

УДК 681.7.012 : 681.785.4

І.В. Геліч канд. техн. наук, Н.В. Безугла

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОСОБЛИВОСТІ АБЕРАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЗЕРКАЛЬНОГО ЕЛІПСОЇДА ОБЕРТАННЯ З ВНУТРІШНЬОЮ ВІДБИВАЮЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ

I.V. Helich Ph.D., N.V Bezuglaya

FEATURES OF ABERRATIONAL ANALYSIS OF MIRROR ELLIPSOID OF REVOLUTION WITH INTERNAL REFLECTION SURFACE

Використання різноманітних оптичних систем у фотометрії розсіювальних середовищ, зокрема випадково-неоднорідних біологічних структур, дозволяє здійснювати оцінку їх оптичних властивостей. Несферичні поверхні у порівнянні зі сферичними в більшості випадків менш схильні до різних видів спотворень зображень, тому використання множинних конфігурації елементів, що мають несферичну поверхню, є можливим вирішенням багатьох прикладних задач в оптиці. З огляду на конструктивні та функціональні переваги фотометрів з еліпсоїдальними рефлекторами [1], їх використання суттєво спрощує та оптимізує процес оптичної біомедицинської діагностики. Проте задача оптимізації можливостей такої незображуючої оптики, зокрема її передавальних властивостей, потребує використання певного критерію оцінки якості їх функціонування. У якості такого критерію з урахуванням багатьох чинників [1-3] було обрано аберації, що виникають при відбитті від стінок рефлектора.

У роботі розглянуто такий оптичний елемент як дзеркальний еліпсоїд обертання з внутрішньою відбиваючою поверхнею. Особливістю його використання є формування у другій фокальній площині «зображення» ідентичного «зображенню» у першій фокальній площині (рис.1), у котрій може бути розміщено об'єкт, розсіювальні властивості якого досліджуються. Використовуючи математичний базис [2], було проаналізовано процес визначення оптимальних параметрів еліпсоїдального рефлектора для його застосування в експериментальній фотометричній системі для визначення оптичних параметрів біологічних середовищ.

Правильний підбір таких параметрів як ексцентриситет та діаметр робочого вікна на основі прогнозованого в рамках чисельного експерименту просторового розподілу розсіяного випромінювання з позицій абераційної якості є доволі важливим.

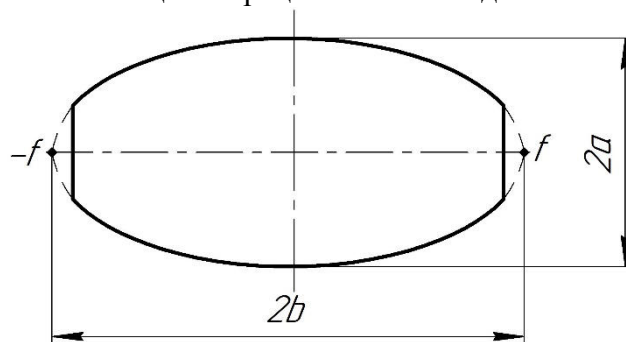


Рисунок 1. Схема дзеркального еліпсоїда

Моделювання проводилося для еліпсоїда наступного виду із заданими параметрами: велика напів-вісь $b=19,05$ мм, мала напів-вісь $a=14,475$ мм, промінь було запущено з

початкової точки $A(10;0)$ під zenітним кутом $27,7^{\circ}$, ексцентриситет дорівнював $0,65$, а фокальний параметр 11 мм.

У ході моделювання фіксувалися відповідні точки в діапазоні $[-f;f]$. Спираючись на особливості поширення оптичного випромінювання в еліпсоїдальному рефлекторі, здійснювався аналіз кількості відбивань від дзеркальної поверхні та їх порядок. На рис.2 показано відповідні порядки відбиття при початковій кількості запущених точок 2001.

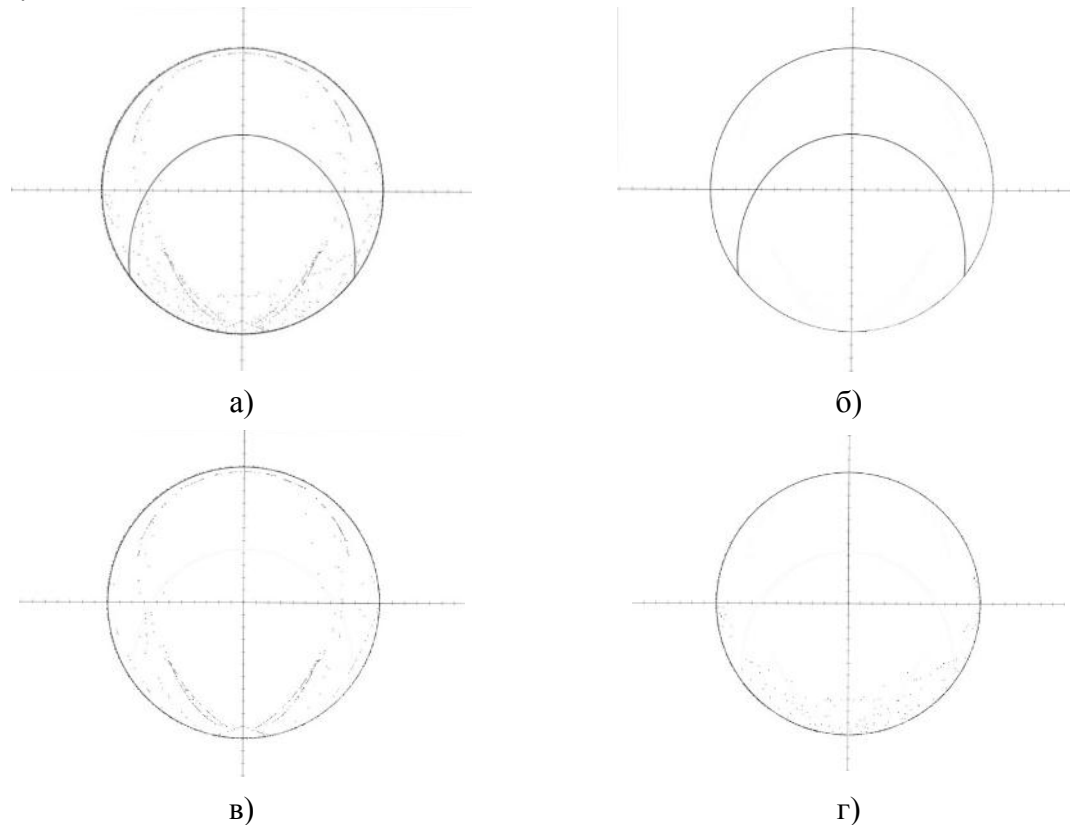


Рисунок 2. Трасекторія відбиття від стінок еліпсоїда при фіксованому zenітному куті та змінному азимутальному: загальна кількість відбиттів (а); перше відбиття (б); друге відбиття (в); відбиття третього порядку і більше (г)

Зазначимо, що на перше відбиття припадає близько $29,5\%$ (рис.2.б). Друге відбиття зазнали порядку $43,47\%$ точок від загальної кількості (рис.2.в), відбиття третього порядку і більше близько $25,93\%$ (рис.2.г).

Отримані результати дозволять оцінити особливості абераційного аналізу при змінних параметрів еліпсоїда та початкової точки запуску, що в подальшому допоможе зафіксувати визначені межі еліпсоїда, у яких починаються багатократні відбиття.

Література

1. Bezuglyi M. A. Ellipsoidal reflectors in biomedical diagnostic / M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya // Proc. SPIE 9032-15. – 2013, V2. – Pp.Q1– Q5.
2. M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya, and I. V. Helich, "Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media," Appl. Opt.56, 8520-8526 (2017).
3. Безуглий М. О. Метод фотометричного дзеркального еліпсоїда обертання для дослідження шорсткості поверхні / М. О. Безуглий, Д. В. Ботвиновський, В. В. Зубарев, Я. О. Коцур // Методи та прилади контролю якості. – 2011. – №27. – С. 77 – 83.