

УДК 656.07.022

<sup>1</sup>О.М. Алексєєв, к.т.н., доц.  
<sup>2</sup>С.М. Креденцар, к.т.н., доц.  
Х.Р. Скоробогата, студ.

## РОЗВИТОК АЕРОНАВІГАЦІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Національний авіаційний університет

<sup>1</sup>E-mail: oalexeev@yahoo.com

<sup>2</sup>E-mail: sv\_kreyda@mail.ru

*Розглянуто проблеми розвитку аеронавігаційного обслуговування, для вирішення яких потрібно розробити заходи щодо інтеграції аеронавігаційної системи України згідно з Європейськими нормами. Це можна здійснити шляхом поліпшення розвитку інформаційних засобів систем повітряного транспорту з забезпечення польотів в інтересах різних відомств. Показано специфіку роботи повітряного транспорту, вдосконалення всіх вхідних у нього систем для нормального функціонування всього транспортного комплексу. Запропоновано структуру поліпшення систем повітряного транспорту, які пов'язані з розвитком інформаційних засобів забезпечення польотів. Визначено проблеми аеронавігаційного обслуговування. Розроблено шляхи їх вирішення на більш високому рівні узагальнення із залученням світового досвіду.*

**Ключові слова:** аеронавігаційне обслуговування, керована множина, керовані об'єкти, системи керування повітряним рухом, радіолокаційне та радіонавігаційне забезпечення польотів.

### Постановка проблеми

Відмінні риси повітряного руху пов'язані з необхідністю суворої впорядкованості польотів повітряних суден цивільної авіації і Міністерства оборони. До таких відмінностей відносять:

– тривимірний характер руху повітряних суден та відсутність жорсткого зв'язку з тим матеріальним середовищем (атмосферою), в якому відбувається повітряний рух;

– неможливість раптового припинення повітряного руху (гальмування);

– значні швидкості повітряного руху, що призводять до швидкоплинності всіх процесів, з ним пов'язаних;

– істотна залежність повітряного руху від стану і властивостей повітряного середовища.

Наявність цих особливостей повітряного руху зумовлює необхідність організації, реалізації контролю та керування рухом повітряних суден у різних умовах.

При цьому метою оперативного контролю є отримання інформації для керування, тобто знання величин і показників у поточний момент часу, а іноді і в майбутній.

Для забезпечення безпеки польотів потрібне виконання функцій реалізації всього комплексу заходів з розділення повітряного транспорту для найбільш раціонального його використання, вибору, розміщення та застосування радіоелектронних засобів, що забезпечують отримання необхідної інформації про повітряний рух, з розроблення раціональних планів програм цього руху, забезпечення контролю та керування повітряним рухом і надання допомоги екіпажам повітряних суден.

Перераховані завдання, більшість з яких є проблемними, згідно з міжнародними нормами вирішуються за допомогою аеронавігаційних систем.

Раніше дослідження зводилися до вивчення окремих проблем, пов'язаних із радіолокаційним, радіонавігаційним і зв'язковим

забезпеченням польотів. Часто мова йшла про радіотехнічне забезпечення польотів як про інтегральне поняття [1–6].

Питання ж технології, контролю керування польотами з використанням технічних засобів традиційно ставилися до систем керування повітряним рухом [5; 6].

При цьому майже не враховувалася необхідність інтегрованого інформаційного забезпечення в інтересах різних відомств.

Керування повітряним рухом також інтерпретується неоднозначно. Ця невизначеність заснована перш за все на ставленні до систем зв'язку, спостереження і навігації. Немає жодної роботи, в якій враховується взаємний вплив на показники повітряного руху системи керування повітряним рухом і систем оптимізації режиму польоту.

Такий підхід до вирішення проблем забезпечення польотів називають системним підходом.

Відсутність комплексності вирішення проблеми інформаційного забезпечення польотів призвело до нераціональності розподілу ресурсів, неефективності створених структур, в рамках яких неможливо досягти необхідного рівня безпеки, регулярності та економічності польотів повітряних суден різних відомств, не можна задовольнити основні вимоги всіх користувачів повітряного транспорту, не визначено область компромісів з урахуванням ефективності повітряного руху.

Першим кроком у цьому напрямку є визначення предметної області дослідження – поняття аеронавігаційної системи, яка визначається як цілісна множина об'єктів, упорядкованих між собою взаємними відносинами, інформаційними зв'язками, процедурами, контурами керування і оперативного контролю, для забезпечення безпечного і ефективного руху літальних апаратів.

Залежно від завдання дослідження в поняття структури системи включаються різні питання.

### Аналіз літератури

У роботі [2] висвітлено шляхи переходу від системної до процесної ефективності для забезпечення надійності, безпеки та ефективності процесів функціонування інформаційно-керуючих систем.

У роботах [3–9] апріорно оцінено керування безпекою польотів та принципи формування цього процесу, наведено теоретичне обґрунтування методики кількісного оцінювання ризику авіаційних подій в польотах за заданий період льотної експлуатації на основі інформації не тільки про авіаційні події, а про серйозні інциденти, інциденти та їх передумови, розглянуто можливість застосування нейронно-мережевого підходу до керування безпекою польотів, які навчаються на маючих та накопичуваних статистичних даних.

У роботі [10] викладено системний підхід до керування безпекою польотів щодо дослідження відмов безпеки системи «повітряне судно – екіпаж – середовище».

**Мета** роботи – розроблення заходів щодо інтеграції аеронавігаційної системи України до європейських норм через поліпшення розвитку інформаційних засобів систем повітряного транспорту з забезпечення польотів в інтересах різних відомств.

### Аналіз структури системи аеронавігаційного обслуговування

Для формалізації задачі аналізу структури системи аеронавігаційного обслуговування введемо позначення:

$Q$  – безліч можливих принципів та алгоритмів керування  $\pi \in Q$  для побудови системи або її елементів (можливі принципи й алгоритми керування задано чи синтезуються (вибираються) при синтезі системи);

$\Phi$  – безліч взаємопов'язаних функцій (завдань, операцій), виконуваних системою (кожному набору принципів та алгоритмів керування  $\pi$  при побудові систем відповідає деяка множина функцій  $\Phi(\pi)$ ), з якого у ході проектування цієї системи вибрана

підмножина  $\varphi \in \Phi(\pi)$ , достатня для реалізації вибраних принципів і алгоритмів керування  $\pi$ );

$V$  – множина можливих взаємопов'язаних елементів системи.

Введемо також операцію відображення  $\overset{v}{\rightarrow}$  елементів множини  $\Phi$  на елементи множини  $V$ .

Оптимальне відображення має забезпечувати екстремум деякої (або деяких) цільової функції для виконання заданих обмежень.

У загальному вигляді завдання аналізу структури полягає у визначенні характеристик за виконання низки умов:

$$\pi \in Q, \quad \varphi \in \Phi(\pi), \quad v \in V,$$

$$\{\varphi \in \Phi(\pi)\} \overset{v}{\rightarrow} \{v \in V\}.$$

Залежно від завдань дослідження використовується різний набір характеристик [7; 8]:

1) характеристики, пов'язані з ієрархічністю системи:

- кількість підсистем системи;
- характер взаємозв'язків між рівнями (підсистемами);
- ступінь централізації і децентралізації в керуванні;

– ознаки розбиття системи на підсистеми;

2) зовнішні характеристики, що визначають результативність функціонування системи:

- рівень безпеки;
- регулярність;
- економічність польотів;
- пропускна спроможність зон повітряного простору й окремих систем;

3) ефективність (у широкому сенсі) функціонування системи тієї або іншої структури.

Характеристики, близькі до оптимальних, можуть бути отримані тільки в результаті вирішення низки проблем розвитку аеронавігаційного обслуговування, які доцільно розділити на дві підгрупи:

1) загальні проблеми розвитку аеронавігаційного обслуговування, властиві більшою чи меншою мірою аеронавігаційним системам усіх країн світу:

– проблеми безпеки та економічності польотів;

– людський і технічний фактори керування повітряним рухом;

2) специфічні проблеми розвитку засобів навігації та спостереження та систем аеронавігаційного обслуговування, характерні для окремих країн через особливості економічного розвитку.

У результаті аналізу розвитку систем аеронавігаційного обслуговування польотів різних регіонів встановлено таке.

1. Керування повітряним рухом в Західній Європі досягло рівня насичення. Використовувані в цей час рішення організації потоків повітряного руху дозволяють регулювати ці потоки, але призводять до збільшення затримок рейсів.

2. Структура системи керування повітряним рухом в Західній Європі потребує стандартизації, оскільки системи 44 існуючих центрів керування повітряним рухом розроблялися для кожної країни окремо без узгодження з іншими країнами.

3. Норми ешелонування в різних районах польотної інформації є не однаковими і створюють труднощі у плануванні:

– у Північній Європі від 5 до 10 морських миль (9,25–18,5 км);

– у Західній Європі від 8 до 15 морських миль (14,8–27,75 км);

– у Центральній Європі, Туреччині, Греції широко використовується процедурний контроль і існує потреба в засобах зв'язку між центрами, інтервали ешелонування при цьому доходять до 60 морських миль (111 км).

4. Європейська система аеронавігаційного обслуговування надзвичайно перевантажена у зв'язку з занадто великою кількістю районів польотної інформації (уздовж національних кордонів країн), що знижує ефективність профілів трас.

5. Радіолокаційні інформаційні поля в ряді випадків мають якість, яка не задовольняє сучасні вимоги, в інших – взагалі відсутні.

6. У різних країнах використовується автоматизовані системи різних типів з різними функціональними можливостями і різними рівнями автоматизації процесів.

7. З економічної точки зору аеронавігаційні збори використовуються нераціонально. Це пояснюється тим, що в деяких країнах бюджет цивільної авіації не пов'язаний безпосередньо з аеронавігаційними зборами, тому вони можуть використовуватися для інших цілей.

8. Жодна з існуючих європейських організацій не несе одночасно політичної і технічної відповідальності.

9. Аналіз стану системи аеронавігаційного обслуговування України показав, що аеронавігаційні засоби відповідають рівню 80–90-х рр. Останні два десятиліття немає нових розроблень техніки. Ресурс відповідного парку технічних засобів аеронавігації практично вичерпаний. Основна частина елементної бази застаріла, витрати на її експлуатацію великі.

10. Ряд засобів аеронавігаційного обслуговування не відповідає міжнародним стандартам, що накладає обмеження на забезпечення міжнародних польотів. Не вирішена проблема автоматизації керування повітряним рухом. Усі проектно-конструкторські розроблення засобів забезпечення польотів в Україні мають проводитися тільки на основі концепцій розвитку аеронавігаційного обслуговування.

11. Існує нагальна потреба в єдиній технології обслуговування повітряного руху, погодження вимог до технічних засобів аеронавігації, видами забезпечення польотів військових і цивільних користувачів повітряного простору України.

12. Відсутність єдиної концепції аеронавігаційного обслуговування робить неможливим проведення обґрунтованої інвестиційної політики у сфері розроблення, виробництва і закупівель засобів забезпечення польотів.

Однією з найбільш важливих проблем дослідження системи є проблема формалізованого опису окремих її підсистем та їх взаємозв'язків. Особливу трудність викликає формалізація взаємозв'язків між керівниками і керованими підсистемами системами.

Особливістю сучасного етапу розвитку систем аеронавігаційного обслуговування є ускладнення їх загальної структури, зумовлене збільшенням розмірності та складності технологічних процесів і процесів керування.

Складність системи визначається великою кількістю елементів і виконуваних ними функцій, високим ступенем зв'язності елементів, складністю алгоритмів вибору тих чи інших керівничих впливів і великим обсягом інформації, яка перероблюється при цьому.

Моделі різних рівнів опису системи аеронавігаційного обслуговування використовуються для визначення:

1) показників системи аеронавігаційного обслуговування або засобів зв'язку, навігації, спостереження, які забезпечують максимальне значення обраного критерію ефективності при заданих ресурсах;

2) показників, які забезпечують задане значення критерію ефективності при варіації ресурсів.

### Висновки

Для вирішення завдань аналізу і синтезу засобів зв'язку, навігації, спостереження та систем аеронавігаційного обслуговування необхідно:

– розробити методологічні принципи оцінки ефективності аеронавігаційних систем (ефективність подана категорією дії при діяльності системи на певному інтервалі часу, що відображає відповідність отриманого результату вкладеним ресурсам);

– базувати концепцію оцінки ефективності аеронавігаційних засобів з урахуванням соціального, економічного і функціонального ефекту;

– запропонувати і розробити два підходи до оцінки ефективності засобів і системи аеронавігаційного обслуговування: при неявних і явних системних зв'язках засобів із системою вищого порядку;

– сформулювати принципи визначення функціонального ефекту при керуванні динамічними об'єктами;

- розробити основи теорії ситуаційного аналізу повітряної обстановки, що включає:
  - принципи формування ситуації в аеронавігаційній системі;
  - побудову метрики, як заходи ситуацій;
  - вибір функції, що характеризує небезпеку польотних ситуацій по відповідних координатах;
  - побудову апіорної щільності вірогідності вимірюваного параметра;
  - побудову апіорної вірогідності ситуацій;
  - побудову умовної щільності вірогідності по зонах;
  - побудову спектру ситуацій;
  - розробити і обґрунтувати узагальнений критерій ефективності аеронавігаційної системи.

### Література

1. *Автоматизация процессов управления воздушным движением* / под ред. Г.А. Крыжановского. – М.: Транспорт, 1981. – 400 с.
2. *Автоматизированные системы управления воздушным движением* / под ред. В.И. Савицкого – М.: Транспорт, 1986. – 192 с.
3. *Автоматизация самолетовождения и управления воздушным движением* / П.А. Агаджанов, В.Г. Воробьев, А.А. Кузнецов, Е.Д. Маркович. – М.: Транспорт, 1980. – 357 с.
4. *Беляевский Л.С.* Обработка и отображение радионавигационной информации / Л.С. Беляевский, В.С. Новиков, П.В. Олянюк. – М.: Радио и связь, 1992. – 232 с.
5. *Эксплуатационные методы повышения эффективности АС УВД* / В.С. Демьянчук, В.М. Фисенко, О.Г. Танцюра и др. – М.: Транспорт, 1988. – 183 с.
6. *Дубровский В.И.* Организация радиотехнического обеспечения в системе УВД (рациональное оснащение районных центров) / В.И. Дубровский, Г.А. Крыжановский, В.А. Солодухин. – М.: Морг, 1985. – 164 с.
7. *Беляевский Л.С.* Радиоконтроль траекторий движения летательных аппаратов / Л.С. Беляевский, В.П. Харченко, В.П. Ткаченко. – М.: Воздушный транспорт, 1994. – 374 с.
8. *Беляевский Л.С.* Анализ состояния и проблемы развития радиотехнического обеспечения полетов в Украине / Л.С. Беляевский, В.П. Харченко // Методы управления системной эффективностью (уункционирования электрофицированных и пилотажно-навигационных комплексов і докл. на II Междунар. НТК. – К.: КИИГА, 1992. – С. 86.
9. *Харченко В.П.* О методологии разработки требований на перспективные радиолокационные средства управления воздушным движением // В.П. Харченко // Управление воздушным движением: сб. материалов 2-й Всесоюз. НПК. – М.: Воздушный транспорт, 1983. – С. 319–320.
10. *Харченко В.П.* Вопросы разработки технико-экономических требований на перспективные радиолокационные средства УВД / В.П. Харченко, Г.Н. Лазарев // Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в гражданской авиации: межвуз. сб. науч. тр. – Рига.: РКИИГА, 1983. – С. 50–52.