через запобігання інцидентів і чинників, що їх викликають. Для цього виконуються прогнози оцінки факторів впливу на безпеку системи, аналізуються процеси використання елементів, досліджується взаємний вплив процесів безпеки, оцінюється ризик керування і функціонування технічних засобів та людини в контурі керування аеронавігаційною системою.

Регулярний контроль рівня безпеки можливо проводити за допомогою як прямих, так і непрямих методів визначення. Прямі методи базуються на врахуванні авіаційних подій та інцидентів, що відбулися. Зазвичай частота авіаційних інцидентів або подій використовується для якісного аналізу і прийняття заходів, пов'язаних із підвищенням безпеки повітряного руху на рівні постачальника обслуговування. Авіаційні події відносяться до категорії рідкісних явищ, які важко згрупувати за ознакою однорідності умов виникнення, тому чутливість критерію, збудованого на оцінці фактичної частоти катастроф при керуванні повітряним рухом, дуже низька. Проблематичним є використання такого критерію для структурного синтезу системи з метою реалізації проактивного підходу при створенні та модернізації аеронавігаційної системи.

Інший підхід, вільний від зазначених недоліків, ґрунтується на використанні математичних моделей, які дозволяють визначити ризик катастрофи, реалізувати методи прогнозування критичних ситуацій повітряної обстановки. Оцінка ризику зіткнення ПК у повітряному просторі виконується за допомогою моделей, наведених у роботі [1]. Але ці моделі не охоплюють усіх параметрів, які необхідно враховувати при виборі варіантів побудови аеронавігаційної системи. Серед множини критеріїв, які використовують при виборі варіанта побудови аеронавігаційної системи, головними є критерії безпеки і ефективності системи, тобто вибір структури аеронавігаційної системи ґрунтується на багатокритеріальних оцінках.

Методологія вибору ефективного варіанта аеронавігаційної системи

Підхід до побудови кращої нової системи базується на визначенні критеріїв економічної ефективності і рівня безпеки польотів.

Використовуваний ICAO метод визначення очікуваної економічної ефективності, наприклад, проекту CNS/ATM, ґрунтується на оцінці чистої поточної вартості NPV. Однак цього недостатньо для вибору результативної архітектури аеронавігаційної системи, оскільки необхідно ще забезпечити гарантований рівень безпеки польотів.

Визначення безпеки проектованої системи полягає в оцінці ризику зіткнення і наступному його порівнянні з попередньо встановленим максимально припустимим ризиком (рис. 2). Якщо розрахунковий ризик нижче максимально припустимого ризику і ця умова виконується для всього встановленого терміну служби нової

системи, то проектована система може вважатися безпечною.

Ризик катастроф ПК у системі керування повітряним рухом залежить від таких чинників:

- структури і організації повітряного простору з урахуванням інтенсивності повітряного руху;
- точності дотримування плану руху ПК, яка функціонально пов'язана з стандартами потрібних навігаційних характеристик (RNP);
- кінематичних характеристик руху ПК (розміру ПК, шляхової швидкості, відносної швидкості ПК в потоці, кутів перетину траєкторій та ін.);
- імовірності втрати керування повітряним рухом, яка залежить від рівня автоматизації процесів керування повітряним рухом, єдиного часу на борту і землі, рівня інтеграції процесів літаководіння та керування рухом;
- зближення ПК з іншими ПК та наземними перешкодами, виявлення і розв'язання конфліктних ситуацій;

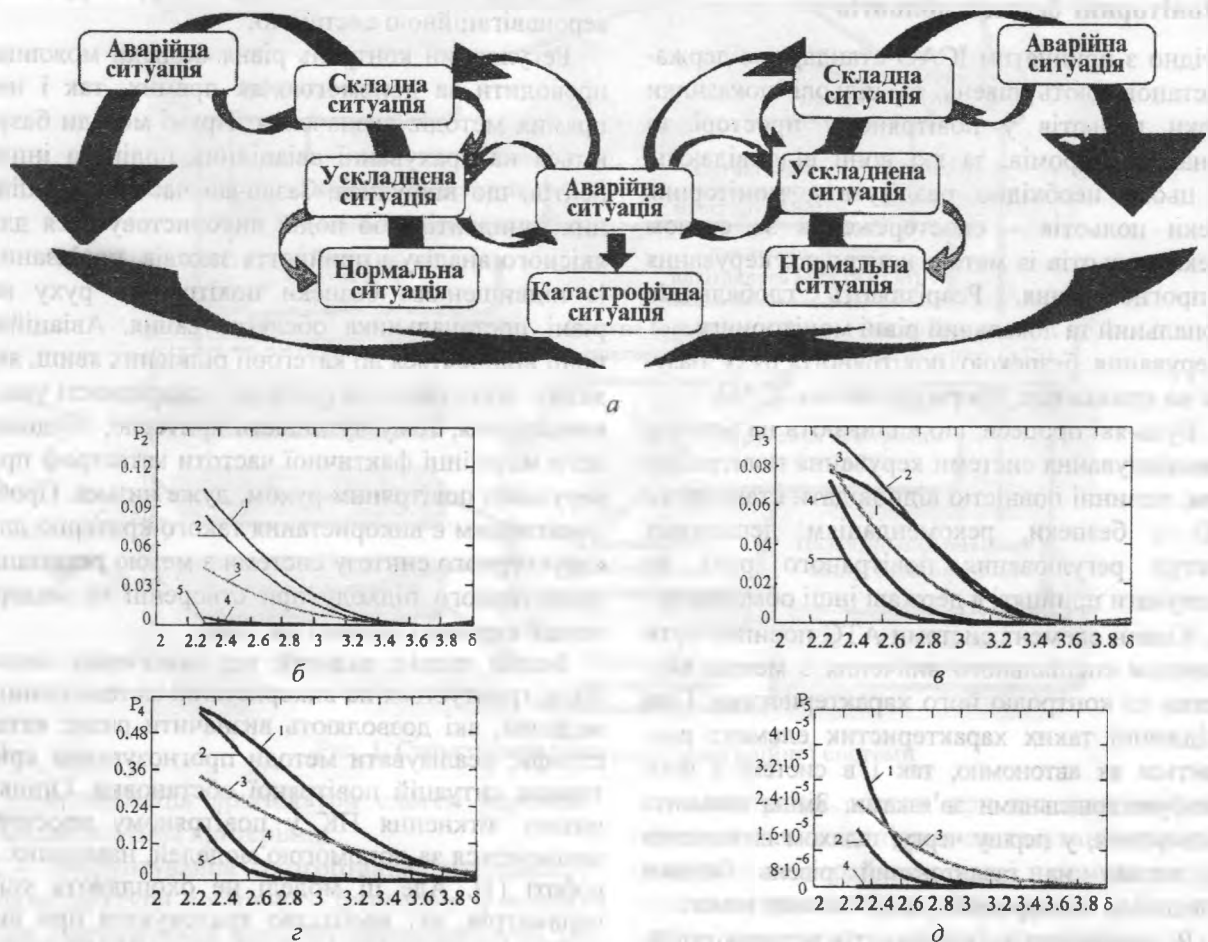


Рис. 2. Визначення критеріїв рівня безпеки польотів:

а – граф розвитку ситуацій повітряної обстановки; б – ускладнена ситуація; в – складна ситуація; з – аварійна ситуація; д – катастрофічна ситуація;

1 – інтегрування всенаправленого і далекомірного маяків із системою повітряних сигналів; 2 – інтегрування всенаправленого і далекомірного маяків з інерціальною системою; 3 – об'єднання всенаправлених маяків та використання автопілотів; 4 – інтегрування далекомірних маяків із системою повітряних сигналів; 5 – інтегрування далекомірних маяків з інерціальною системою

– характеристик систем зв'язку, навігації, спостереження для неінтегрованого й інтегрованого застосування;

– людського чинника.

За вихідні дані математичних моделей використовують:

– статистичні характеристики потоків повітряного руху в секторі керування;

– розподіл потоків по елементах структури сектора;

– відносне положення і рух ПК.

Невід'ємною складовою моделі є також характеристики динамічного завантаження диспетчера при керуванні рухом ПК і взаємодія з суміжними секторами керування, що необхідно для врахування людського чинника.

Математичні моделі дозволяють використовувати зазначені чинники і на основі багатоальтернативного аналізу оцінювати якість нової ієрархічної аеронавігаційної системи. При цьому враховуються як помилки людини в контурі керування, так і системні відмовлення. До виявлених небезпек, насамперед, належать порушення норм ешелонування, неузгодженість дій екіпажів, диспетчерів керування повітряним рухом та ін.

До особливостей аналізу небезпек відноситься необхідність оцінки рідких подій і відповідного спектра ситуацій повітряної обстановки. За допомогою моделей наслідків і дерева небезпек на основі обраного розв'язувального правила визначаються імовірності повної групи подій, у т. ч. й імовірність зіткнень за умови заданого поділу суміжних ліній шляху або оцінюється необхідне їхнє рознесення в просторі.

При обґрунтуванні вибору розв'язувального правила про клас ситуацій повітряної обстановки за ступенем небезпеки виділяються причини, що визначають необхідність використання багатоальтернативного послідовного правила при перевірці гіпотез про клас ситуації A_k , $k = \overline{1, n}$ [5; 6].

Якщо приймається рішення про попадання ПК у небезпечну ситуацію за одиночним або групою спостережень фіксованого обсягу, то можуть бути припущені помилки класифікації, оскільки ПК може знаходитися на межі двох небезпечних зон і незрозуміло, до якої із зон віднести місцезнаходження ПК. Математично в цьому випадку виникає область відмови для розв'язувального правила. Фізично це означає, що для такого випадку потрібні додаткові спостереження для упевненої класифікації небезпечної ситуації повітряної обстановки. Це властиво тільки послідовній процедурі.

Послідовне граничне правило призводить до меншого ризику, ніж правило з фіксованою тривалістю.

Послідовне граничне правило близьке до оптимального. При порівняно невеликій вартості спостережень середній ризик критичної ситуації для вибірки послідовного правила менше, ніж для фіксованої вибірки.

Послідовний багатоальтернативний аналіз зводиться до такого. Нехай є N класів ситуацій A_1, \dots, A_n , $n \geq 3$. Якщо випадкова величина x належить до ситуації A_k , то вона має щільність $\rho_k(x)$, $k = \overline{1, n}$. Нехай також задано апіорні ймовірності появи класів ситуацій p_1, \dots, p_n ;

$$\sum_{k=1}^n p_k = 1.$$

Тоді, якщо є v незалежних спостережень випадкової величини X із щільністю $\rho_k(X)$ і вибіркою x_1, \dots, x_v , то сукупний вектор

$$x_k = \{x_1, \dots, x_v\}$$

має щільність розподілу

$$\rho_k^v(X) = \rho_k^v(x_1, \dots, x_v).$$

Утворимо апіорну щільність розподілу:

$$q_k^v(x_v) = \frac{p_k \rho_k^v(x_v)}{\sum_{j=1}^n p_j \rho_j^v(x_v)}, \quad k = \overline{1, n}.$$

Для заданих позитивних порогів b_1, \dots, b_n беремо

$$0,5 < b_k < 1, \quad k = \overline{1, n}.$$

Після v незалежних спостережень випадкової величини X приймається рішення про її приналежність ситуації A_k , $k = \overline{1, n}$, якщо

$$q_k^v \geq b_k, \quad k = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Суть послідовної класифікації ситуацій у тому, що спостереження продовжуються до такого моменту v , коли нерівність (1) виконується для деякого класу A_k , $k = \overline{1, n}$. Якщо ж для даного v при кожному $k = \overline{1, n}$

$$q_k^v(x_v) < b_k, \quad k = \overline{1, n}, \quad (2)$$

то спостереження продовжуються.

За умови

$$b_k > 0,5, \quad k = \overline{1, n}$$

вираз (2) забезпечує однозначність прийняття рішення. Далі, якщо правдива гіпотеза про приналежність величини ситуації A_k , $k = \overline{1, n}$, то при деяких природних вимогах позитивності чисел Кульбака–Лейбеєра

$$\lambda_{kj} = \int \left(\ln \frac{\rho_k(x)}{\rho_j(x)} \right) \rho_k(x) dx, \quad k = \overline{1, n}, \quad k \neq j$$

маємо з імовірністю 1

$$q_k^v(x_v) \xrightarrow{P} 1, \quad v \rightarrow \infty,$$

і тому за умови $b_k < 1$, $k = \overline{1, n}$ рішення з імовірністю 1 буде прийнято за скінченний інтервал спостереження.

Однак для побудови запропонованого послідовного правила необхідно володіти апріорними даними про апріорні ймовірності появи класів ситуацій p_1, \dots, p_n і про умовну щільність розподілу випадкової величини X , у термінах якої описуються ситуації A_k , $k = \overline{1, n}$. Методологія побудови апріорних імовірностей має самостійне значення і виходить за межі даної статті. На рис. 3 показано приклад моделювання спектра ситуацій повітряної обстановки.

Відповідно до графу (рис. 2, а) імовірність P_1 характеризує нормальну ситуацію, P_2 – імовірність того, що літак знаходиться в ускладненій ситуації, P_3 – імовірність місцезнаходження ПК у складній ситуації, P_4 – імовірність місцезнаходження ПК в авіаційній ситуації, P_5 – імовірність того, що ПК знаходиться у катастрофічній ситуації. На рис. 2, б, в, г, д показано залежності ймовірностей класів особливих ситуацій P_2, P_3, P_4, P_5 від відстані між маршрутами δ .

Із аналізу результатів моделювання можна зробити висновок, що інтегрування інформаційних систем підвищує вірогідність класифікації спектра ситуацій повітряної обстановки.

Розрахунковий ризик об'єднає ризики зіткнення в результаті кожної з виявлених небезпек із метою визначення розрахункової величини загального ризику.

Якщо розрахункова величина загального ризику перевищує встановлену порогову величину, то структура ANS змінюється так, щоб ризик знизився і не перевищував граничного рівня. Багатоальтернативна оцінка якості системи дозволяє спростити і гарантувати виявлення ефективних процедур мінімізації ризику зіткнень. При цьому забезпечується можливість прямого аналізу впливу змін на різні характеристики аеронавігаційної системи і її окремих підсистем. Змінними такої системи є:

- структура системи аеронавігаційного обслуговування;
- види обслуговування повітряного руху;
- структура й організація повітряного простору;
- рівні необхідних навігаційних характеристик RNP (required navigation performance);
- необхідні характеристики зв'язку RCP (required communication performance);

- необхідні характеристики спостереження RSP (required surveillance performance);

- необхідні характеристики всієї системи RTSP (required total systems performance).

Підвищення ефективності польотів переважно досягається за рахунок:

- упровадження багатоальтернативних аналізаторів і прогнозаторів конфліктних ситуацій, що мінімізують ризик зіткнення;

- упровадження нових технологій організації повітряного руху;

- розгортання мережі станцій із локальною зоною дії (DGNSS);

- точної зональної навігації і скорочення мінімумів ешелонування;

- скорочення робочого навантаження диспетчера як результат використання каналу передачі даних;

- оптимізації маршрутів і профілів польотів;

- комплексування даних систем автоматичного залежного спостереження, радіолокаційних станцій і систем попередження зіткнень (ACAS, GPWS).

Інтелектуалізація аеронавігаційних систем

Система організації і регулювання польотів відноситься до категорії складних динамічних систем, для ефективного функціонування якої потрібне застосування технічних засобів і математичних методів обробки інформації з використанням комп'ютеризованих систем. Якість функціонування аеронавігаційної системи, у першу чергу, визначається розв'язанням задачі організації і планування. При цьому слід урахувати норми існуючих правил польотів, що накладають певні обмеження на рух ПК.

Комплексний характер задач, розв'язуваних ANS, вимагає інтеграції в її складі архітектурних форм експертних систем, формально-математичних, ігрових і імітаційних механізмів із сучасними інформаційно-технологічними засобами вимірів, обробки й керування, включаючи бази знань, бази даних і засоби їх підтримки, текстові процесори введення/виводу й обробки формалізованої інформації, засобів машинної графіки.

Концепція створення майбутніх аеронавігаційних систем повинна мати елементи штучного інтелекту. Інтелектуальність компоненти керування виявляється в цілеспрямованому зниженні рівня невизначеності, що виникає через просторовий розподіл об'єктів керування і зв'язаної з цим тимчасової затримки інформаційних даних, які надходять у систему, про стан об'єктів; неадекватності інформації про реальні динамічні характеристики керованих об'єктів; присутність

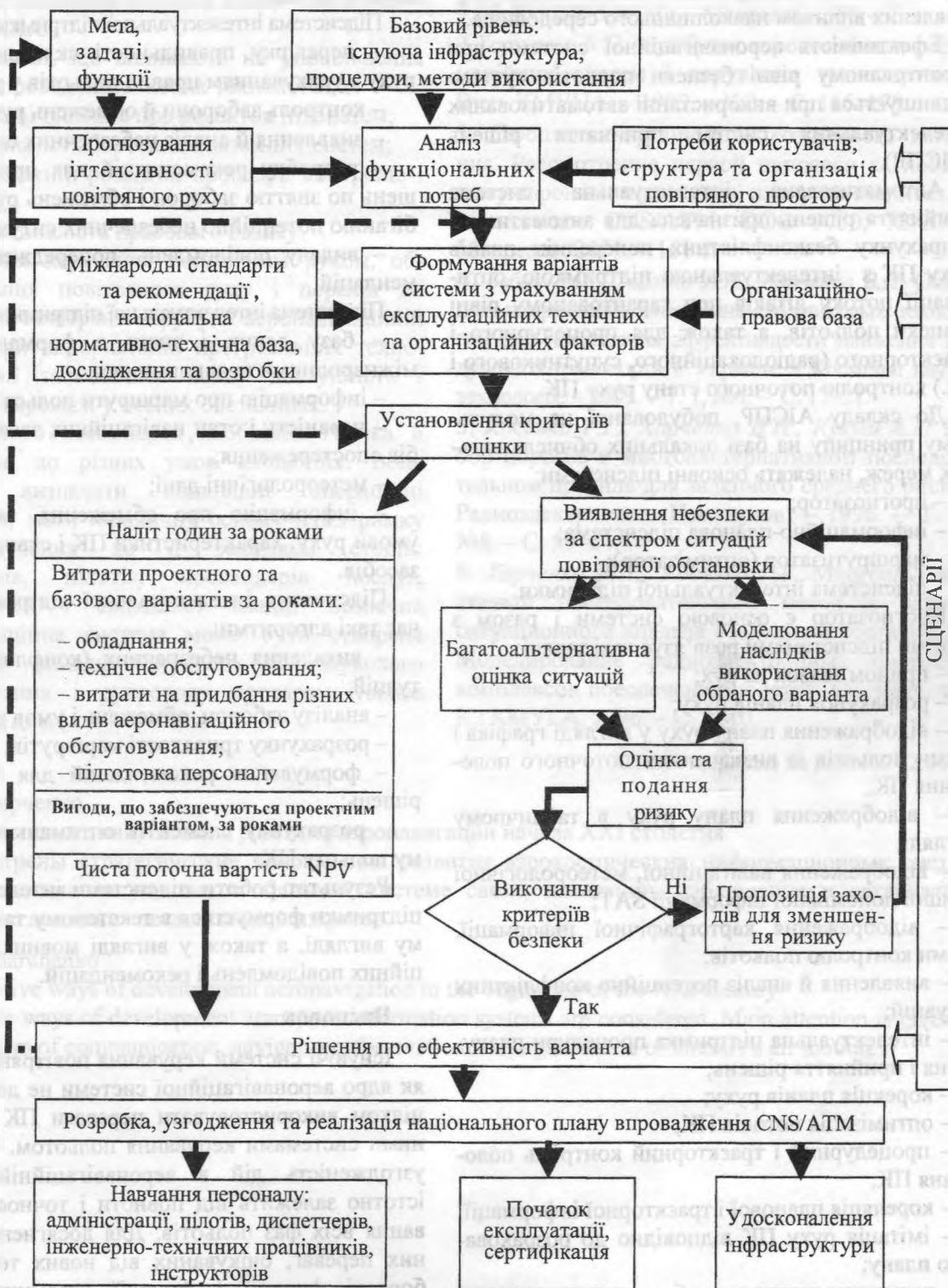


Рис. 3. Загальний підхід до вибору ефективного варіанта аеронавігаційної системи

факторів, викликаних погано передбачуваними скінченними діями виконавців “диспетчер – пілот”, “пілот – пілот”, а також через значний ступінь впливу некерованих компонентів, обумовлених впливом навколишнього середовища.

Ефективність аеронавігаційної системи при гарантованому рівні безпеки польотів суттєво підвищується при використанні автоматизованих інтелектуальних систем прийняття рішень (АІСПР).

Автоматизована інтелектуальна система прийняття рішень призначена для автоматизації розрахунку безконфліктних попередніх планів руху ПК з інтелектуальною підтримкою, оптимізації потоку літаків при гарантованому рівні безпеки польотів, а також для процедурного і траєкторного (радіолокаційного, супутникового і т.д.) контролю поточного стану руху ПК.

До складу АІСПР, побудованої на модульному принципі на базі локальних обчислювальних мереж, належать основні підсистеми:

- прогнозатор;
 - інформаційно-планова підсистема;
 - маршрутизатор (оптимізатор);
 - підсистема інтелектуальної підтримки.
- Прогнозатор є основою системи і разом з іншими підсистемами розв’язує такі задачі:
- прийом заявок на рух;
 - розрахунок планів руху;
 - відображення плану руху у вигляді графіка і схеми польотів із визначенням поточного положення ПК;
 - відображення плану руху в табличному вигляді;
 - відображення навігаційної, метеорологічної й іншої допоміжної інформації SAT;
 - відображення картографічної інформації, схеми контролю польотів;
 - виявлення й аналіз потенційно конфліктних ситуацій;
 - інтелектуальна підтримка процедури планування і прийняття рішень;
 - корекція планів руху;
 - оптимізація потоків ПК;
 - процедурний і траєкторний контроль положення ПК;
 - кореляція планової і траєкторної інформації;
 - імітація руху ПК відповідно до розрахованого плану;
 - керування локальними базами даних;
 - розповсюдження методологічної та аеронавігаційної інформації споживачам.

Інформаційно-планова підсистема призначена для обробки й відображення планової й довідкової інформації в таблично-знаковому вигляді.

Маршрутизатор у взаємодії з прогнозатором і інтелектуальною підсистемою призначений для організації безпечного й економічно ефективного потоку літаків.

Підсистема інтелектуальної підтримки здійснює:

- перевірку правильності складання планів руху з урахуванням правил польотів у регіоні;
- контроль заборони й обмежень руху;
- виявлення й аналіз небезпечних ситуацій;
- розробку рекомендацій для прийняття рішень по зняттю заборон і обмежень руху й запобіганню потенційно небезпечних ситуацій;
- видачу повідомлень, попереджень і рекомендацій.

Підсистема інтелектуальної підтримки містить:

- базу даних і знань з формалізованими міжнародними правилами руху;
- інформацію про маршрути польотів;
- наявність і стан навігаційних засобів і засобів спостереження;
- метеорологічні дані;
- інформацію про обмеження, заборону й умови руху, характеристики ПК і стан технічних засобів.

Підсистема інтелектуальної підтримки включає такі алгоритми:

- виявлення небезпечних (конфліктних) ситуацій;
- аналізу заборон, обмежень і умов руху;
- розрахунку тривалості маршрутів;
- формування рекомендацій для прийняття рішень;
- розрахунку елементів оптимального режиму польоту ПК.

Результат роботи підсистеми інтелектуальної підтримки формується в текстовому та графічному вигляді, а також у вигляді мовних інформаційних повідомлень і рекомендацій.

Висновок

Існуючі системи керування повітряним рухом як ядро аеронавігаційної системи не дозволяють цілком використовувати переваги ПК із сучасними системами керування польотом. Системна узгодженість дій в аеронавігаційній системі істотно залежить від повноти і точності планування всіх фаз польотів. Для досягнення реальних переваг, очікуваних від нових технологій, бортові функції і функції наземних систем керування повітряним рухом повинні розвиватися в тісній взаємодії. Безумовно, що темп розвитку аеронавігаційної системи залежить від довіри до нових технологій, техніки і процедур.

На сьогодні найбільш важливими проблемами аеронавігаційної системи за ступенем важливості

визнано підвищення ефективності зниження витрат, безпеку, збільшення пропускної спроможності. Найбільш перспективним напрямом розвитку є впровадження передачі даних "диспетчер – пілот" CPDLC.

Чинниками, що впливають на уповільнення процесу впровадження нових технологій, є:

- часткові рішення про розвиток підсистем;
- несумісність бортових і наземних систем;
- недостатній розвиток процедур контролю і керування;
- недосконалість правового базису.

Еволюція керування повітряним рухом, обслуговування повітряного руху і перехід до організації повітряного руху в аеронавігаційній системі при використанні прогресивних технологій CNS забезпечить повну доступність і очікувані переваги у певних обставинах.

Для цього, насамперед, необхідна гнучка й адаптована до різних умов концепція. Вона повинна визначати відповідні операційні процедури, мати юридичну основу і підтримку всіх залучених до її реалізації сторін: диспетчерів, пілотів, провайдерів послуг, користувачів і абіліційної влади. Безпечна аеронавігаційна система може бути створена тільки у випадку строгого її наукового обґрунтування і супроводу протягом усього життєвого циклу.

В.П. Харченко

Перспективные направления развития аэронавигации начала XXI столетия

Рассмотрены стратегические направления развития аэрокосмических информационных систем. Основное внимание уделено глобальной системе связи, навигации, наблюдения и организации воздушного движения летательных аппаратов.

V.P. Kharchenko

Perspective ways of development aeronavigation in the beginning of the XXI century

Strategic ways of development aerospace information systems are considered. Main attention is given to global system of communication, navigation, observation and organization of aircraft's air motion.

Список літератури

1. Група експертів по рассмотрению общей концепции эшелонирования. Шестое совещание. DOC 9536, RGCSP/6, ICAO. – Монреаль, 1988. – Т. 1.
2. Харченко В.П. Майбутнє аерокосмічних інформаційних систем і керування транспортом // Вісн. КМУЦА. – 1999. – №2. – С. 166–179.
3. Глобальная организация воздушного движения. Рассмотрение первой поправки к глобальному аэронавигационному плану применительно к системам CNS/ATM. DOC 9750, ICAO. – Монреаль, 2001. – 161 с.
4. Бабак В.П., Скалько Я.И., Харченко В.П. Основные направления внедрения спутниковых технологий для повышения эффективности движения воздушного транспорта в Украине // Космічна наука і технологія. – 2001. – Т. 1, №4. – С. 17–21.
5. Косенко Г.Г., Харченко В.П., Кукуш А.Г. Выбор порогов в многоальтернативном последовательном правиле для заданного среднего риска // Радиоэлектроника. Изв. вузов. – 1996. – Т. 39, №8. – С. 59–64.
6. Харченко В.П., Косенко Г.Г. Многоальтернативный последовательный метод в задачах ситуационного анализа воздушной обстановки // Моделирование радиоэлектронных систем и комплексов обеспечения полетов: Сб. науч. тр. – К.: КМУГА, 1996. – С. 3–10.

Стаття надійшла до редакції 02.06.03.