

УДК 656.71.057:533.6.072(045)

Ю. М. Квач, асп.

## МОДУЛЮВАННЯ СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ ВОГНІВ АЕРОДРОМА В ІМІТАТОРАХ ВІЗУАЛЬНОГО ОТОЧЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ

НАУ, кафедра електротехніки і світлотехніки, E-mail: [juli\\_k74@mail.ru](mailto:juli_k74@mail.ru)

*Розглянуто можливість моделювання світлосигнальних вогнів аеродрому в імітаторах авіаційних тренажерів. Наведено спробу формування бази даних аеродромних вогнів з реалізацією у світлотехнічній програмі DIALux.*

*There was considered the possibility of the air field lights simulation in the imitators of flight simulator. The attempt of forming the database of the air field lights with realization in the lighting program DIALux is presented in this paper.*

### Вступ

В авіаційних тренажерах модель навколишнього середовища складається з моделей поверхні Землі та наземних орієнтирів, атмосфери, зоряного неба, світлосигнальних систем та рухомих повітряних об'єктів неприродного походження. Моделювання світлосигнальних засобів та атмосфери – найбільш складне завдання.

### Аналіз досліджень і публікацій

Системи комп'ютерного синтезу зображення найвищого класу вирішують проблему відтворення вогнів за допомогою дорогих каліграфічних систем, відображаючи яскраві точки. Це наближає процес моделювання вогнів до фізичного, дозволяє обходитись без алгоритмічного врахування іррадіації для випадку досить прозорої атмосфери. Ці системи забезпечують високий рівень яскравості та мають високу роздільну здатність – 2048×2048. Недоліки цих систем – складність та дороговизна розроблення, велика енергоємність, обмеження та складність моделювання вогнів за низької прозорості атмосфери, потреба у накладанні при відображенні растрового зображення та зображення каліграфічної системи. Наведені причини спонукають використовувати растрові системи. Переваги растрових систем – менша вартість, більша придатність для фарбованих закрашених та текстурованих поверхонь складної форми.

У сучасних тренажерах моделюють топологію розміщення світлосигнальної системи, елементи якої зображують точками, однаково видимими з усіх напрямків, що не відповідає дійсності.

Зменшення обсягів тренування на повітряному кораблі (ПК) за рахунок збільшення тренувань на авіаційних тренажерах потребує підвищення якості моделювання.

### Постановка завдання

Пропонується можливість моделювання світлосигнальних засобів для імітаторів авіаційних тренажерів. Формування бази даних аеродромних вогнів з реалізацією їх у сучасних світлотехнічних та дизайнерських програмах.

Наведено приклад моделювання світлосигнальних вогнів аеродрому в імітаторах візуального оточення авіаційних тренажерів.

### Моделювання світлосигнальних аеродромних вогнів

У реальному навколишньому середовищі у процесі сприйняття візуальної інформації беруть участь [4]: джерела світла (первинні; вторинні – освітлені об'єкти, що відбивають світло, та середовище); середовище, що поглинає, заломлює, розсіює промені світла; приймач зображення – людське око, що має апарати денного та нічного зору, які істотно розрізняються.

Однією з характеристик джерел світла є нормування фотометричного тіла вогню [1]. Побудова математичної моделі фотометричних тіл аеродромних вогнів стала основою для створення віртуальної світлосигнальної системи аеродрому за допомогою сучасних математичних пакетів, наприклад «Mathematica» [1; 3]. У процесі розроблення математичної моделі аеродромних світлосигнальних вогнів були розглянуті:

- розподіл світла аеродромних вогнів у просторі;
- розміщення підсистем аеродромних вогнів;
- відображення світлосигнальної системи аеродрому в координатній системі пілота.

Більшість сучасних світлотехнічних та дизайнерських програм пропонують користувачу можливість моделювати умови освітленості, використовуючи фотометричні дані кривої сили світла (ККС) реальних опромінювальних пристроїв. Для реалізації цієї можливості фотометричні дані мають бути записані у спеціальні файли за правилами (форматом). Найпоширеніший формат –

IES, розроблений світлотехнічним товариством Північної Америки (IESNA) [2].

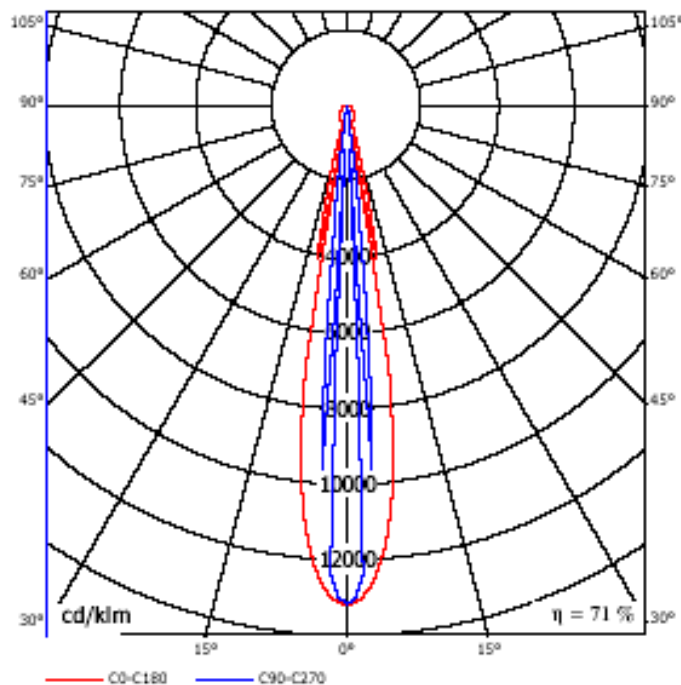
Фотометричні дані потрібно записувати у вигляді текстового файлу в кодуванні ASCII.

```

IESNA:LM-63-1995
[MANUFAC] centr_priblig
[LUMCAT] centr_priblig
TILT=NONE
1 2200 1 33 33 2 2 0 0 0
1 1 100
-90 -15 -14 -13 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 90
-90 -15 -14 -13 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 90
0 058 1017 27284370 5655 7172 9094 12095 16045 18808 2863 22404 23533 24308 24761 249105
24761 24308 23533 22404 2863 18808 16045 12095 9094 7172 5655 4370 2728 1017 058 0
0 746 1586 3886 5670 7245 9329 11950 16394 19491 21823 23617 24989 26006 26709 27122 27258
27122 26709 26006 24989 23617 21823 19491 16394 11950 9329 7245 5670 3886 1586 746 0

```

На рис.1 показано опромінювальний пристрій за даними текстового файлу формату IES.



Класифікація світильників за CIE: 100 CIE Flux Code: 93 97 99 100 92

Рис. 1. Паспорт опромінювального пристрою за даними текстового файлу формату IES

Запропоновану модель вогнів злітно-посадкової смуги (ЗПС) розташування вогнів наближення і світлових об'ївів системи точного заходу на посадку I категорії – систему вогнів великої інтенсивності, призначеної для забезпечення заходу на посадку, руління й зльоту ПК під час візуальних польотів і польотів в умовах експлуатаційного мінімуму I категорії, показано на рис. 2. Вогні ЗПС є вузьконапрямленими прямої дії, тобто використовується не відбите іншими об'єктами світло, а прямі промені [4]. За безпосереднього спостереження вогню світлосигнальної системи, виникає явище іррадіації, що зу-

У файлі обов'язково потрібно вказати параметри з ключовими словами. Приклад запису текстового файлу KCC ідеального аеродромного вогню наведено нижче:

мовлює збільшення видимого розміру випромінювальної точки [4]. Це комплексне явище враховує заломлення та розсіювання світла. Саме врахування цього явища хоча й ускладнює розроблення моделі, але дозволяє істотно зменшити вимоги до системи відображення. Зменшення вартості досягається за рахунок зменшення вимог до яскравості точки без погіршення якості моделювання.

Виходячи з вузької діаграми спрямованості можна стверджувати, що ці вогні не освітлюють майже ніякі інші об'єкти аеропорту за винятком невеликої частини ЗПС та літаків, що

перебувають безпосередньо над вогнями. Вторинне освітлення оточуючих об'єктів за рахунок розсіювання атмосферою світла вогнів додається до загальної освітленості значно менше, ніж розсіювання прямих променів вогнів атмосферою.

На основі сформованої бази даних аеродромних вогнів моделювання ЗПС системи вогнів наближення і світлових обривів системи точного за-

ходу на посадку I категорії виконано за допомогою світлотехнічної програми DIALux. Приклад освітленості ЗПС системи вогнів наближення і світлових обривів системи точного заходу на посадку I категорії, на яку орієнтується пілот на висоті 60 м при прийнятті рішення заходу на посадку, показано на рис. 2.

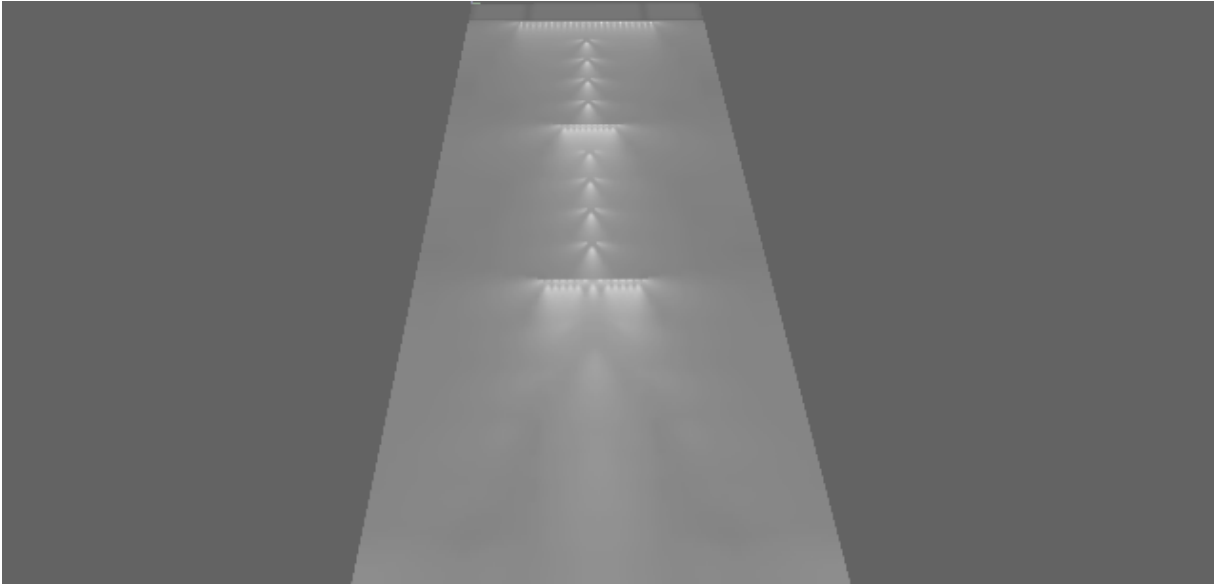


Рис. 2. Модель вогнів ЗПС розташування вогнів наближення і світлових обривів системи точного заходу на посадку I категорії

### Висновки

1. Наявність математичних моделей фотометричних тіл та спосіб формування бази даних аеродромних світлосигнальних вогнів істотно скорочує і полегшує натурний експеримент залежності видимості вогнів від різного типу відмов світлосигнальної системи, зокрема змін топології та світлосигнальних характеристик вогнів, що є складовим процесом, пов'язаним з моделюванням аварійного стану світлосигнальної системи.

2. Використання технічних засобів додає моделюванню експериментального характеру, а модельний математичний опис теоретично розкриває характер явища.

3. Застосування математичних моделей світлосигнальних вогнів у системах віртуальної реальності пілотажних тренажерів дозволить

підвищити їх ефективність як засобу вироблення правильних навичок пілотування на етапах візуального пілотування, особливо за складних метеорологічних умов.

### Література

1. *Степура В. І., Квач Ю. М.* Тривимірна модель фотометричного тіла вогнів світлосигнальної системи аеродрому // Електроніка та системи управління. – 2007.–№1(11). – С. 67 – 71.
2. *Коробко А. А.* Формат IES. Правила формування файла фотометрических данных по формату IES // Светотехника.– 2005.– №3. – С. 68 – 75.
3. *Шмидский Я. К.* Mathematica 5: Самоучитель. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004.– 592 с.
4. *Бутусов С. В.* Світлосигнальні установки. – М.: Енергія, 1979.– 120 с.

Стаття надійшла до редакції 15.12.07