

## АВІОНІКА ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 656.71.628.984

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ АЕРОДРОМІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

С. С. Ільєнко, канд. техн. наук.

Національний авіаційний університет

Ilyenko\_antk@ukr.net

*Забезпечення необхідного рівня надійності світлосигнальних систем аеродромів проводиться на всіх етапах її життєвого циклу: проектуванні, виробництві, сертифікації, а також під час експлуатації та оцінювання технічного стану. На всіх зазначених етапах для елементів світлосигнальних систем аеродромів потрібно сформулювати вимоги щодо надійності, і визначити відповідність їх цим вимогам.*

**Ключові слова:** світлосигнальна система аеропорту; надійність; повітряне судно; система аеродромних вогнів; дистанційне керування.

*Providing the necessary level of reliability lighting systems airfields in all stages of its life cycle: design, production, certification, and during the operation in the evaluation of technical condition. At all these stages for the elements airfield lighting systems to formulate the requirements for reliability, and to determine their compliance with these requirements.*

**Keywords:** airport lighting system; reliability; aircraft; aerodrome lighting system; a remote control.

#### Вступ

Одним з головних завдань, що стоять перед цивільною авіацією, є забезпечення високого рівня безпеки та регулярності польотів повітряних суден (ПС). В умовах обмеженої дальності видимості світлосигнальної системи аеропорту (ССА) є для екіпажу ПС єдиним джерелом візуальної інформації на найбільш відповідальному етапі польоту — етапі візуального пілотування. Відповідно з державним стандартом України ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення», надійність ССА визначається як властивість ССА, що відображає її здатність виконувати необхідні функції протягом заданого проміжку часу в заданих умовах експлуатації, технічного обслуговування, зберігання і транспортування. Надійність є комплексною властивістю, що залежно від призначення і умов його застосування може включати в себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість або певні поєднання цих властивостей. Для питань експлуатації ССА найважливішими є безвідмовність та ремонтпридатність. Також

ССА повинні мати дистанційне управління світлосигнальним обладнанням з отриманням необхідної сигналізації про роботу системи та її окремих елементів відповідно до документації на тип обладнання.

#### Постановка задачі дослідження

Завданням дослідження є показники надійності і ремонтпридатності ССА, а також світлотехнічні характеристики світлосигнального обладнання підсистем ССА. Системи світлосигнального обладнання поділяються на:

– системи вогнів малої інтенсивності (ОМІ) за інтенсивністю, складом, характеристиками та схемами розташування вогнів, призначені для установки на злітно-посадковій смугі, обладнаної для забезпечення візуальних заходів на посадку і посадку за приладами;

– системи з вогнями високої інтенсивності (ОВІ), за складом, характеристиками та схемами розташування, призначені для установки на злітно-посадковій смугі, обладнаної для забезпечення точного заходу на посадку за категоріями I, II і III (ОВІ-1, ОВІ-2, ОВІ-3).

Склад світлосигнального обладнання для посадки, зльоту та руління, що входить в різні системи, наведено в таблиці [5], (плюсом позначено

наявність тієї чи іншої групи вогнів у системі, а мінусом їх відсутність).

**Склад світлосигнального обладнання аеропорту**

Найменування підсистем вогнів	Светосигнальные системы			
	ОМІ	ОВІ-I	ОВІ-II	ОВІ-III
Вогні наближення і світлових горизонтів	+	+	+	+
Бічні вогні наближення	-	-	+	+
Вхідні вогні	+	+	+	+
Глісадні вогні	+	+	+	+
Вогні знаку приземлення	+	+	+	+
Посадкові вогні	+	+	+	+
Осьові вогні ВПС	-	+	+	+
Вогні зони приземлення	-	-	+	+
Обмежувальні вогні	+	+	+	+
Імпульсні вогні наближення	-	-	+	+

Надійність ССА повністю визначається надійністю її складових елементів — підсистем ССА та системи управління ССА.

Надійність підсистем ССА визначається надійністю їх елементів — аеродромних вогнів і підсистеми електропостачання аеродромних вогнів. Працездатний стан ССА (стан повної працездатності ССА) — це такий стан ССА, при якому всі її елементи працездатні, або їх існуючі відмови не виключають можливості її використання в метеоумовах встановленої для неї категорії. Аналогічно визначається працездатний стан підсистеми ССА.

Слід звернути увагу на те, що за наведеними визначеннями ССА та її підсистеми можуть перебувати в працездатному стані навіть у тому випадку, коли певна частина їх елементів відмовила.

Таким чином, ССА та її підсистеми є об'єктами з резервуванням. Оскільки всі елементи ССА та її підсистем працюють в однаковому режимі, вказане резервування є навантаженим. Процеси відмови і відновлення ССА, її підсистем і елементів є випадковими процесами, тому визначення надійності ССА ведеться за допомогою засобів теорії ймовірностей. У процесі порів-

няльного аналізу отриманих результатів, слід вважати, що підсистема аеродромних вогнів показники надійності якої визначені, забезпечує необхідний рівень безпеки польотів, якщо ймовірність її відмови за час використання є менш  $10^{-3} - 10^{-4}$  [4]. Приклад [5] розташування вогнів наближення та вхідних вогнів схеми точного заходу на посадку по II та III категорії (ОВІ-2, ОВІ-3) показано на рис. 1.

#### **Склад та схеми надійності систем та елементів ССА**

Розглянемо підсистеми ССА (ПССА). Кожна з них складається з двох складових частин: підсистеми аеродромних вогнів і підсистеми електропостачання аеродромних вогнів. Відмова підсистеми аеродромних вогнів може виникнути з двох причин: відмови самих аеродромних вогнів з певних внутрішніх причин (відмова джерела світла, оптичної системи або арматури вогню та ін.); відмови підсистеми електропостачання аеродромних вогнів.

Відмова підсистеми електропостачання аеродромних вогнів розглядається як самостійна подія. Структурна схема надійності ССА має такий вигляд (рис. 2).

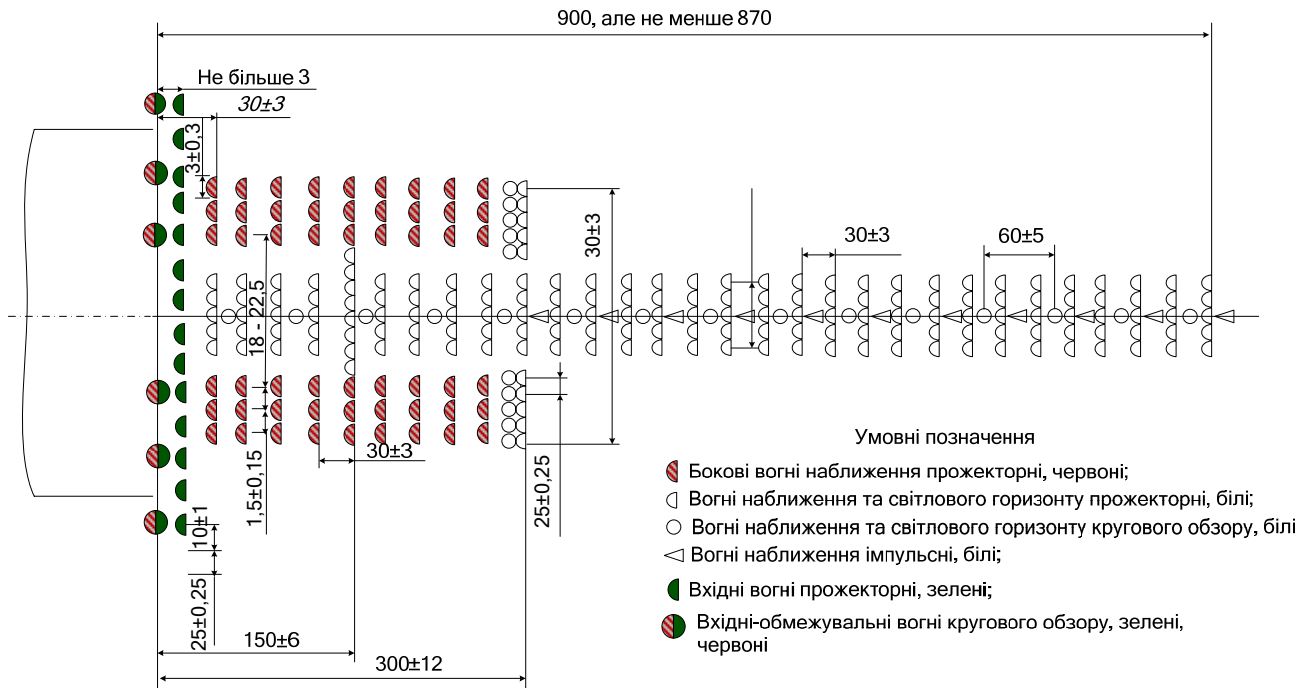


Рис. 1. Розміщення вогнів наближення і вхідних вогнів схеми точного заходу на посадку по II та III категорій (ОВІ-2, ОВІ-3. Розміри вказані в метрах)

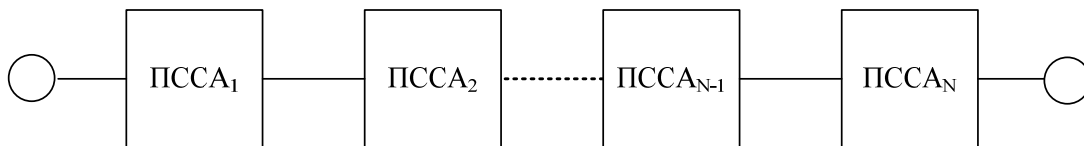


Рис. 2. Структурна схема надійності ССА

Залежно від типу ССА та підсистеми до її складу можуть входити одна або кілька кабельних мереж. Кабельна мережа — це послідовний електричний ланцюг, що складається з первинних обмоток, ізолюючих трансформаторів і відрізків з'єднувального кабелю (ЗК), призначений для передачі електричної енергії від регулятора яскравості до аеродромних вогнів. До складу кабельної мережі входить також регулятор яскравості. За допомогою регулятора яскравості здійснюється управління силою струму в кабельній мережі та відповідне управління силою світла аеродромних вогнів. Ізолюючі трансформатори здійснюють перетворення напруги і сили струму, що діють в кабельній мережі до значень, необхідних для електропостачання джерел світла аеродромного вогню, а також забезпечують відсутність відмови кабельної мережі у разі відмови відповідного аеродромного вогню. Відрізки з'єднувального кабелю з'єднують ізолюючі транс-

форматори в послідовний електричний ланцюг вхідні клеми якого підключаються до регулятора яскравості. Структурна схема надійності кабельної мережі зображена рис. 3. Як видно з рисунку, відмова регулятора яскравості або будь-якого з відрізків ЗК призводить до відмови кабельної мережі в цілому. У структурну схему надійності не ввійшли такі її елементи як ізолюючі трансформатори, оскільки відмова первинної обмотки ізолюючого трансформатора вважається рідкісною подією. Якщо до складу підсистеми електропостачання аеродромних вогнів входять дві або більше кабельних мереж, то вони можуть резервувати один одного.

На рис. 4 і 5 наведені структурні схеми надійності підсистеми електропостачання аеродромних вогнів, до складу яких входять дві і три кабельні лінії (КЛІ) і відмова однієї з кабельних ліній є припустимою в певних випадках, коли метеоумови аеродрому є простими.

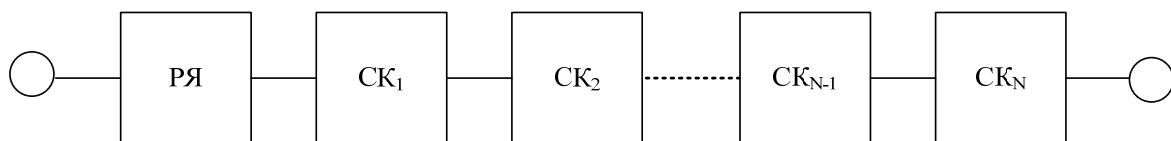


Рис. 3. Структурна схема надійності кабельної мережі

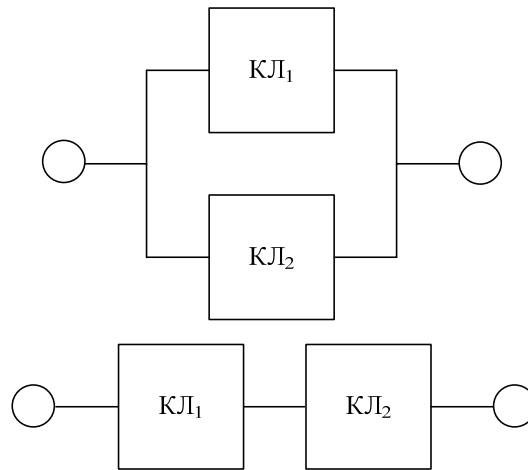


Рис. 4. Структурні схеми надійності підсистеми електропостачання аеродромних вогнів з двома кабельними лініями

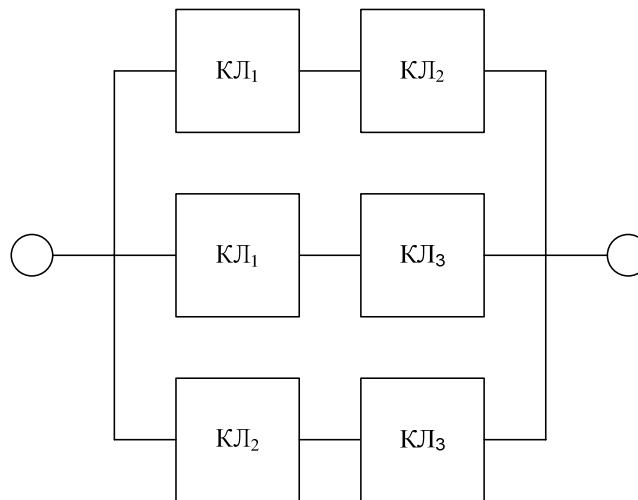


Рис. 5. Структурна схема надійності підсистеми електропостачання аеродромних вогнів з трьома кабельними лініями

Якщо одна з кабельних мереж відмовила і це не призвело до відмови підсистеми електропостачання аеродромних вогнів, то такий стан цієї підсистеми визначається як стан зниженої працездатності. Під час експлуатації підсистема електропостачання аеродромних вогнів є відновлюваною системою. Інформація про відмову будь-якої кабельної лінії відразу надходить до диспетчера і, якщо вона призводить до відмови ПССА та ССА в цілому, то повітряним суднам дається команда залишатися в повітрі і починається аварійне від-

новлення працездатного стану підсистеми. Після його проведення виконання польотів триває. ПССА [ 4] являє собою сукупність елементів — аеродромних вогнів, розміщених на території аеродрому за певною схемою як показано на рис. 1.

Аеродромний вогонь складається з таких елементів як ізолюючий трансформатор (ІТ), джерело світла (ДС), оптична система (ОС). Структурна схема надійності аеродромного вогню зображено на рис. 6.

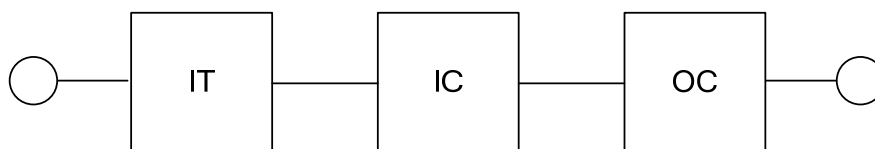


Рис. 6. Структурна схема надійності аеродромного вогню

Відмова двох кабельних мереж в підсистемі електропостачання аеродромних вогнів з двома або трьома кабельними мережами завжди призводить до її переходу в непрацездатний стан.

Відмова будь-якого з елементів аеродромного вогню призводить до його відмови в цілому.

Підсистема аеродромних вогнів є складною системою з великою кількістю елементів які резервують один одного. Під час експлуатації підсистема аеродромних вогнів вважається не відновлювальною системою. Таким чином, ПССА під час експлуатації є системою, що складається з двох підсистем: відновлюваної підсистемі електропостачання аеродромних вогнів і не відновлюваної підсистемі аеродромних вогнів.

Для кількісної оцінки надійності ССА та її підсистем використовується номенклатура показників надійності [1; 3], до якої увійшли показники, що характеризують ССА та її підсистем. До даної номенклатури входять такі показники безвідмовності:

– імовірність безвідмовної роботи об'єкта за період часу використання,  $P(t_{\text{вик}})$ ;

– імовірність відмови об'єкта за період часу використання,  $Q(t_{\text{вик}})$ ;

– середнє напрацювання об'єкта на відмову,  $T_{\text{в}}$ ;

– середнє календарне напрацювання об'єкта на відмову,  $T_{\text{вк}}$ .

Показники ремонтпридатності:

– середня тривалість відновлення працездатного стану об'єкта,  $T_{\text{в}}$ ;

Комплексні показники надійності:

– коефіцієнт готовності об'єкта,  $K_{\text{г}}$ ;

– коефіцієнт неготовності об'єкта,  $K_{\text{нг}}$ .

Вплив надійності ПССА на рівень безпеки польотів ПС оцінюється за допомогою показника ймовірності виникнення особливої ситуації з вини ССА при візуальному пілотуванні ПС,  $Q_{\text{ос}}(t)$ .

### Висновки

Необхідна надійність ССА є основною умовою для виконання безпечних і регулярних польотів на етапі візуального пілотування в про-

стих і складних метеоумовах на аеродромах цивільної авіації.

Рівень надійності обладнання, що входить до складу ССА, визначає терміни і обсяг проведення експлуатаційних заходів з підтримання його в працездатному стані, планового технічного обслуговування і ремонту. Від надійності ССА залежать також необхідні ресурси служби електросвітлотехнічного забезпечення польотів (ЕСТЗП) — потрібна кількість працівників служби, кількість запчастин, інструментів і засобів, необхідних для швидкого відновлення працездатного стану ССА.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Системи та комплекси авіаційного обладнання. Надійність та експлуатація. Терміни та визначення: ДСТУ 3589-97 — К.: Київстандарт, 1997, — С. 28.

2. Ломоносов В. Ю. Электротехника / В. Ю. Ломоносов. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 400 с.

3. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. — К.: Київстандарт, 1996.

4. Электро-светосигнальное оборудование аэродромов / Ю. В. Фрид, Ю. К. Величко, В. Д. Козлов и др. — М.: Воздуш. транспорт, 1988. — 315 с.

5. ВСН 8-86. Пособие по проектированию объектов светосигнального и электрического оборудования систем посадки воздушных судов в аэропортах. — М.: Аэропроект, 1987.

### REFERENCES

1. GOST 3589-97. Systems and equipment of the air. Reliability and Maintenance. Terms and definitions. — K.: Kyivstandart, 1997. — P. 28.

2. Lomonosov V. Y., etc. Electrical Engineering. Energoatomizdat, 1990. — 400 p.

3. GOST 2860-94. Reliability engineering. Terms and definitions. — K.: Kyivstandart, 1996.

4. Frid Yu. V., Velichko J. K., Kozlov V. D., et al. Electrical Lighting equipment airfields. — M.: Air Transportation, 1988. — 315 p.

5. VSN 8-86. Manual of engineering objects lighting systems and electrical equipment aircraft landing at airports. — M.: Aeroproject, 1987.

Стаття надійшла до редакції 17.10.2013