

УДК 681.7.067.3

*Барановський М. Д., студент гр. ПО-82мп, к.т.н., доц. Сокурєнко В. М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

РОЗРОБКА ПРОЕКЦІЙНОГО ОБ'ЄКТИВА З ТЕЛЕЦЕНТРИЧНИМ ХОДОМ ПРОМЕНІВ

Анотація: В роботі здійснено автоматизований параметричний синтез оптичної системи телецентричного проєкційного об'єктива, що має поперечне збільшення $0,5\times$ та передню числову апертуру 0,14. Методика синтезу оптичної системи зводилася до застосування одного з сучасних методів глобальної оптимізації – адаптивного методу диференційної еволюції. Наведені результати розрахунку проєкційного об'єктива підтверджують відмінну якість виправлення аберацій та результативність запропонованого підходу.

Ключові слова: оптична система, проєкційний об'єктив, телецентричний хід променів, модуляційна передавальна функція, глобальна оптимізація.

ВСТУП

Часто об'єкт контролю систем машинного зору має досить складну об'ємну форму, яка в силу відомих законів заломлення та дифракції, може спотворюватися в отриманому зображенні. У значній мірі мінімізувати такі спотворення можна з використанням скоригованої оптики та правильно підбраного освітлення [1].

Існує два основних джерела спотворення зображень об'ємних об'єктів: крайові ефекти заломлення на досліджуваному предметі (перспективні спотворення) та аберації оптичної системи. В обох випадках відбувається «розмиття» меж і викривлення форми об'єкта [3]. Якщо такий дефект як дисторсія можна компенсувати (або зменшити) в зображенні математичним апаратом, то перспективні спотворення на об'єкті можна мінімізувати тільки за рахунок організації паралельного ходу променів світла в зоні контролю. Насамперед, для цього й використовується телецентрична оптика, яка забезпечує паралельний до оптичної осі хід головних променів.

Окрім виправлення перспективних спотворень, застосування телецентричної оптики призводить до збільшення глибини різкості та мінімізації «стороннього» засвічення [2].

Таким чином, телецентрична оптика є незамінною в задачах вимірювання геометрії або контролю форми, особливо коли йдеться про об'ємні об'єкти, дослідження яких з використанням звичайної оптики ускладнені (наприклад, болтів, гайок, гумових ущільнювачів і прокладок, пластикових кришок і ємностей, електронних компонентів, різних деталей автомобільних та інших двигунів, трансмісій, отворів, шпильок розміром від часток міліметрів до десятків сантиметрів тощо). Крім того, велика глибина різкості та відсутність перспективних спотворень дозволяють підвищити достовірність контролю друкованих плат та електронних компонентів, перш за все, у випадках, коли контрольована поверхня має певний рельєф [1].

Нажаль, аналітичних методів для синтезу телецентричних об'єктивів не існує, тому для розрахунку доводиться користуватися вже відомими розв'язками з існуючих каталогів, патентів тощо. Інший підхід зводиться до застосування алгоритмів глобальної оптимізації. Треба зазначити, що в останні роки зазначені алгоритми набули суттєвого розвитку через свою універсальність та

ефективність. Такий підхід й буде перевірений на дієздатність в даній роботі на прикладі параметричного синтезу оптичної системи телецентричного проєкційного об'єктива.

ЗАПРОПОНОВАНИЙ ПІДХІД ТА ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

У даній роботі для пошуку розв'язку використовується одна з останніх модифікацій методу диференційної еволюції. Методика параметричного синтезу зводилась до автоматизованого розрахунку оптичної системи проєкційного об'єктива, телецентричного в просторах предметів та зображень, в програмному забезпеченні «PODIL» з використанням вбудованих алгоритмів глобальної оптимізації.

Вихідними даними для розрахунку були задані:

- передня числова апертура – 0,14 мм;
- поперечне збільшення – $(-0,5)^x$;
- лінійне поле оптичної системи – 18 мм;
- спектральний діапазон – 0,48...0,66 мкм;
- максимальна відносна дисторсія на краю поля зору – 3,8%;

та встановленні такі обмеження на:

- загальну довжину системи (від площини предметів до площини зображень) – до 100 мм;
- осьові товщини лінз – від 1,2 до 5 мм;
- повітряні проміжки – від 0,1 до 5 мм;
- мінімальну товщину лінз на краю – 1 мм.

Під час розрахунку пошук найкращих марок скла здійснювався програмою автоматично з каталогу “SCHOTT”. Критерієм оптимізації на початковій стадії була мінімізація хвильових аберацій, а на завершальній – поліпшення значень поліхроматичних модуляційних передавальних функцій (МПФ) по всьому полю.

Нижче на рис.1 представлена оптична система розробленого об'єктива.

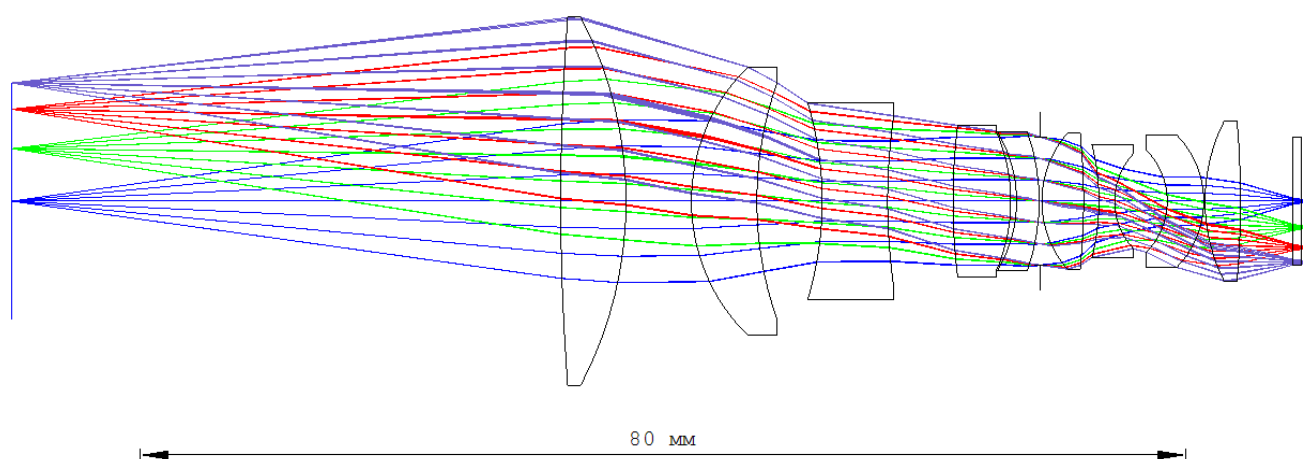


Рисунок 1. Оптична схема з ходом променів розробленого об'єктива

Залежність середніх квадратичних відхилень (СКВ) радіуса плями та похибки хвильового фронту від поля зору можна оцінити за графіками, представленими на рис. 2 і 3.

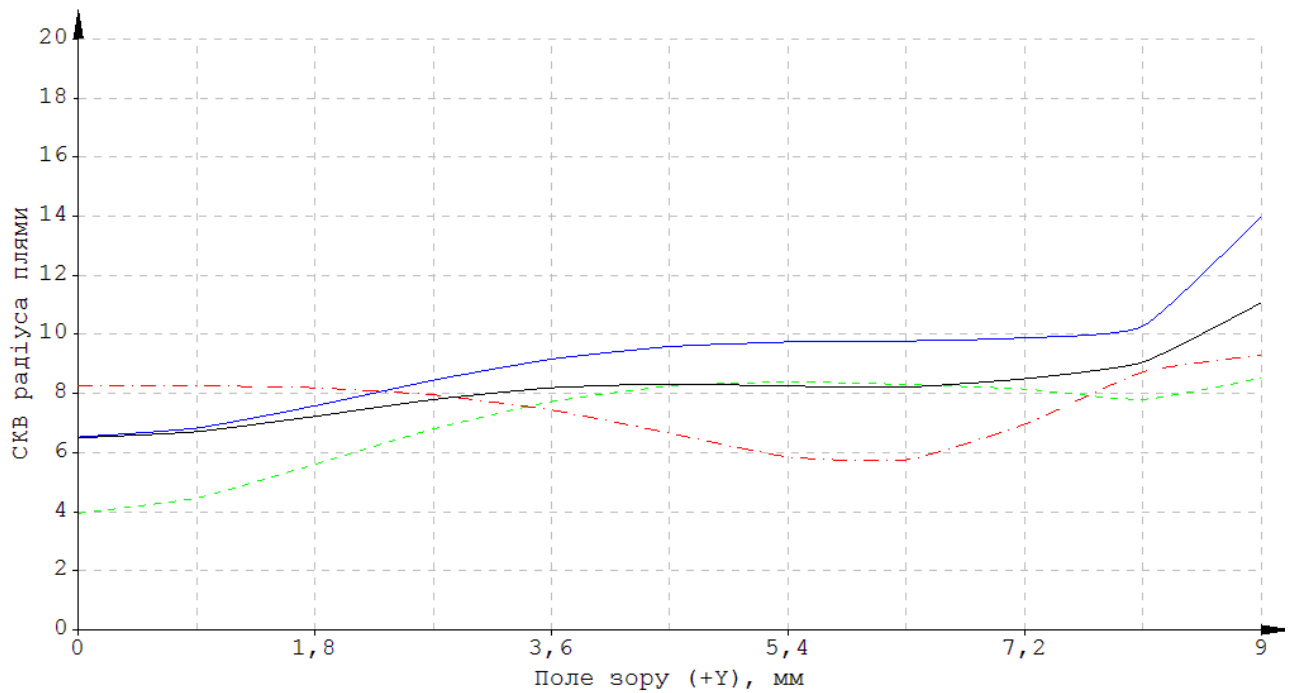


Рисунок 2. Залежність СКВ радіуса плями від поля зору

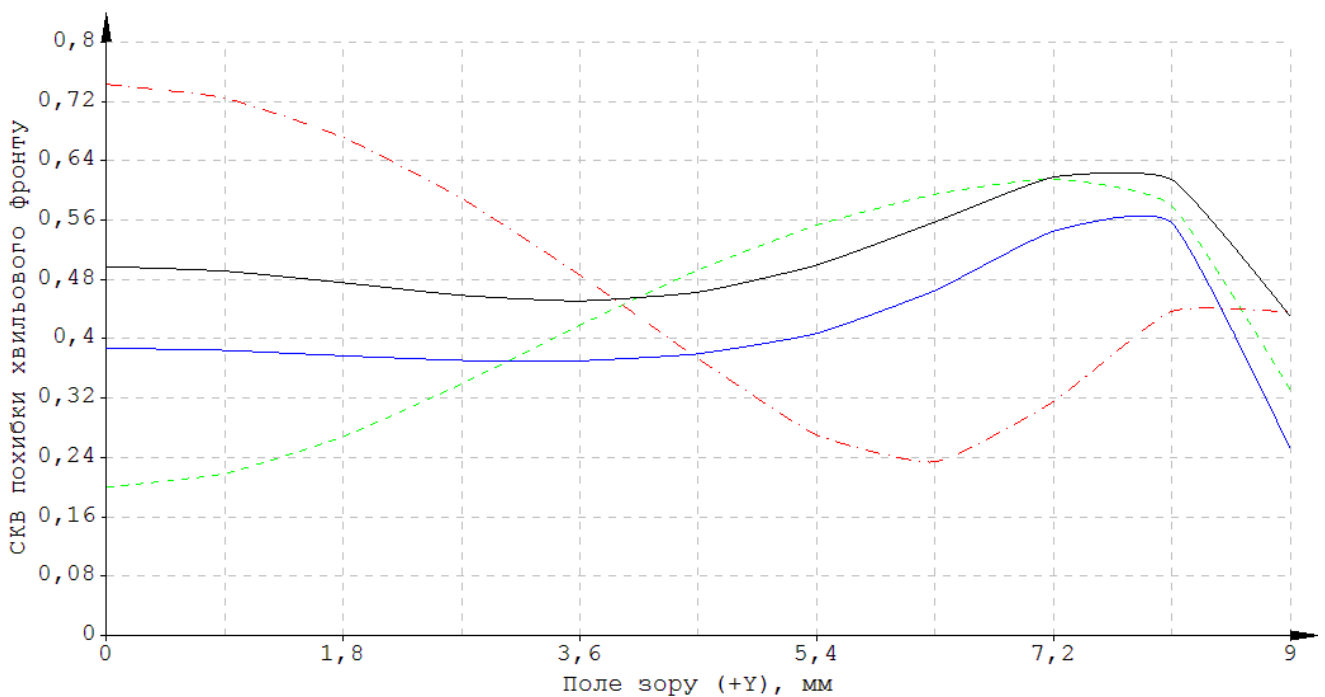


Рисунок 3. Залежність СКВ похибки хвильового фронту від поля зору

Значення поліхроматичних МПФ по всьому полю є не меншими за 34% для просторової частоти 60 ліній/мм.

ВИСНОВКИ

У роботі здійснена перевірка здатності однієї із модифікацій алгоритму дифракційної еволюції для параметричного синтезу проєкційного об'єктива з телецентричним ходом променів. Результати розрахунку підтверджують високу якість корекції монохроматичних та хроматичних аберацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Телецентрическая оптика: повышение точности оптических измерений / Control Engineering Россия. — Режим доступа: <https://www.vitec.ru/upload/iblock/b96/b9655f968d09279f7fa9e510d8be021f.pdf/> - 18.04.2019 р.
- [2] Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. И. Кузичев. Глава VI. Ограничение пучков лучей в оптических системах // Теория оптических систем / Т. В. Абимова. — М.: «Машиностроение», 1992. — С. 92 — 102. — 448 с. — 2300 экз. — ISBN 5-217-01995-6.
- [3] Handbook of Optical Systems: Vol. 3. Aberration Theory and Correction of Optical Systems / H. Gross, H. Zugge, M. Peschka, F. Blechinger ; Edited by Herbert Gross. — WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007. — ISBN 978-3527403790.