

УДК 656.71.628.984

С. С. ІЛЬЄНКО

Національний авіаційний університет, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ВІДПОВІДНІСТЬ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗОВАНИХ СВІЛОСИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ АЕРОДРОМІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Найбільше число авіаційних пригод відбувається на етапі посадки повітряного судна і залежить не тільки від людського фактору та технічного стану літака, а й від умов дальності видимості і погодних умов у районі аеропорту. Саме світлосигнальна система аеродрому забезпечує візуальну взаємодію екіпажу з «землею». Життєвий цикл світлосигнальних систем аеродромів (проектування, виробництво, сертифікація, експлуатація) забезпечується необхідним рівнем надійності і відповідністю світлотехнічних характеристик світлосигнального обладнання. Сучасні вимоги нормативно-технічної документації регламентують експлуатацію з урахуванням автоматизації управління світлосигнальними системами аеродромів, у тому числі і при проведенні оцінки технічного стану.

Ключові слова: світлосигнальна система аеродрому, вогонь, вогні малої інтенсивності, вогні високої інтенсивності, показники надійності підсистеми світлосигнальної системи аеродрому, сила світла, яскравість, кольоровість, дистанційне керування.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз літератури

Необхідний ІКАО (International Civil Aviation Organization) рівень безпеки і регулярності польотів повітряних суден (ПС) є однією з головних завдань, що стоять перед цивільною авіацією. Однією з ланок у ланцюгу забезпечення безпеки та регулярності польотів ПС є світлосигнальна система аеродрому (ССА). Саме ССА є єдиним джерелом візуальної інформації для екіпажу ПС на найбільш відповідальному етапі польоту - етапі візуального пілотування. Оскільки, згідно статистичних даних, найбільше число авіаційних пригод відбувається на етапі посадки ПС і залежить в більшості випадків від умов дальності видимості та погодних умов у районі аеропорту, саме ССА забезпечує візуальну взаємодію екіпажу з «землею». Надійність ССА регламентована ДСТУ України 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення» і є комплексною властивістю, що включає в себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість або певні поєднання цих властивостей. Якість світлотехнічних характеристик ССА регламентовано низкою стандартів, в тому числі ІКАО [1, 2, 4], які спрямовані на забезпечення необхідного рівня надійності та якості електросвітлотехнічних характеристик (споживана потужність, яскравість, кольоровість, сила і інтенсивність світла, та ін.).

Автоматизація ССА забезпечується шляхом дистанційного управління світлосигнальним обладнанням з отриманням необхідної сигналізації про роботу системи та її окремих елементів відповідно з

документацією на тип обладнання.

Мета статті

Метою даної статті є аналіз та відповідна характеристика вимог до надійності ССА та її світлотехнічних характеристик. Дані вимоги повинні відображати здатність виконувати необхідні ССА функції протягом заданого проміжку часу в заданих умовах експлуатації, технічного обслуговування, зберігання і транспортування елементів обладнання ССА.

Постановка завдання

Будь-яка ССА складається з двох підсистем: електропостачання аеродромних вогнів та самих аеродромних вогнів. В свою чергу ССА характеризуються наявністю в системі того чи іншого обладнання, та розділяється на:

- системи вогнів малої інтенсивності (ВМІ) за інтенсивністю, складом, характеристиками і схемами розташування вогнів, призначені для установки на злітно-посадковій смугі (ЗПС), обладнані для забезпечення візуальних заходів на посадку і посадки за приладами;

- системи з вогнями високої інтенсивності (ВВІ), за складом, характеристиками і схемами розташування, призначені для установки на ЗПС, обладнані для забезпечення точного заходу на посадку за категоріями I, II і III (ВВІ - 1, ВВІ -2, ВВІ -3).

Завданням дослідження являються: світлотехнічні характеристики світлосигнального обладнання підсистем ССА та показники надійності підсистем ССА.

Основна частина

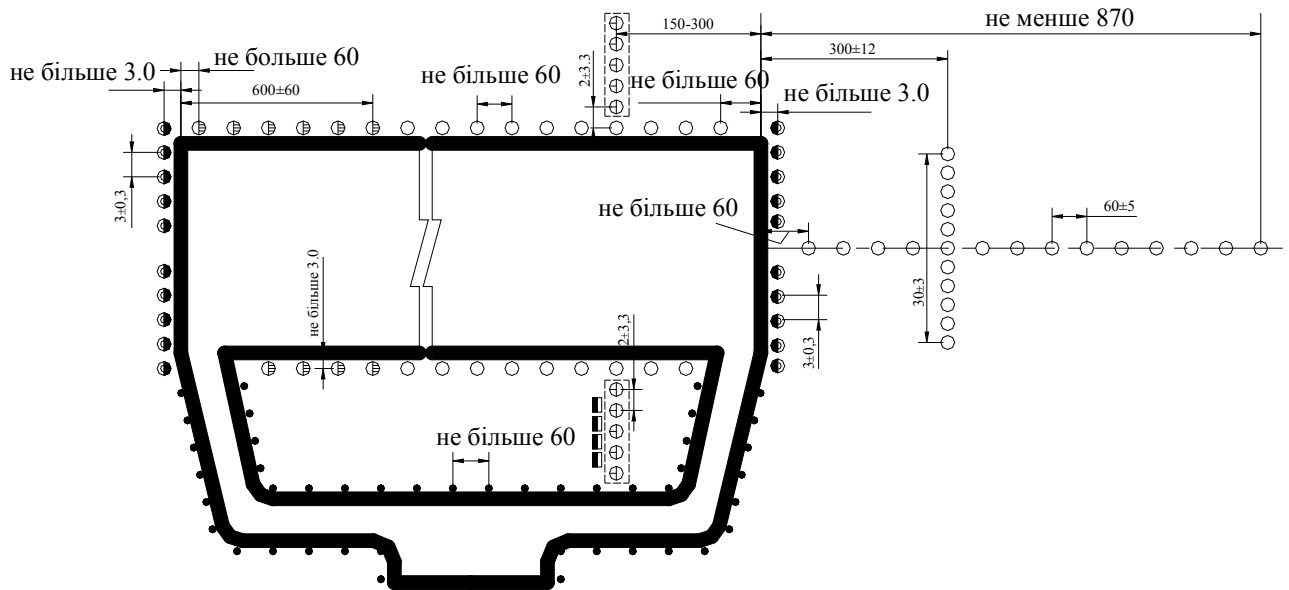
Характеристики вогнів ССА

Склад світлосигнального обладнання для зльо-

ту, посадки та рулювання, що входить в різні ССА, наведені на рис. 1, 2, 3 [7].

Вогні наближення служать для вказівки пілотові ПС напрямлення на осьову лінію ЗПС в умовах поганої видимості (випромінюють біле світло). *Вог-*

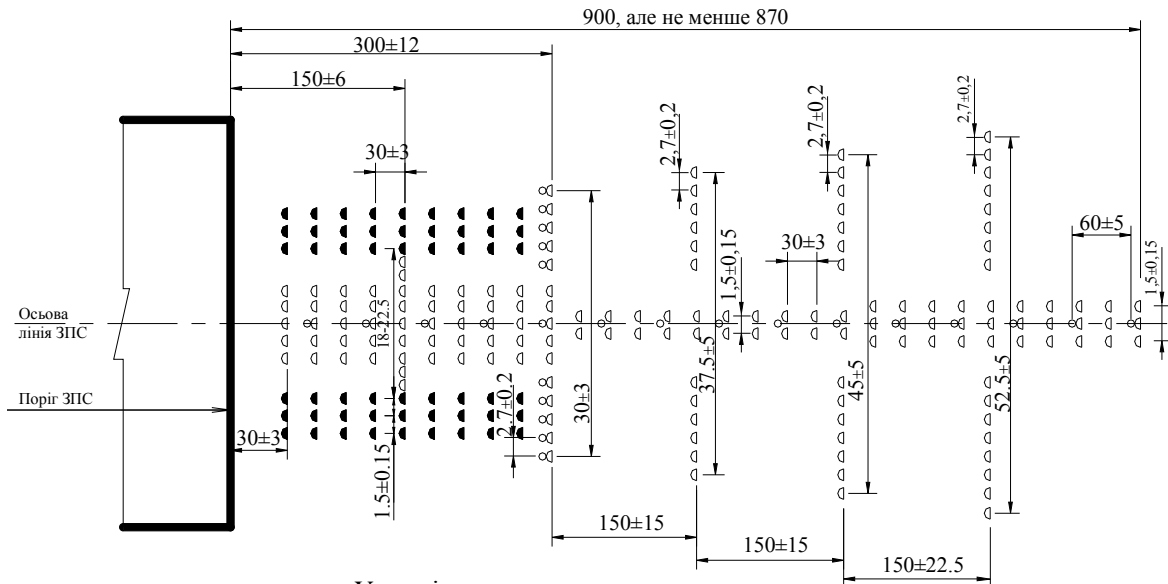
ні світлових горизонтів призначені для створення штучного горизонту з метою орієнтування пілота про становище ПС в поперечному напрямку (до природного горизонту) і випромінюють біле світло.



Умовні позначення:

- - вогні наближення, світлового горизонту та боковий вогні ЗПС, білий
- ⊙ - вхідний обмежувальний вогні, зелений, червоний
- ⊕ - боковий вогні ЗПС на останніх 600 м, жовтий білий
- - глісадний вогні;
- - руліжний вогні, синій
- ⊖ - вогні знаку приземлення кругового огляду з половиною заглишкою, білий

Рис. 1. Приклад схеми розміщення вогнів ЗПС точного заходу на посадку



Умовні позначення:

- ◐ - вогні наближення та світлового горизонту прожекторні, білі;
- - вогні наближення та світлового горизонту кругового огляду, білі;
- ◑ - бічні вогні наближення, червоні.

Рис. 2. Приклад схеми розміщення вогнів наближення та світлового горизонту ЗПС точного заходу на посадку II категорії

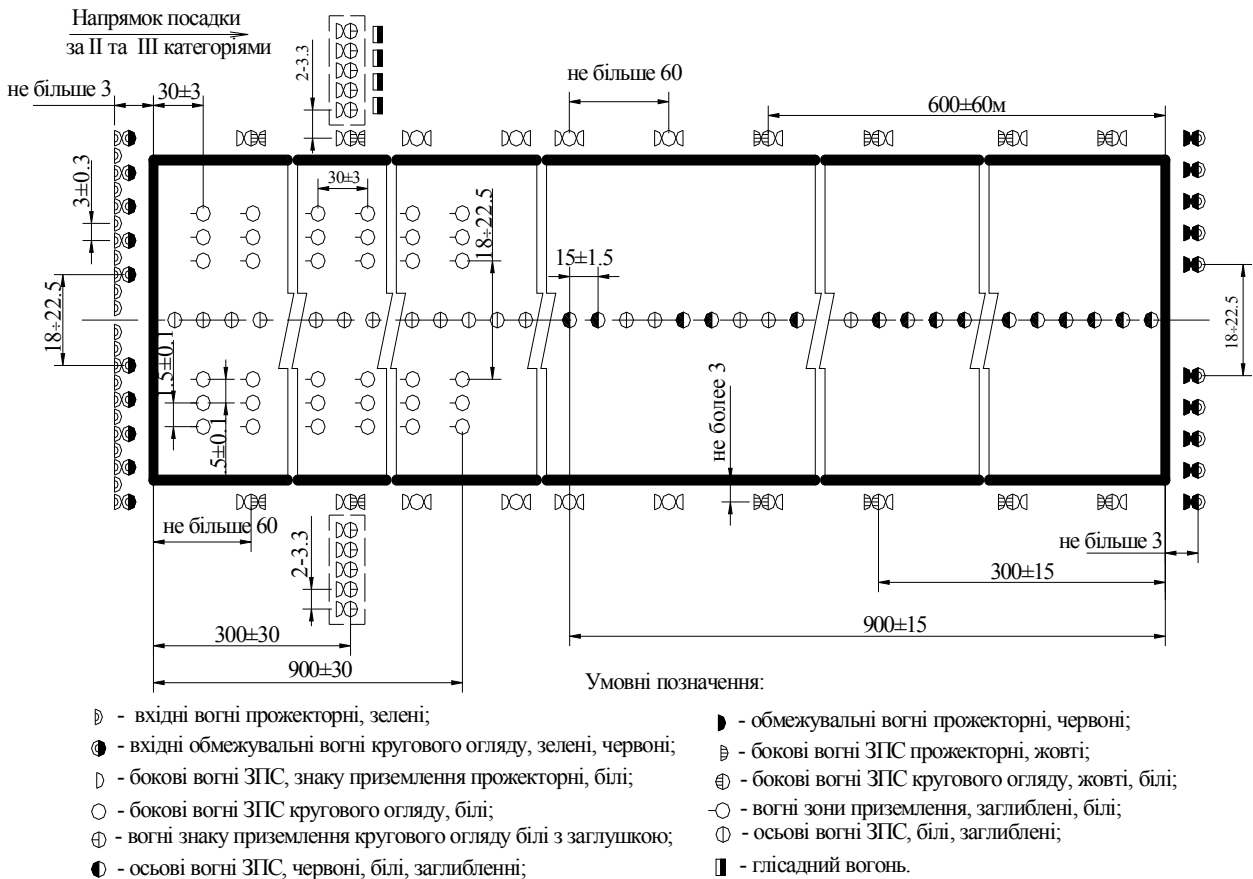


Рис. 3. Приклад схеми розміщення вогнів ЗПС точного заходу на посадку II та III категорії

Бічні вогні призначено для позначення кінцевої смуги безпеки і повинні випромінювати червоне світло. Вхідні вогні постійного та імпульсного випромінювання біля порогу ЗПС та флангові вогні призначено для вказівки порогу ЗПС і випромінюють зелене світло. Вогні знаку приземлення призначено для маркування місця приземлення і повинні випромінювати біле світло тільки в напрямку заходу на посадку. Бокові вогні ЗПС призначено для позначення бічних поздовжніх сторін ЗПС, вони повинні випромінювати біле світло, а на останніх 600 м ЗПС - жовте світло. Обмежувальні вогні призначено для позначення кінця ЗПС і повинні випромінювати червоне світло. Осьові вогні ЗПС призначено для світлового позначення осьової лінії ЗПС, а також для кодування ділянок ЗПС і повинні випромінювати червоне світло на ділянці 300 м від кінця ЗПС, що чергуються два білих і два червоних вогні на ділянці 300-900 м від кінця ЗПС і білий світ на решті частини ЗПС. Вогні зони приземлення призначено для світлового позначення поверхні ЗПС в зоні приземлення ЗПС і повинні випромінювати біле світло. Вогні маркування розширень ("кишень") ЗПС призначено для позначення меж розширення та повинні випромінювати жовте світло. У напрямку посадки вогні

повинні бути екрановані заглушками. Глісадні вогні призначено для вказівки візуальної глісади планування. Загороджувальні вогні призначено для світлового позначення перешкод і повинні випромінювати червоне світло. Бічні вогні рульової доріжки (РД) синього кольору призначено для позначення поздовжніх кордонів РД. Осьові вогні РД поглибленого типу, як правило, двонаправлені, зеленого кольору, призначено для забезпечення безперервного візуального орієнтування по осьовій лінії РД в складних метеоумовах. Осьові вогні швидкісних вивідних РД поглибленого типу, зеленого кольору призначено для забезпечення рулювання на великій швидкості з метою збільшення пропускну здатності ЗПС. На вивідний РД при русі від ЗПС встановлюються чергуються зелені і жовті вогні. Дані вогні, як правило, є двонаправленими (для руху в обох напрямках). Стоп-вогні поглибленого типу червоного кольору, призначено для заборони руху повітряних суден і транспортних засобів. Попереджувальні вогні поглибленого типу, жовтого кольору, застосовуються для завчасного попередження пілотів керуючих ПС про зупинки і закруглення РД на маршруті руління, а також перед перетинами РД, там, де необхідно позначити місце очікування ПС і де немає

необхідності в сигналах припинення та поновлення руху. *Стоп-сигнал* випромінює червоне світло і служить для заборони руху. *Старт-сигнал* випромінює зелене світло і служить для дозволу руху.

До складу ССА входять також *стрілочні покажчики керовані*, виконуються у вигляді світних стрілок жовтого кольору на транспаранті чорного кольору, що має форму квадрата, *некеровані знаки, обов'язкові знаки* - являють собою напис білого кольору на червоному фоні (виняток - керовані стрілочні покажчики, які можуть бути виконані в вигляді жовтої стрілки на чорному фоні), *вказівні знаки* - представлений або у вигляді напису жовтого кольору на чорному тлі або написи чорного кольору на жовтому фоні. Якщо знак використовується вночі в умовах погіршеної видимості, він повинен бути освітлений зсередини або, як виняток, зовні. Знак також може бути покритий речовиною, що відображає світло. До *вказівних знаків* відносяться знаки позначення РД, знаки місцезнаходження і знаки додаткової інформації. Знак додаткової інформації являє собою напис (напис зі стрілкою) білого кольору на синьому фоні. *Знак позначення РД* являє собою букву латинського алфавіту, відповідну найменування РД. *Знаки місцезнаходження* застосовуються для позначення напрямку руху, якого слід дотримуватися для прибуття на певну ділянку. Знаки місцезнаходження можуть вказувати напрямок -

на курс ЗПС, до перону, до РД, до аеровокзалу і т.д. Знак повинен складатися з позначення місця (РД, курс ЗПС, перон і т.д.) і стрілки, що вказує напрямки руху до нього. *Знак додаткової інформації* використовується при необхідності надання пілотам повітряних суден і водіям спецавтотранспорту інформації про розташування якого-небудь місця і, при необхідності, напрямки руху до нього. Являє собою напис (напис зі стрілкою) білого кольору на синьому фоні.

Якість кольору вогнів ССА

Світлове середовище є одним з основних факторів, що визначають зорову працездатність пілота, а також загальний емоційний стан при польотах в різних світлових та метеоумовах. Під світловим середовищем розуміється сукупність внутрішніх і зовнішніх світлових факторів, що впливають на зоровий аналізатор пілота в польоті. За допомогою зорового аналізатора пілот отримує понад 80 % інформації, необхідної для успішного виконання завдання. Колір вогнів ССА вибирається на підставі аналізу діючих умов Міжнародної комісії з світлотехніки (МКС) 1983 року. Характеристики хроматичної кольоровості повинні відповідати системі координат, прийнятої МКС на її восьмій сесії в Кембриджі (Англія) в 1931 році. Рис. 4 представляє визначення якості кольору відповідно до НТД [6].

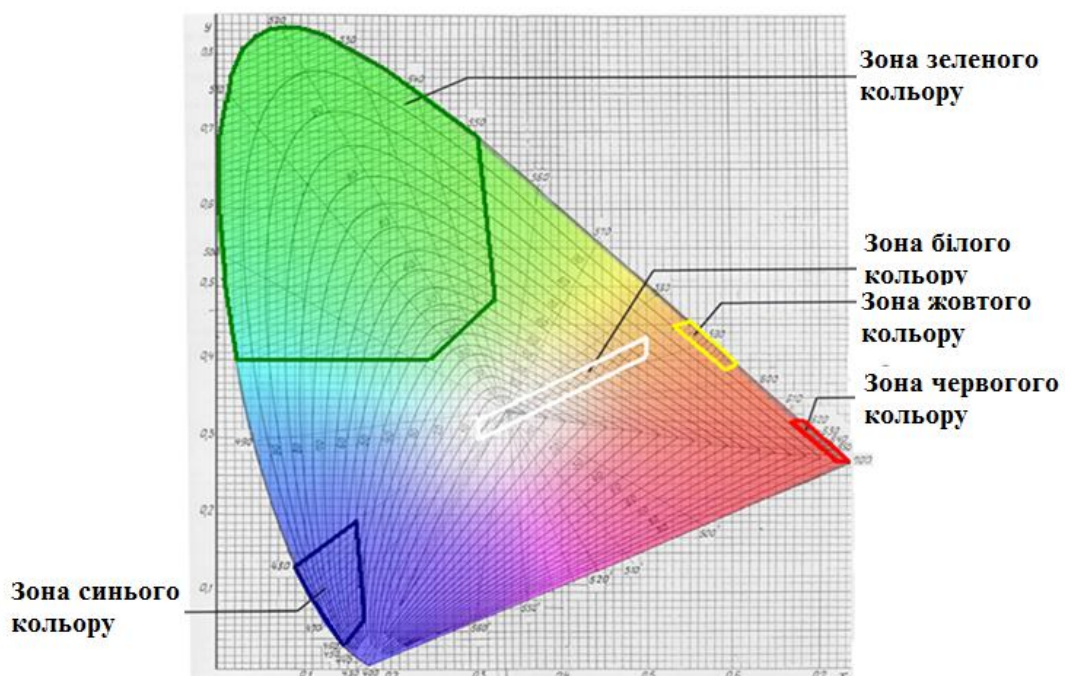


Рис. 4. Діаграма кольоровості згідно до системи координат, прийнятої СКС

Далі наведено спосіб визначення X та Y системи координат діаграми кольоровості, прийнятої МКС.

$$X = \frac{\sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{X}_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{X}_{\lambda} \Delta\lambda + \sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{Y}_{\lambda} \Delta\lambda + \sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{Z}_{\lambda} \Delta\lambda};$$

$$Y = \frac{\sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{Y}_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{X}_{\lambda} \Delta\lambda + \sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{Y}_{\lambda} \Delta\lambda + \sum_{\lambda=380}^{\lambda=760} \tau_{\lambda} P_{\lambda} \bar{Z}_{\lambda} \Delta\lambda};$$

(1)

де τ_{λ} - спектральний коефіцієнт пропускання; P_{λ} - спектральна щільність випромінювання джерела світла; $\bar{X}_{\lambda}, \bar{Y}_{\lambda}, \bar{Z}_{\lambda}$ - ординати кривих складання в колориметричній системі МКС 1931; λ - довжина хвилі, нм; $\Delta\lambda$ - інтервал вимірювання 5-10 нм.

Метод визначення відповідності кольоровості проводиться на основі обчислювальної обробки коефіцієнта кольоровості із застосуванням програмного забезпечення, розробленого під даний тип робіт. Координати кольоровості обробляються автоматично за допомогою комп'ютерного програмування після введення даних.

Характеристики хроматичності (кольоровості) аеронавігаційних наземних вогнів згідно діючих умов МКС знаходяться в таблиці 1.

Таблиця 1
Хроматичність (кольоровість) аеронавігаційних наземних вогнів

а) Червоний Площина пурпурного кольору	$y = 0,980 - x$ $y = 0,335$
б) Жовтий Площина червоного кольору Площина білого кольору	$y = 0,382$ $y = 0,790 - 0,667x$ $y = x - 0,120$
с) Зелений Площина жовтого кольору Площина білого кольору Площина синього кольору	$x = 0,360 - 0,080y$ $x = 0,650y$ $y = 0,390 - 0,171x$
д) Синій Площина зеленого кольору Площина білого кольору Площина пурпурного кольору	$y = 0,805x + 0,065$ $y = 0,400 - x$ $x = 0,600y + 0,133$
е) Білий Площина жовтого кольору Площина синього кольору Площина зеленого кольору Площина пурпурного кольору	$x = 0,500$ $x = 0,285$ $y = 0,440$ и $y = 0,150 + 0,640x$ $y = 0,050 + 0,750x$ и $y = 0,382$
ф) Змінно-білий Площина жовтого кольору Площина синього кольору Площина зеленого кольору Площина пурпурного кольору	$x = 0,255 + 0,750y$ и $x = 1,185 - 1,500y$ $x = 0,285$ $y = 0,440$ и $y = 0,150 + 0,640x$ $y = 0,050 + 0,750x$ и $y = 0,382$

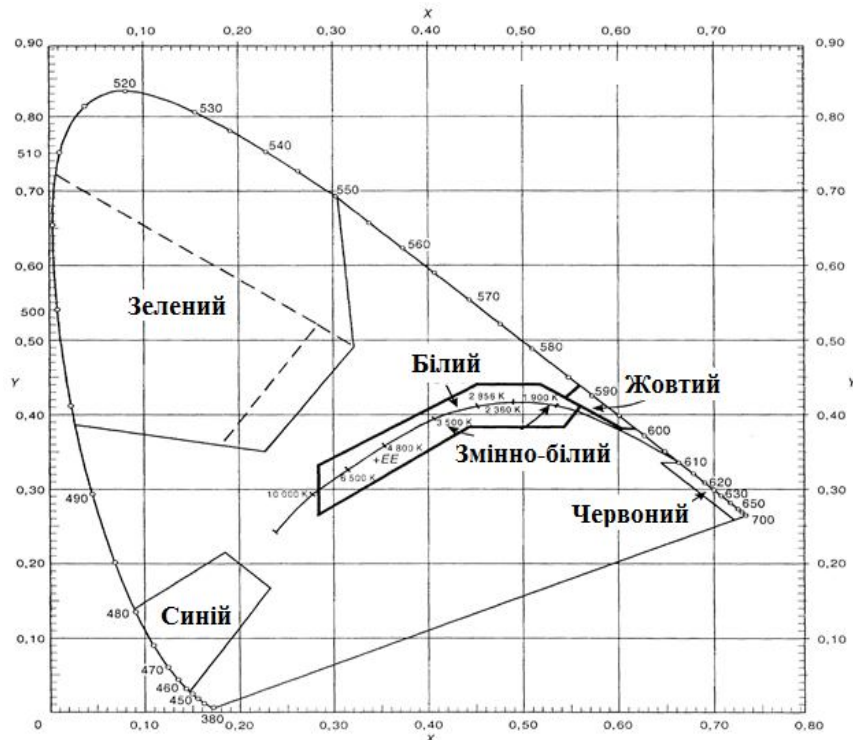


Рис. 5. Хроматичність (кольоровість) аеронавігаційних наземних вогнів в системі координат МКС

Дистанційне керування ССА

ССА мають дистанційне керування обладнанням з отриманням необхідної сигналізації про роботу системи та її окремих елементів. Необхідний обсяг апаратури дистанційного управління світлосигнальним обладнанням визначається для кожного конкретного аеродрому, виходячи зі складу керованого технологічного устаткування. Згідно НТД апаратура керування світлосигнальним обладнанням сформована таким чином:

- апаратура пунктів управління для світлосигнальних засобів, керованих диспетчерами посадки і руління;

- апаратура пунктів управління для світлосигнальних засобів, керованих диспетчером;

- апаратура контрольованих пунктів;

- мнемосхеми - у полі зору диспетчерів посадки, руління;

- панелі оперативного управління в пультах диспетчерів посадки, рулювання, старту.

При проектуванні обладнання трансформаторних підстанцій слід передбачати:

- дистанційне керування автономними агрегатами;

- сигналізацію черговому персоналу служби експлуатації про наявність напруги на зовнішніх джерелах живлення;

- сигналізацію про включення дизель-електричних агрегатів та їх аварійного стану.

Методика визначення показників надійності підсистем ССА

Розглянемо методику визначення показників надійності підсистем ССА. Оскільки ССА складається з двох підсистем: електропостачання аеродромних вогнів і самих аеродромних вогнів то працездатний стан забезпечується тільки тоді, коли обидві підсистеми знаходяться в працездатному стані.

Ймовірність безвідмовної роботи підсистеми ССА $P_{ПССА}(t_{\text{вик}})$ за час використання розраховується по формулі:

$$P_{ПССА}(t_{\text{вик}}) = P_{ПЕАВ}(t_{\text{вик}}) \cdot P_{ПАВ}(t_{\text{вик}}), \quad (2)$$

де $P_{ПЕАВ}(t_{\text{вик}})$ - імовірність безвідмовної роботи підсистеми електропостачання аеродромних вогнів за час використання; $P_{ПАВ}(t_{\text{вик}})$ - імовірність безвідмовної роботи аеродромних вогнів за час використання.

Імовірність безвідмовної роботи $P_{ПЕАВ}(t_{\text{вик}})$ підсистеми ССА за час використання визначається за формулою:

$$P_{ПЕАВ}(t_{\text{вик}}) = P_{КМ}(t_{\text{вик}})^{N_{КМ}}, \quad (3)$$

де: $N_{КМ}$ - кількість кабельних мереж у підсистемі; $P_{КМ}(t_{\text{вик}})$ - імовірність безвідмовної роботи кабельної мережі за час використання.

Кабельна мережа знаходиться у працездатному стані в тому випадку, коли всі її елементи знаходяться у працездатному стані.

Імовірність безвідмовної роботи кабельної мережі за час використання $P_{КМ}(t_{\text{вик}})$ визначається за формулою:

$$P_{КМ}(t_{\text{вик}}) = P_{РЯ}(t_{\text{вик}}) \cdot P_{ВЗК}(t_{\text{вик}})^{N_{ВЗК}}, \quad (4)$$

де: $P_{РЯ}(t_{\text{вик}})$ - імовірність безвідмовної роботи регулятора яскравості за час використання; $P_{ВЗК}(t_{\text{вик}})$ - імовірність безвідмовної роботи відрізків з'єднувального кабелю; $N_{ВЗК}$ - кількість відрізків з'єднувального кабелю.

Враховуючи експоненціальний закон розподілення середнього часу наробіток на відмову регуляторів яскравості та відрізків з'єднувального кабелю, імовірності їх безвідмовної роботи за час використання визначаються за відповідними формулами:

$$P_{РЯ}(t_{\text{вик}}) = e^{-\frac{t}{T_{ОРЯ}}}, \quad (5)$$

$$P_{ВЗК}(t_{\text{вик}}) = e^{-\frac{t}{T_{ОВЗК}}}. \quad (6)$$

Беручи до уваги враження (4) та (5), формулу (3) можна також переписати у більш зручному для розрахунку вигляді:

$$P_{КМ}(t_{\text{вик}}) = e^{-t_{\text{вик}} \left(\frac{1}{T_{ОРЯ}} + \frac{N_{ВЗК}}{T_{ОВЗК}} \right)}. \quad (7)$$

Імовірність відмови кабельної мережі $Q_{КМ}(t_{\text{вик}})$ за час використання розраховується за формулою:

$$Q_{КМ}(t_{\text{вик}}) = 1 - P_{КМ}(t_{\text{вик}}). \quad (8)$$

Імовірність відмови підсистеми електропостачання аеродромних вогнів $Q_{ПЕАВ}(t_{\text{вик}})$ розраховується за формулою:

$$Q_{ПЕАВ}(t_{\text{вик}}) = 1 - P_{ПЕАВ}(t_{\text{вик}}). \quad (9)$$

Перейдемо до розглядання підсистеми аеродромних вогнів.

Аеродромний вогонь знаходиться у працездатному стані в тому випадку, коли всі його елементи знаходяться у працездатному стані. Імовірність безвідмовної роботи аеродромного вогню $P_{AB}(t_{вик})$ за час використання визначається за формулою:

$$P_{AB}(t_{вик}) = P_{ДС}(t_{вик}) \cdot P_{ОС}(t_{вик}) \cdot P_{ІТ}(t_{вик}), \quad (10)$$

де $P_{ДС}(t_{вик})$ - ймовірність безвідмовної роботи джерела світла за час використання;

$P_{ОС}(t_{вик})$ - ймовірність безвідмовної роботи оптичної системи за час використання;

$P_{ІТ}(t_{вик})$ - ймовірність безвідмовної роботи ізолюючого трансформатора за час використання.

Враховуючи експоненціальний закон розподілення середнього часу наробітки на відмову регуляторів яскравості та відрізків з'єднувального кабелю, імовірності їх безвідмовної роботи за час використання визначаються за відповідними формулами:

$$\begin{aligned} P_{ДС}(t_{вик}) &= e^{-\frac{t}{T_{оДС}}}, \\ P_{ОС}(t_{вик}) &= e^{-\frac{t}{T_{оОС}}}, \\ P_{ІТ}(t_{вик}) &= e^{-\frac{t}{T_{оІТ}}}. \end{aligned} \quad (11)$$

Беручи до уваги вираз (10), формулу (9) можна також переписати у більш зручному для розрахунку вигляді:

$$P_{AB}(t_{вик}) = e^{-t_{вик} \left(\frac{1}{T_{оДС}} + \frac{1}{T_{оОС}} + \frac{1}{T_{оІТ}} \right)}. \quad (12)$$

Імовірність безвідмовної роботи підсистеми аеродромних вогнів $P_{ПАВ}(t_{вик})$ за час використання при прийнятих критеріях відмови розраховується за формулою біноміального розподілення:

$$P_{ПАВ}(t_{вик}) = \sum_{i=N_{AB}-K_{max}}^{N_{AB}} \left(\frac{N_{AB}!}{(N_{AB}-i)!i!} \right) \times P_{AB}(t_{вик})^i \cdot Q_{AB}(t_{вик})^{N_{AB}-i}. \quad (13)$$

У наведеній формулі $Q_{AB}(t_{вик})$ - імовірність відмови аеродромного вогню за час використання, розраховується за формулою:

$$Q_{AB}(t_{вик}) = 1 - P_{AB}(t_{вик}).$$

Після знаходження всіх згаданих вище значень остаточний розрахунок $P_{ППСА}(t_{вик})$ виконується за формулою (1). Імовірність відмови підсистеми ССА - $Q_{ППСА}(t_{вик})$ за час використання розраховується за формулою:

$$Q_{ППСА}(t_{вик}) = 1 - P_{ППСА}(t_{вик}).$$

Коефіцієнт готовності підсистеми аеродромних вогнів ССА $K_{ГППСА}$ в цілому розраховується як імовірність того, що підсистема електропостачання аеродромних вогнів у будь який момент часу t буде знаходитися у працездатному стані, а підсистема аеродромних вогнів безвідмовно пропрацює на інтервалі часу від початку використання до t . Формула має такий вигляд:

$$K_{ГППСА} = K_{ГПЕАВ} \cdot P_{ПАВ}(t_{вик}). \quad (14)$$

Коефіцієнт готовності підсистеми електропостачання аеродромних вогнів $K_{ГПЕАВ}$ при проектуванні розраховується, як імовірність застати підсистему електропостачання аеродромних вогнів у працездатному стані у будь який час, не враховуючи час, спеціально відведений на проведення технічного обслуговування та ремонту. Згідно зі структурною схемою надійності підсистеми електропостачання аеродромних вогнів розрахункова формула для цього показника має такий вигляд:

$$K_{ГПЕАВ}(t) = K_{ГРЯ}^{N_{РЯ}}(t) \cdot P_{ВЗК}^{N_{ВЗК}}(t). \quad (15)$$

де $K_{ГРЯ}$ - коефіцієнт готовності регулятора яскравості; $N_{РЯ}$ - кількість регуляторів яскравості у підсистемі електропостачання аеродромних вогнів; $P_{ВЗК}(t)$ - імовірність безвідмовної роботи відрізків з'єднувального кабелю за час використання; $N_{ВЗК}$ - кількість відрізків з'єднувального кабелю у підсистемі аеродромних вогнів.

При цьому коефіцієнт готовності регулятора яскравості - $K_{ГРЯ}$ визначається за формулою:

$$K_{ГРЯ} = \frac{\lambda_{РЯ} \cdot e^{-(\lambda_{РЯ} + \mu_{РЯ}) \cdot t_{вик}}}{\lambda_{РЯ} + \mu_{РЯ}} + \frac{\mu_{РЯ}}{\lambda_{РЯ} + \mu_{РЯ}}, \quad (16)$$

де $\lambda_{р\text{ря}}$ інтенсивність відмов регулятора яскравості;
 $\mu_{р\text{ря}}$ інтенсивність встановлення регулятора яскравості.

Значення $\lambda_{р\text{ря}}$ та $\mu_{р\text{ря}}$ можуть бути визначені за допомогою формул (17):

$$\lambda_{р\text{ря}} = \frac{1}{T_{Ор\text{ря}}}, \quad \mu_{р\text{ря}} = \frac{1}{T_{Вр\text{ря}}}. \quad (17)$$

За аналогічними формулами визначається коефіцієнт готовності відрізків з'єднувального кабелю - $K_{ГВЗК}$, тільки замість $T_{Ор\text{ря}}$, $T_{Вр\text{ря}}$ беруться відповідні значення $T_{ОВЗК}$, $T_{ВВЗК}$.

Коефіцієнт неготовності визначається за формулою:

$$K_{НГ\text{ССА}} = 1 - K_{Г\text{ССА}}.$$

Середній наробіток підсистеми ССА на відмову, $T_{О\text{ССА}}$ як періодично обслуговуваної та відновлюваної системи визначається за формулою:

$$T_{О\text{ССА}} = \frac{P_{\text{ППСА}}(t_{\text{вик}})}{Q_{\text{ППСА}}(t_{\text{вик}})} \cdot t_{\text{вик}}. \quad (18)$$

Під час використання підсистеми ССА за призначенням відновлюваною є тільки підсистема електропостачання аеродромних вогнів, тому час аварійного відновлення $T_{В}$ працездатного стану підсистеми ССА дорівнює такому для підсистеми електропостачання аеродромних вогнів і може бути розрахований за формулою:

$$T_{В} = \frac{N_{ВЗК} \cdot \lambda_{ВЗК} \cdot T_{ВВЗК} + N_{р\text{ря}} \cdot \lambda_{р\text{ря}} \cdot T_{Вр\text{ря}}}{N_{ВЗК} \cdot \lambda_{ВЗК} + N_{р\text{ря}} \cdot \lambda_{р\text{ря}}}. \quad (19)$$

Критерії відмови заданої підсистеми аеродромних вогнів ССА визначаються за формулами:

Кількість відрізків з'єднувального кабелю - $N_{ВЗК}$ визначається за формулою:

$$N_{ВЗК} = N_{КМ} \times (N_{АВ} + 1).$$

Середній сумарний час використання $t_{\text{вик}}$ підсистеми ССА за призначенням на протязі однієї доби розраховується за формулою:

$$t_{\text{вик}} = 8 + N_{\text{год}}(\text{год}).$$

Висновок

Необхідна надійність ССА є основною умовою для виконання безпечних і регулярних польотів на етапі візуального пілотування в простих та 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. Забезпечення необхідного рівня надійності та якості електросвітлотехнічних характеристик (споживана потужність, яскравість, кольоровість, сила і інтенсивність світла, та ін.) регламентовано низкою нормативно-технічних документів та являється невід'ємною вимогою щодо експлуатації ССА.

Література

1. ДСТУ 3589-97. Системи та комплекси авіаційного обладнання. Надійність та експлуатація. Терміни та визначення [Текст]. – Введ. 1997-07-01. – К. : Київстандарт, 1997. – 28 с.
2. ВСН 8-86. Пособие по проектированию объектов светосигнального и электрического оборудования систем посадки воздушных судов в аэропортах [Текст]. – М. : Аэропроект, 1987. – 72 с.
3. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Текст]. – Введ. 1994-12-28. – К. : Київстандарт, 1994. – 22 с.
4. Конвенция о международной гражданской авиации Приложение 14. Аэродромы Том 1 Проектирование и эксплуатация аэродромов [Текст]. – Канада, 2004 – 360 с.
5. Международные стандарты и Рекомендуемая практика. Приложение 14. Аэродромы Том 1 Проектирование и эксплуатация аэродромов Международная организация гражданской авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aviadocs.net/icaodocs/Annexes/an14_v1_cons_ru.pdf. – 26.11.2013.
6. Фрид, Ю. В. Электро-светосигнальное оборудование аэродромов [Текст] / Ю. В. Фрид, Ю. К. Величко, В. Д. Козлов. – М. : Воздушный транспорт, 1988. – 315 с.
7. Ашкенази, Г. И. Цвет в природе и технике / Г. И. Ашкенази. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 93 с.
8. Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України. Наказ Державіаслужби № 201 від 17.03.2006 [Текст]. – К., 2006. – 149 с.

Надійшла до редакції 07.11.2013, розглянута на редколегії 11.12.2013

Рецензент: канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту В. В. Тихонов, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СООТВЕТСТВИЕ
СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СВЕТОСИГНАЛЬНЫХ СИСТЕМ АЭРОДРОМОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

С. С. Ильенко

Наибольшее число авиационных происшествий происходит на этапе посадки воздушного судна и зависит не только от человеческого фактора и технического состояния самолета, но и от условий дальности видимости и погодных условий в районе аэропорта. Именно светосигнальная система аэродрома обеспечивает визуальное взаимодействие экипажа с «землей». Жизненный цикл светосигнальных систем аэродромов (проектирование, производство, сертификация, эксплуатация) обеспечивается необходимым уровнем надежности и соответствием светотехнических характеристик светосигнального оборудования. Современные требования нормативно - технической документации, регламентирующие эксплуатацию с учетом автоматизации управления светосигнальными системами аэродромов, в том числе и при проведении оценки технического состояния.

Ключевые слова: Светосигнальная система аэродрома, огонь, огни малой интенсивности, огни высокой интенсивности, показатели надежности подсистемы светосигнальной системы аэродрома, сила света, яркость, цветность, дистанционное управление.

**RELIABLE AND SATISFACTION AUTOMATED LIGHT TECHNICAL LIGHTING
SYSTEMS CIVIL AERODROMES**

S. S. Ilyenko

The greatest number of accidents happen at aircraft landing and depends not only on the human factor and technical condition of the aircraft, but also on the conditions of visibility and weather conditions at the airport. That airfield lighting system provides visual interaction of the crew with the "ground". The life cycle of lighting systems airfields (design, production, certification, operation) provided the necessary level of reliability and compliance of lighting characteristics lighting equipment. Current requirements of technical standards governing the operation on the basis of automation of lighting systems airfields, including in the assessment of the technical condition.

Keyword: airfield lighting system, fire, low-intensity lights, lights by a high -intensity, reliability subsystem airfield lighting system, light intensity, brightness, color, distance control.

Ільєнко Сергій Сергійович – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та енергоменеджменту, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, e-mail: ilyenko_antk@ukr.net.