

**Ю. Квач**

*Національний авіаційний університет*

## **ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АЕРОДРОМНИХ СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ ВОГНІВ**

*Розглянуто методику діагностування технічного стану аеродромних світлосигнальних вогнів під час експлуатації за допомогою математичної моделі аеродромного вогню. Методику застосовано для виявлення непрацездатного стану аеродромних світлосигнальних вогнів під час експлуатації.*

**Ju. Kvach**

## **DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE AIR FIELD LIGHTS**

*The methods of diagnosing the technical condition of air field lights during exploitation by means of mathematical model is considered. The methodic used for revealing of a disabled condition of air field lights during exploitation.*

**Постановка завдання.** Експлуатація світлосигнального обладнання породжує велику кількість різного роду стану аеродромних вогнів, інформація про які міститься в сигналах, що можуть бути вимірні. Інформацію про коефіцієнт запасу не можна отримати безпосереднім вимірюванням, і, отже, її необхідно оцінювати за допомогою моделі.

Розглянемо діагностування технічного стану аеродромних світлосигнальних вогнів під час експлуатації за допомогою математичних моделей зразкових аеродромних світлосигнальних вогнів.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Головна мета досліджень та розробок в області забезпечення безпечної посадки літаків – розвинути систему до автоматизації оцінювання світлосигнальної картини.

Стандарти і рекомендації Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) [1-3] вимагають періодичного контролю і діагностування аеродромних вогнів світлосигнальних систем під час експлуатації, але не пропонують відповідних методик. У праці [6] пропонується проведення моніторингу світлосигнальних вогнів за допомогою камери, яка встановлюється в кабіні пілота, але оцінювання непрацездатного стану світлосигнального обладнання здійснюється відносно рекомендацій ІКАО.

**Виклад основного матеріалу.** В рамках роботи параметри, що характеризують стан об'єкта, було обрано криву сили світла фотометричного тіла. Цей параметр може бути вимірним.

Визначення середньої сили світла аеродромних вогнів за яскравістю світлового отвору є складовою частиною робіт у системі технічної експлуатації світлосигнального обладнання.

Метою вимірювання середньої сили світла вогнів взагалі, і бічних вогнів ЗПС зокрема, є визначення дальності видимості на ЗПС (RVR) конкретного аеродрому та ухвалення рішення стосовно можливості подальшої його експлуатації у певних умовах метеомінімуму.

Як правило, надземні вогні мають велику тенденцію до розрегулювання під час експлуатації, тоді як для поглиблених вогнів потрібне дуже точне регулювання вже при їх початковій установці, оскільки подальше коректування важко здійснити. Вважається, що відхилення від норми, серед іншого, залежать від якості конструкції, виготовлення і технічного обслуговування, але навряд чи перевищують 1 градус. Отже, коли вказують вихідні характеристики світлосигнальних вогнів, необхідні до кожного

типу вогню, значення кутів розсіювання [1] необхідно збільшити з кожного напрямку на 1 градус.

Більше того, при виготовленні необхідно суворо стежити за дотриманням допусків для світлосигнальних вогнів, щоб вони відповідали нормам. Якщо вогні не виготовлені і не відрегульовані відповідно до вказаних нормованих значень світлотехнічних параметрів, схема розміщення не забезпечуватиме послідовну картину видимих ділянок світлосигнальної системи.

Середня сила світла вогнів осьової лінії ЗПС визначається відповідно до рекомендацій, викладених у матеріалах ІКАО [2]. Середня сила світла вогнів визначається за результатами гоніофотометричних вимірювань на установці у ГОСТ 17677-82 [3]. Сила світла вогню у кожному вимірюваному напрямку визначається виразом:

$$I(\alpha, \beta) = c \cdot \ell^2 n,$$

де  $I(\alpha, \beta)$  – сила світла у заданому напрямку, кд;

$c$  – градуовальна постійна кд/поділки;

$\ell$  – дистанція фотометрування, м;

$n$  – відлік за шкалою реєструвального пристрою, поділки.

Дистанція фотометрування  $R$  приймається рівною  $\ell = (3 \dots 10) \ell_{\Phi} \cdot \ell_{\Phi}$  - відстань формування світлового пучка світлового приладу.

Результати вимірювань подаються у системі фотометричних координат VH. Середня сила світла визначається за результатами вимірювань значень сил світла як середнє арифметичне за кількістю точок вимірювань  $n$  охоплених на діаграмі VH еліпсом з піввісями, чисельно рівними обраному (згідно з вимогами нормативних документів) значенню кутів розсіювання:

$$I_{сеп} = \frac{1}{n} \sum_1^n I(\alpha, \beta),$$

де  $n$  – кількість точок вимірювань;

$I(\alpha, \beta)$  – сила світла у напрямку точки простору з кутовими координатами у горизонтальній площині  $\alpha$  і вертикальній –  $\beta$ , кд.

Основний промінь – це область простору у напрямку поширення випромінювання вогню, обмежений тілесним кутом з вершиною в центрі світлового отвору світлосигнального вогню. Перетин бічної поверхні тілесного кута площиною, що перпендикулярна до напрямку поширення випромінювання, становить еліпс, велика піввісь якого рівнобіжна поверхні землі [2]. Аналогічно визначаються і другорядні промені.

Середня сила світла основного променя розраховується з використанням значень сили світла, вимірюваних у всіх точках координатної сітки, що знаходяться в межах і по периметру еліпса, що обкреслює основний промінь. Середнє значення є середньоарифметичним до величин сили світла, вимірюваних у всіх даних точках координатної сітки. При правильному орієнтуванні арматури вогнів відхилення від характеристик основного променя не допускаються.

Кути у горизонтальній площині вимірюються по відношенню до вертикальної площини, проведеної через вісь ЗПС. Кути у вертикальній площині вимірюються по відношенню до горизонтальної площини.

Важко переоцінити важливість правильного технічного обслуговування. Середня сила світла ні за яких обставин не повинна падати до значення, меншого за 50 % від нормованого значення, і службі світлотехнічного забезпечення польотів слід підтримувати рівень сили світла світлосигнального обладнання близьким до вказаної мінімальної величини середньої сили світла.

Вогонь встановлюється так, щоб основний промінь був виставлений у просторі з похибкою, що не перевищує  $0,5^\circ$ .

Фірми – виробники проектують та виробляють світлосигнальне обладнання з урахуванням експлуатації на термін близько 10 років. В конструкцію вогню закладаються “тривалість” на неминучу деградацію оптичних елементів до рівня, передбаченого нормативними документами. Запас визначає термін гарантійної експлуатації обладнання.

Запас визначається технологічними особливостями виробництва виробів та відрізняється у різних типах вогнів і вогнів різних фірм – виробників. Вогні підходять до кінця експлуатації теоретично з різним ступенем світлотехнічних параметрів. Теоретично тому, що втрати залежать і від умов експлуатації світлосигнального обладнання.

Потрібні сучасні заходи, комплекс періодичних регламентних робіт, які якісно на новому рівні забезпечать безпеку польотів, оптимізують або зменшать втрати на придбання нового світлосигнального обладнання.

Перелік параметрів, регламентованих відповідно до ”Інструкції з продовження терміну дії посвідчення придатності до експлуатації, продовження терміну служби обладнання світлосигнальних систем аеродромів цивільної авіації аеродромів сумісного базування (використання)” блідо повторює перелік робіт, який регулярно проводиться службою з метою підтримки технічного стану обладнання на рівні, що забезпечує надійну безпеку польотів. Але цього недостатньо. А знання сили світла аеродромних вогнів допоможе дізнатися про дійсний стан обладнання.

В інструкції пропонувалось взяти за основу критерій середньої сили світла вогню, що перевіряється, – 80 відсотків від номінальної сили світла нового вогню. За новий вогонь пропонується використати математичну модель фотометричного тіла ідеального аеродромного вогню. Інформація стосовно фотометричного тіла важлива для діагностування технічного стану вогню на термін експлуатації.

У процесі експлуатації змінюються практично усі основні характеристики світлових приладів: світлотехнічні (форма кривої сили світла, коефіцієнти та індикатриси відбивання та пропускання матеріалів, їх колір), техніко-економічні (коефіцієнт корисної дії), конструктивні (наприклад, ступінь захищеності від впливу оточуючого середовища, зручність обслуговування), електротехнічні (опір ізоляції, перехідні опори контактів) та ряд інших. Достатньо повні дані стосовно змін характеристик світлосигнальних вогнів при роботі їх у різних умовах середовища та при різних способах обслуговування відсутні. Дослідження, що виконуються у цьому напрямі, поступово дають відповідь на деякі першочергові питання експлуатації. Особливо це важливо у вирішенні завдань визначення оптимальних режимів обслуговування і коефіцієнтів запасу світлосигнального вогню.

Для визначення техніко-економічно доцільних способів та режимів обслуговування світлосигнальних вогнів й пов’язаних з ним коефіцієнтів запасу  $K_3$ , необхідно встановити критерій відмови світлосигнального вогню. Надійність світлосигнального вогню визначається його здатністю зберігати у процесі експлуатації регламентовані нормами значення кількісних та якісних показників, що забезпечують заданий рівень зорового сприйняття. Відмову світлосигнального вогню можна визначити рівнями сили світла, що регламентуються нормами ІКАО, за критерієм нормування, за які прийнята середня сила світла, визначена у просторі, обмеженому поверхнею, слід якої у площині має форму еліпса з півосями, рівними кутам розсіяння. Для змонтованого світлосигнального вогню можна записати:

$$I_0 = I_n \cdot K_3$$

де  $I_n$  – значення нормованої мінімальної середньої сили світла;

$K_3$  – коефіцієнт запасу.

У процесі експлуатації відбувається поступова зміна  $I$ . Звичайно, з урахуванням чищення світлосигнального вогню та заміни джерела світла, що вийшло з ладу, залежність зміни  $I = f(t)$  має пилкоподібний характер (рис. 1).

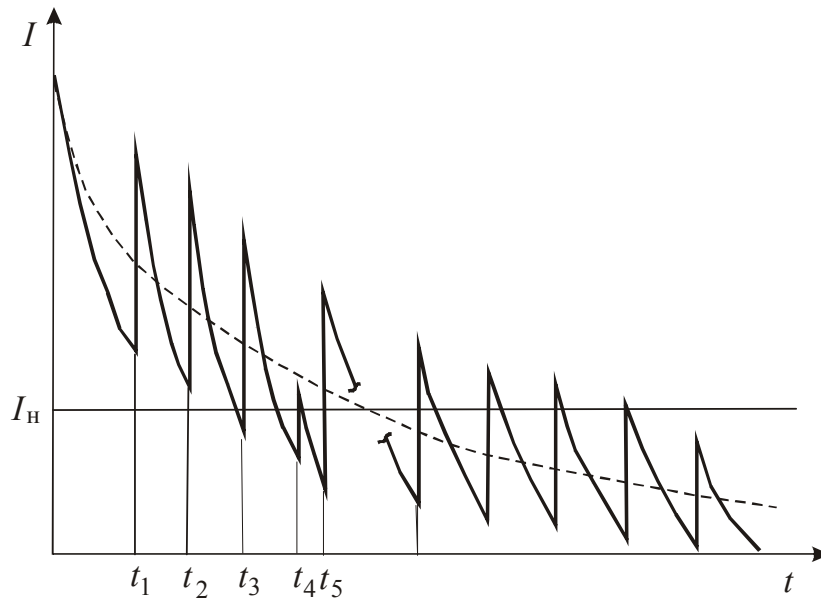


Рисунок 1 – Графік зміни сили світла світлосигнального вогню у процесі експлуатації ( $t_1, t_2, t_3, t_5$  – час чистлення світлосигнального вогню;  $t_4$  час заміни джерела світла, що вийшло з ладу). Пунктирна крива описує усереднені зміни світлотехнічного параметру з часом

Відмова світлосигнального вогню настає у момент, коли  $I_t = I_n$ . За цей період забезпечується нормований рівень середньої сили світла світлосигнального вогню.

Для компенсації можливого у процесі експлуатації спаду сили світла при проектуванні світлосигнального вогню вводиться коефіцієнт запасу  $K_3$  і передбачається відповідне обслуговування світлосигнальних вогнів.

Для світлотехнічних вогнів промислового застосування величина  $K_3$  регламентується ЗНіП П-4-79 і коливається у межах 1,3–2. Для авіаційних світлосигнальних вогнів, вироблених на території СНД прийнято  $K_3 = 2$ . Це знайшло своє відображення у відповідних авіаційних нормативних документах (НГЭА СССР - 92 п.1.55), які за критерій відмови беруть зменшення сили світла авіаційного світлосигнального вогню у два рази, тобто на 0,5 від номінального значення для нового вогню. З урахуванням вищевказаного можемо записати:

$$I_0 = 2I_n$$

де  $I_0$  – сила світла вогню на початку експлуатації;

$I_n$  – значення нормованої величини середньої сили світла.

Момент відмови світлосигнального вогню настає тоді, коли

$$I_t = I_n = 0,5I_0.$$

Діагностування технічного стану вогнів аеродромної світлосигнальної системи з визначенням коефіцієнта запасу аеродромного вогню в процесі експлуатації можна сформулювати основні етапи математичного моделювання наступним чином:

- 1) визначити значення середньої сили світла вогню, який перебуває в експлуатації за допомогою гоніофотометричного пристрою;
- 2) використовується математична модель відповідного вогню [4–5];
- 3) проводиться діагностування технічного стану аеродромного вогню за розробленим алгоритмом;
- 4) за отриманим результатом проводиться оцінювання технічного стану аеродромного вогню.

**Приклад.**

Розглянемо застосування описані вище методики на прикладі діагностуванні технічного стану вогню аеродромної світлосигнальної системи.

1. За допомогою гоніофотометра отримуємо значення середньої сили світла вогню, який підлягає діагностуванню (наочно на рис. 2).
2. Відображення фотометричного тіла за допомогою математичної моделі відповідного зразкового аеродромного вогню показано на рис.3.
3. Аналізуємо фотометричні тіла вогню, що проходить діагностування та зразкового аеродромного вогню (результат діагностування на рис. 4).

При аналізуванні фотометричних тіл йде порівняння вогню, що проходить діагностування, та зразкового аеродромних вогнів. Пропонується умова: якщо значення сили світла в кожній точці фотометричного тіла аеродромного вогню, що діагностується, більше або дорівнює значенню сили світла зразкової моделі, тоді рішення нерівності приймає значення «1», інакше – «0». З рис.4 з'ясовується, що тільки значення сили світла в основному промені відповідає нормованому значенню ІКАО.

4. Коефіцієнт запасу вогню визначається як середнє арифметичне значення співвідношень сили світла вогнів.
5. Аналізуючи співвідношення середнього арифметичного значення сили світла вогню, що підлягає діагностуванню, та зразкового вогню, отримуємо коефіцієнт запасу.

Із співвідношення коефіцієнт запасу дорівнює 1,76, що свідчить про непрацездатний стан аеродромного вогню.

За результатом розрахунку проводиться діагностування випробуваного вогню. За проведеною методикою діагностування аеродромного вогню робиться висновок про непрацездатний стан даного вогню, що має підтвердження як в розрахунковому значенні коефіцієнта запасу, так і наочно (рис.4).

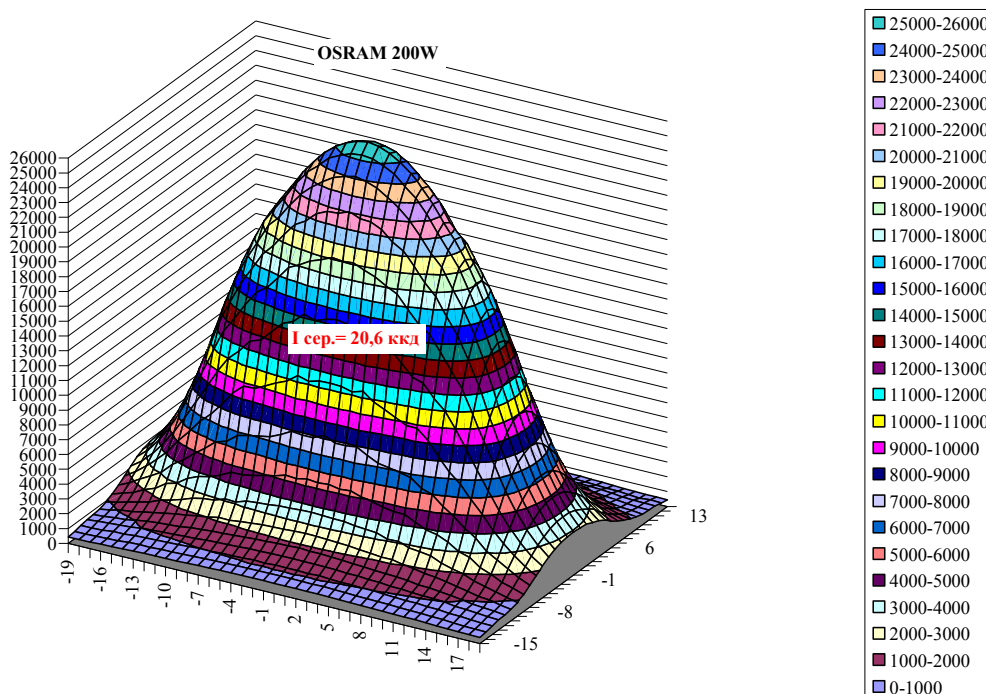


Рисунок 2 – Графік фотометричного тіла вогню наближення, який проходить діагностування

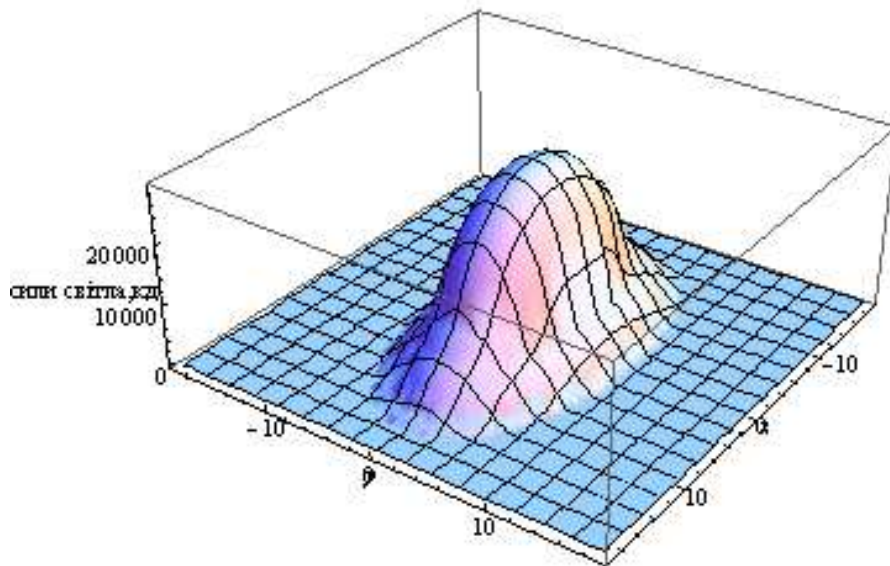


Рисунок 3 – Графік фотометричного тіла ідеального вогню центрального ряду наближення

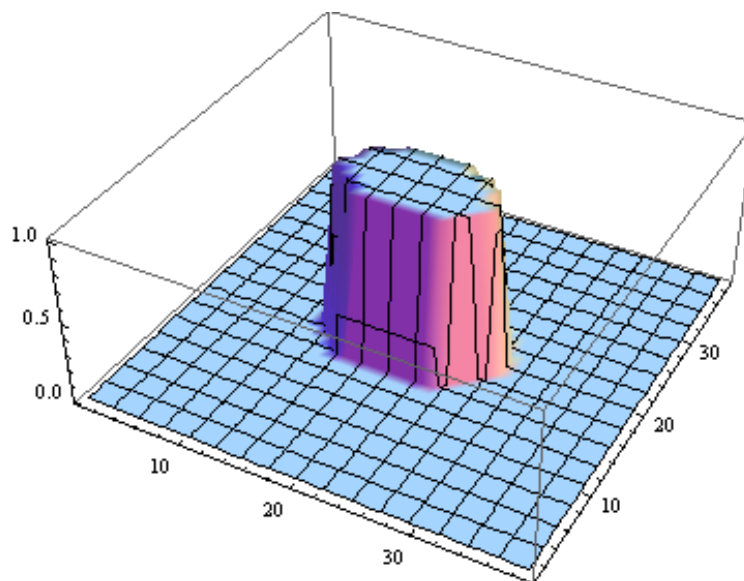


Рисунок 4 – Результат аналізу при діагностуванні аеродромного вогню

### Висновки

Розроблено та перевірено методику контролю технічного стану вогнів аеродромної світлосигнальної системи, що дозволяє проводити діагностування аеродромних вогнів під час експлуатації.

1. Запропоновано методику проведення дослідження працездатного стану аеродромного вогню на термін експлуатації та визначення коефіцієнту запасу, що підвищить безпеку польотів ПК на етапі візуального пілотування під час заходу на посадку.
2. Методика технічного діагностування аеродромних вогнів дозволяє отримувати об'єктивну інформацію щодо технічного стану аеродромних вогнів усіх підсистеми ССА.
3. За методикою проведено дослідження аеродромного вогню світлосигнальної системи аеродрому під час експлуатації, що надає можливість проведення моніторингу світлосигнальних вогнів.

**Література**

1. CIE, Division 2. Publication № 44-1979 Absolute Methods for Reflection Measurements. ISBN 92 9034 044 4.
2. DOC 9157-AN/901. Руководство по проектированию аэродромов. Ч. 4. Визуальные средства. – 4-е изд. – ИКАО – 2004. – 182 с.
3. CIE, Division 2. Publication № 121-1996 The Photometry and Goniophotometry of Luminaries. ISBN 3 900 734 747.
4. Квач Ю. М. Математичне моделювання світлосигнальної системи аеродрому цивільної авіації(Монографія/ НАН України. Відділення гібридних моделюючих і керуючих систем в енергетиці ІПМЕ ім. Г.С. Пухова; №01/2007).
5. Степура В. І., Квач Ю. М. Тривимірна модель фотометричного тіла вогнів світлосигнальної системи аеродрому. // Електроніка та системи управління: зб. наук. пр.-К.:НАУ.-2006.-№1(7).-С.66-70.
6. Dr Karen McMenemy, Dr James Niblock and Dr Jian-Xun Peng. Monitoring the performance of aerodrome ground lighting // International airport review. – 2008. – №3. С. 60 – 64.

*Одержано 15.05.2008 р.*