

Критерій граничного стану світлосигнальних систем аеродромів

Пропонується обґрунтування двох ознак критерію граничного стану світлосигнальних систем аеродромів цивільної авіації.

Обґрунтування ознак критерію граничного стану світлосигнальних систем аеродромів

Основне призначення світлосигнальної системи аеродрому (ССА) полягає в створенні необхідного візуального контакту екіпажу повітряного судна (ПС) з наземними орієнтирами під час руління, зльоту, кінцевого етапу заходу на посадку та посадки на злітно-посадкову смугу на певному аеродромі. Отже, ССА використовується в простих і складних метеорологічних умовах вдень і в ночі на етапі візуального пілотування, як єдине джерело візуальної інформації для пілота ПС.

Світлосигнальна система представляє собою складну багатоеlementну, топологічну систему, яка розташована на всій території льотного поля аеродрому та за її межами. В процесі експлуатації, через певні проміжки часу повноважний орган цивільної авіації видає посвідчення придатності до експлуатації світлосигнальної системи. Цей документ фактично є гарантією того, що ССА перебуває в працездатному стані, функціонує правильно при обраній стратегії технічного обслуговування і ремонту та не знаходиться в граничному стані. Частіше за все, навіть провідні виробники аеродромного світлосигнального обладнання не нормують його технічний ресурс або термін служби.

Відповідно до [1] під граничним станом розуміється стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне (через фізичну зношеність основних елементів обладнання або через економічні фактори).

На перший погляд, нормування показників довговічності для систем, що обслуговуються, відновлюються і ремонтуються в процесі експлуатації є не зовсім коректним, адже ремонт системи чи окремих її виробів продовжує технічний ресурс (або термін служби) обладнання. Однак, зрозуміло, що це «продовження» не може тривати до нескінченності, адже з часом обладнання все ж таки старіє, як фізично, так і морально. Отже, може настати момент, коли інтенсивність відмов різних елементів ССА почне різко зростати, що вкрай негативно вплине на рівень безпеки польотів на етапі візуального пілотування. Зрозуміло, що цю подію вкрай важливо передбачити та попередити.

Метою даної роботи є формулювання ознак критерію граничного стану ССА та її підсистем для визначення та запобігання моменту переходу до нього, що необхідно для підтримання прийнятних рівнів ризиків щодо безпеки польотів на етапі візуального пілотування.

Вважається, що світлосигнальна система, яка правильно функціонує та обслуговується відповідно до затвердженої стратегії технічного обслуговування і ремонту, автоматично забезпечує прийнятний рівень безпеки польотів (ризиків) на етапі візуального пілотування. За умови, також, правильного функціонування наземного аеронавігаційного обладнання, бортового обладнання ПС і відсутності помилок екіпажу.

Правильне функціонування ССА можливе при виконанні двох основних умов, що є подіями випадкового характеру і характеризуються певними ймовірностями. Перша – це ймовірність застати ССА у працездатному стані на кінцевій ділянці заходу на посадку, а друга – це ймовірність безвідмовної роботи ССА під час усього етапу візуального пілотування ПС.

Для запобігання зайвому ускладненню, такі етапи візуального пілотування, як руління і зліт, можуть поки не розглядатися. Зліт може бути відкладений до відновлення працездатного стану ССА, тобто він не буде виконуватися, якщо ССА перебуває у непрацездатному стані. Руління ПС може здійснюватися за машиною супроводу на зниженій швидкості і, в разі необхідності, при обмеженій кількості ПС, що одночасно виконують руління.

Ймовірністю відмови ССА саме під час візуального пілотування також можна знехтувати, враховуючи короткочасність етапу візуального пілотування у діапазоні від 10 до 20 секунд в залежності від категорії заходу на посадку.

Таким чином, залишається тільки одна умова для забезпечення прийнятного рівня безпеки польотів на етапі візуального пілотування – це ймовірність застати світлосигнальну систему в працездатному стані на кінцевій ділянці заходу на посадку та при посадці. Це означає, що в якості першого і основного критерія граничного стану ССА доцільно використовувати такий комплексний показник надійності ССА, як стаціонарний коефіцієнт готовності.

Відповідно до [1] під коефіцієнтом готовності розуміється ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачене.

Зворотная величина – коефіцієнт неготовності (коефіцієнт простою) це ймовірність того, що об'єкт виявиться непрацездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачене.

Тобто, як раз саме коефіцієнт готовності і описує ймовірність настання тої основної умови, при якій ССА забезпечує прийнятний рівень безпеки польотів на етапі візуального пілотування. Періодичне визначення, моніторинг та аналіз значення коефіцієнта готовності ССА та її підсистем в процесі їх експлуатації дозволить мати об'єктивну та актуальну інформацію про вид технічного стану ССА та її підсистем. Аналіз змін значення коефіцієнту готовності, разом з аналізом терміну експлуатації та типів відмов елементів обладнання ССА, дозволить зробити припущення про початок переходу до граничного стану і вчасно запобігти цьому, не допустивши зростання ризиків щодо безпеки польотів на етапі візуального пілотування.

Здійснювати визначення та моніторинг коефіцієнта готовності ССА і її підсистем технічно не складно, адже сучасні регулятори яскравості автоматично фіксують та зберігають інформацію стосовно годин перебування елементів підсистем ССА у різних видах технічного стану. Оброблення цих статистичних даних дозволить отримувати значення стаціонарного коефіцієнту готовності за необхідний проміжок часу.

Про важливість визначення коефіцієнту готовності для ССА та її підсистем йдеться у Міжнародних стандартах та рекомендованій практиці ІСАО, документ [2], в якому наводиться формула для розрахунку готовності системи

$$A_0 = \frac{MTBF}{MTBF + MDT}$$

де: A_0 – коефіцієнт готовності об'єкта; $MTBF$ – середній наробіток об'єкта між відмовами; MDT – середній час відновлення працездатного стану об'єкта.

З наведеної формули видно, що для збільшення коефіцієнта готовності до необхідного значення є два шляхи. Перший – вибір світлосигнального обладнання з максимально високими показниками надійності, тобто вибір оптимального складу та якості обладнання на етапі його проектування або (модернізації чи реконструкції).

Другий шлях досягнення високих значень коефіцієнта готовності ССА – організація системи технічного обслуговування та ремонту ССА таким чином, щоб максимально скоротити час відновлення її працездатного стану (оптимізувати ефективність системи технічного обслуговування та ремонту ССА) Для цього потрібно мати достатню кількість авіаційних фахівців для обслуговування ССА, запас витратних матеріалів, необхідні інструменти та обладнання, запасні елементи, автомобіль та інші прилади для швидкого відновлення чи ремонту світлосигнальної системи. В обох випадках критерієм оптимальності виступає співвідношення «ціна\якість».

Виходячи з всього вищесказаного впливає доцільність встановлення ще одної ознаки критерію граничного стану ССА, а саме, економічної. В загальному її можна сформулювати наступним чином. Якщо за результатами розрахунків витрати на підтримання ССА в працездатному стані перевищують прибуток від її використання, робиться висновок про перебування ССА в граничному стані, що вимагає заміни старого обладнання на нове.

Практична реалізація такої оцінки економічної складової може виявитися досить не простою задачею, адже на дохід від діяльності аеродрому впливає багатьох факторів, і часно виявити його зменшення саме через перехід світлосигнального обладнання до граничного стану може бути не легко. Можливим виходом з цієї ситуації може бути періодична оцінка значення коефіцієнту готовності з одночасною принаймні приблизною оцінкою обсягу, трудомісткості та вартості робіт з технічного обслуговування та ремонту світлосигнальної системи, тобто приблизною оцінкою вартості витрат на її підтримання в працездатному стані. Також, має враховуватися відпрацьований термін служби (технічний ресурс) обладнання або час, протягом якого

використовується світлосигнальне обладнання з моменту останньої перевірки виду його технічного стану або продовження терміну служби (ресурсу).

У випадку, якщо обладнання використовується за межами гарантованого заводом виробником терміну служби, а підтримання його коефіцієнту готовності на прийнятному рівні або неможливо, або стає економічно не вигідно (про що свідчить зростання затрат на технічне обслуговування та ремонт світлосигнального обладнання), можна зробити висновок про перехід певних елементів обладнання ССА або всієї системи в цілому до граничного стану.

Висновки

1. В якості основної ознаки критерію граничного стану ССА та її підсистем пропонується обрати комплексний показник надійності – нестационарний коефіцієнт готовності. Додатковою ознакою критерію граничного стану ССА та її підсистем можуть бути зростання економічних витрат на технічне обслуговування та ремонт елементів ССА.

2. Обґрунтування та затвердження прийнятного рівня коефіцієнту готовності ССА, виходячи з прийнятного рівня ризиків на етапі візуального пілотування, дозволить проводити періодичну оцінку цього показника та попередження його зростання і тим самим збільшення ризику щодо безпеки польотів на етапі візуального пілотування.

3. Моніторинг обох ознак граничного стану ССА та її підсистем дозволить попередити їх перехід до цього стану, а значить і запобігти небажаному зростанню ризику щодо безпеки польотів на етапі візуального пілотування через підвищення ризику відмови ССА.

Список літератури

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Чинний від 01.01.1995р.

2. Annex 14 to the Convention of civil aviation. Aerodromes. Volume I. Aerodrome Design and Operations. - 9th edition, July 2022. International Civil Aviation Organization.