

УДК 629.735:656.71.06:621.31 (045)

С.С. Дев'яткіна

## ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ АЕРОДРОМІВ

*Розглянуто основні проблеми опису, визначення, нормування та управління надійністю світлосигнальних систем аеродромів цивільної авіації. За результатами аналізу основних аспектів проблеми надійності світлосигнальних систем аеродромів запропоновано конкретні напрямки її вирішення в сучасних умовах.*

Світлосигнальна система аеродрому (ССА) забезпечує зліт, захід на посадку, посадку та рулювання повітряних суден на етапі візуального пілотування у складних метеоумовах вдень та вночі. Сучасні ССА типу ОВІ-1, ОВІ-2 (вогні високої інтенсивності) є складними топологічними системами, що містять більше тисячі спеціальних аеродромних вогнів, розташованих на всій території льотного поля аеродрому.

При виконанні зльоту, заходу на посадку, посадки, пробігу та рулювання в складних метеоумовах світлосигнальна система стає єдиним джерелом візуальної інформації для пілота. Прийняття екіпажем рішення про виконання посадки приймається тільки після встановлення надійного контакту з наземними орієнтирами і визначення положення повітряного судна щодо злітно-посадкової смуги [1]. Подальший захід на посадку, посадка, пробіг по злітно-посадковій смузі та рулювання здійснюється також візуально з використанням наземних орієнтирів. Аналіз матеріалів ІКАО [1] показує, що пілоти з першою нагодою переходять від польоту по приладах до польоту по візуальних орієнтирах. На етапі візуального пілотування контакт із наземними орієнтирами фактично замінюється контактом з аеродромними вогнями ССА, у зв'язку з чим відмова ССА призводить до втрати пілотом орієнтації в просторі щодо злітно-посадкової смуги або може стати джерелом помилкової інформації про положення повітряного судна відносно злітно-посадкової смуги. Якщо в першому випадку при втраті візуального контакту з наземними орієнтирами пілот починає відхід на друге коло, то при наявності помилкової інформації про положення повітряного судна у просторі відносно злітно-посадкової смуги захід на посадку продовжується і з огляду на швидкоплинність етапу візуального пілотування (не більше 15 с) може стати передумовою до виникнення однієї з форм "особливої" ситуації в польоті.

Рівень безпеки і регулярності польотів на етапі візуального пілотування у складних метеоумовах вдень і вночі однозначно визначається надійністю ССА за умови правильного функціонування екіпажа і бортового обладнання. Кількісний опис надійності ССА, вибір номенклатури показників надійності, їх визначення та оцінка є актуальною науковою проблемою, рішення якої впливає на соціально-економічні показники ефективності роботи аеропортів. Показники надійності ССА варто визначати та оцінювати на всіх стадіях її життєвого циклу: при розробці вітчизняних ССА, імпорті закордонних ССА, сертифікації і експлуатації. Вартість ССА, їх технічного обслуговування і ремонту в процесі експлуатації визначається показниками надійності їхніх елементів.

Ігнорування аналізу надійності ССА при імпорті закордонних систем може призвести до двох основних помилок. Імпорт дешевих ССА, показники надійності яких невисокі, та експлуатація ССА без врахування конкретних умов аеродрому можуть призвести до зниження рівня безпеки і регулярності польотів, зростанню витрат на технічне обслуговування і ремонт. Дорогі ССА, оснащені високонадійними елементами, системами контролю та діагностування, мають високі значення показників надійності, що не завжди виправдані стосовно

конкретного аеродрому з його специфічними кліматичними умовами та інтенсивністю повітряного руху. Це, у свою чергу, призводить до невиправданих капітальних вкладень в ССА, незважаючи на її високу надійність.

Найчастіше завищені показники довговічності та ремонтпридатності ССА не відповідають термінам їхнього морального старіння, тобто елементи ССА морально старіють раніше, ніж закінчується їх гарантований технічний ресурс або термін служби. Для того, щоб сучасні імпорتنі і вітчизняні ССА забезпечували нормовані значення рівнів безпеки і регулярності польотів, були економічно вигідними в процесі технічної експлуатації, необхідно вміти розраховувати, оцінювати і забезпечувати їхню надійність. Без оцінки показників надійності ССА і програми їхнього забезпечення в процесі експлуатації неможливо досягти високих техніко-економічних і соціальних показників ефективності аеродрому в області світлотехнічного забезпечення польотів.

У даний час близько 90% аеродромів цивільної авіації в Україні оснащені ССА, що експлуатуються за межами гарантованого заводом-виробником терміну служби.

Для ССА не розроблені ні методи кількісного опису надійності, ні методи проектної та експлуатаційної надійності ССА, відсутні нормативно-технічні документи і вимоги в галузі нормування і забезпечення надійності ССА як в Україні, так і у світі. Це створює труднощі в процесі розробки вітчизняних ССА, сертифікації світлосигнального обладнання закордонних виробників і продовженні терміну служби (ресурсу) світлосигнального обладнання, що використовується в аеропортах України. Крім цього, вибір і призначення оптимальних термінів регламентного технічного обслуговування і визначення заходів для підвищення надійності світлосигнального обладнання є досить складним.

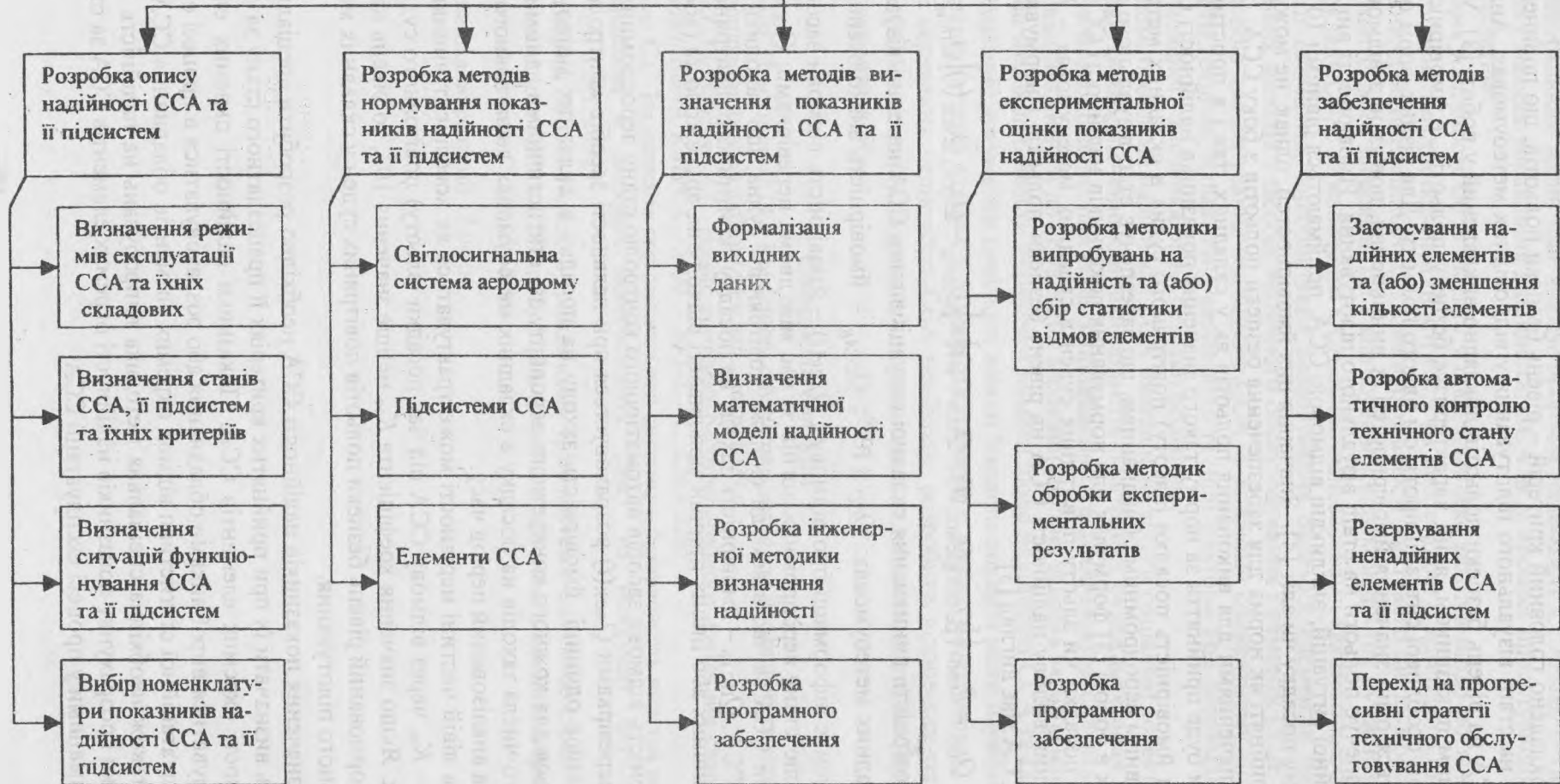
Аналіз матеріалів ІКАО [1], закордонний досвід свідчать про поширення тенденції спрощення ССА стосовно зменшення кількості вогнів приблизно у два рази. Рекомендації ІКАО санкціонують таку модернізацію тільки при одній важливій умові – забезпеченні надійності модернізованої ССА в процесі виконання польотів [1]. Але значення показників надійності не нормуються, тому що для кожного аеропорту з його індивідуальними кліматичними умовами, інтенсивністю повітряного руху, типами прийнятих повітряних суден і іншими факторами вимоги до надійності ССА можуть бути різними. Незмінною залишається тільки одна головна вимога – експлуатовані ССА повинні забезпечувати нормоване значення рівня безпеки польотів на етапі візуального пілотування.

У статті [2] зроблено докладний аналіз нормативних документів цивільної авіації України, Росії і рекомендацій ІКАО в області формулювання критеріїв працездатного стану ССА різних категорій у різних метеоумовах. В Україні діють застарілі нормативні документи колишнього СРСР, у яких сформульовані критерії працездатного стану ССА, що не мають наукового обґрунтування. Вимоги по забезпеченню надійності ССА в складних метеоумовах з урахуванням цих критеріїв об'єктивно не можуть бути виконані обслуговуючим персоналом при тих показниках надійності елементів експлуатованих ССА, що входять у її склад. В роботі [2] переконливо доведена доцільність переходу на критерії відмовлення, що рекомендуються ІКАО, підтверджена можливість забезпечення сучасними закордонними ССА нормованих рівнів безпеки польотів на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах.

Основні задачі, що повинні бути розв'язані в процесі вирішення проблеми надійності ССА, перелік необхідних умов для розв'язання кожної з цих задач наведено на рисунку.

Розробка опису надійності ССА передбачає можливість застосування стандартного визначення поняття надійності технічних систем до конкретних ССА. В описі надійності розглядається склад, структура і режими функціонування ССА та її підсистем, визначаються види станів ССА різних категорій і формальні критерії цих станів для ССА та їхніх підсистем, аналізуються основні особливості функціонування ССА в різних метеоумовах і визначаються можливі ситуації, що виникають в процесі функціонування ССА, формулюється критерій або критерії працездатного стану ССА в різних метеоумовах, вибирається та обґрунтовується номенклатура показників надійності ССА.

**ПРОБЛЕМА НАДІЙНОСТІ СВІТЛОСИГНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АЕРОДРОМУ**



Проблема надійності світлосигнальної системи аеродрому

В основу нормування обраних показників надійності ССА в конкретних метеоумовах має бути покладено головний критерій – рівень безпеки польотів, що повинен бути забезпечений ССА на етапі візуального пілотування у відповідних метеоумовах. Аналіз впливу надійності ССА на рівень безпеки польотів докладно викладений у роботі [3]. У світовій практиці основним показником, який характеризує безпеку польотів, є ймовірність виникнення однієї з форм особливої ситуації протягом одного польоту. Для різних форм особливих ситуацій задаються різні значення ймовірностей їх виникнення, пов'язані з відмовами обладнання, що забезпечує польоти на етапі візуального пілотування. Ймовірності виникнення складної та аварійної ситуацій, викликані відмовою ССА, приймаються рівними  $10^{-4}$  та  $10^{-6}$  відповідно на одну посадку чи зліт [4]. Значення цих ймовірностей, однак, не можуть бути безпосередньо прийняті як норма для забезпечення безпеки польотів з боку ССА, оскільки вони є середніми значеннями для виконання польотів як у складних, так і в простих метеоумовах. Правильним буде прийняття за норму такого значення показника надійності ССА, який буде враховувати ймовірність посадки (зльоту) повітряного судна в складних метеоумовах, коли ССА є основним аеродромним обладнанням, що забезпечує етап візуального пілотування. У розроблених в роботі [3] формулах для нормування показників надійності ССА враховується ймовірність посадки чи зльоту повітряних суден в складних метеоумовах –  $P_{\text{СМУ}}$ . Формула для визначення впливу надійності ССА на рівень безпеки польотів і нормування показника надійності ССА має вигляд [3]:

де  $Q_{\text{СС}}$  – ймовірність виникнення складної ситуації з вини ССА на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах:  $Q_{\text{СС}} \leq 10^{-6}$ ;  $Q_{\text{ССАВ}}$  – ймовірність знаходження ССА в стані "відмова – немає інформації про відмову";  $Q_{\text{АСК}}(t)$  – ймовірність відмови засобів автоматичного контролю стану аеродромних вогнів за час між двома перевірками;  $Q_{\text{ССА}}(t_{\text{ВЗ}})$  – ймовірність відмови ССА за час взаємодії екіпажа повітряного судна, що заходить на посадку за допомогою ССА;  $Q_{\text{ПС кр}}$  – ймовірність заходу на посадку "критичного повітряного судна", що не має з технічних або інших причин можливості відходу на друге коло та (або) на запасний аеродром.

Ймовірність відмови засобів автоматичного контролю стану аеродромних вогнів за час між двома перевірками  $Q_{\text{АСК}}(t)$  розраховується при наявності засобів контролю, при відсутності – дорівнює одиниці; ймовірність заходу на посадку в складних метеоумовах  $P_{\text{СМУ}}$  – розраховується для кожного конкретного аеропорту за статистичними даними як відношення середнього числа заходів на посадку в складних метеоумовах до загального числа заходів на посадку за аналізований період часу.

Вираз в лівій частині нерівності може трактуватися як коефіцієнт виникнення особливої ситуації –  $K_{\text{оС}}$  через відмову ССА під час посадки (зльоту) повітряного судна в складних метеоумовах. Якщо значення коефіцієнта  $K_{\text{оС}}$  менше значення  $10^{-6}$ , то рівень надійності ССА забезпечує нормований рівень безпеки польотів повітряних суден у складних метеоумовах на етапі візуального пілотування.

Для визначення показників надійності ССА необхідно розробити спеціальну методику, що дозволить визначати їх при прийнятих критеріях її працездатного стану за даними показників надійності окремих елементів ССА. Показники надійності окремих елементів ССА можуть нормуватися виробниками обладнання або розраховуватися в процесі експлуатації за даними експлуатаційної статистики відмов окремих елементів обладнання ССА. В останньому випадку також необхідна спеціальна методика випробувань на надійність або методика збору, обробки і розрахунку показників надійності окремих елементів ССА за статистичними даними, отриманими у процесі експлуатації ССА.

Одне із центральних місць при аналізі проблем надійності ССА має бути приділено розробці методів і засобів управління надійністю ССА як у процесі проектування і виготовлення, так і експлуатації.

Забезпечення надійності ССА містить у собі комплекс заходів щодо досягнення і підтримки заданого рівня показників надійності ССА на всіх стадіях її життєвого циклу. Забезпечення необхідних рівнів надійності ССА на всіх етапах її життєвого циклу може реалізовуватися різними методами і засобами. Це і застосування високонадійних сучасних елементів, що входять до складу ССА, забезпечення ССА сучасними засобами автоматичного контролю стану окремих її елементів, використання резервування окремих елементів чи підсистем ССА, прогресивних методів і засобів технічного обслуговування і ремонту ССА, комбінованих методів і засобів для керування надійністю ССА. У кожному конкретному випадку необхідно враховувати технічні, кліматичні, економічні та інші фактори при дотриманні забезпечення ССА нормованого значення рівня безпеки польотів.

Таким чином, проблема надійності ССА охоплює не тільки соціальні аспекти діяльності аеропорту, такі, як забезпечення безпеки польотів повітряних суден на етапах візуального пілотування, але й економічні, пов'язані з придбанням та технічною експлуатацією нових ССА. У сертифікаційні вимоги до візуальних аеронавігаційних засобів забезпечення польотів повітряних суден необхідно ввести нормовані вимоги щодо надійності ССА та (або) до їхніх елементів. Нормативні документи цивільної авіації України повинні мати науково обгрунтовані критерії працездатного стану ССА різних категорій у різних метеоумовах. Для визначення, оцінки і керування надійністю ССА необхідно розробити відповідну термінологію, опис надійності ССА, методику розрахунку показників її надійності на стадіях проектування, сертифікації та експлуатації.

#### Список літератури

1. *Аэродромы*. Приложение 14 к Конвенции о Международной гражданской авиации. Т. 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – 3-е изд., июль 1999 г.
2. *Ванецян С.Г., Ванецян А.С.* Новые критерии работоспособного состояния светосигнальных систем аэродромов // Вестн. КМУГА. – 2000. – № 1-2. – С. 226 – 228.
3. *Девяткина С.С.* Надежность светосигнальной системы и безопасность полетов на этапе визуального пилотирования в сложных метеоусловиях: Докл. на междунар. науч.-техн. конф. “АВИА-2000”, К., 4–6 окт. 2000 г.
4. *Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов стран-членов СЭВ.* Одобрены постановлением ПКЦА СЭВ от 26.11.84, введены в действие в качестве норм летной годности гражданских самолетов СССР 25.10.85.

Стаття надійшла до редакції 17.04.01.