

УДК 681.7.067

Проскурін В.С., студент гр. ПО-71, д.т.н., доц. Сокурєнко В.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИЛАДУ НІЧНОГО БАЧЕННЯ ЗІ ЗБІЛЬШЕНИМ КУТОМ ОГЛЯДУ

Анотація. Однією з важливих тенденцій розвитку сучасних приладів нічного бачення є поліпшення їх функціональних можливостей та якості зображення. В даній роботі здійснено автоматизований параметричний синтез оптичних систем об'єктива і окуляра для приладу нічного бачення, що базується на використанні електронно-оптичний перетворювача третього покоління. Оптична система відрізняється значним кутом поля зору в просторі предметів (48°), високою роздільною здатністю та малою дисторсією як об'єктива, так і окуляра (3%).

Ключові слова: прилад нічного бачення, електронно-оптичний перетворювач, об'єктив, окуляр, роздільна здатність.

ВСТУП

Прилади нічного бачення (ПНБ) знайшли широке застосування переважно у військовій справі для розвідки та спостереження об'єктів в умовах малої освітленості [1]. Основними проблемами багатьох сучасних зразків таких оптико-електронних приладів є недостатня якість зображення (особливо на периферії) та обмежений кут поля зору.

Якість зображення ПНБ визначається класом використаного електронно-оптичного перетворювача (ЕОП) та ступенем корекції аберацій оптичних компонентів об'єктива і окуляра.

На відміну від поширених ЕОП другого покоління, ЕОП третього покоління принципово відрізняються від своїх попередників високоефективним напівпровідникових фотокатодами, виготовленими на основі арсеніду галію (AsGa) [3]. Вони мають більшу чутливість та загальний коефіцієнт підсилення яскравості. Через це часто ПНБ, розроблені на їх основі, не потребують додаткового ІЧ-підсвічування. Тому третє покоління ЕОП цінується серед військових та співробітників силових структур [4]. На сьогодні, ПНБ, оснащені такими ЕОП, здатні працювати при низьких рівнях освітленості – до 10-5 лк (нічне небо, затягнуте хмарами) [5].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою роботи є розробка високоякісних оптичних систем об'єктива та окуляра зі значними кутовими полями огляду. Для максимального використання можливостей ЕОП третього покоління, роздільна здатність кожного оптичного компонента по всьому полю має бути щонайменше 50 ліній/мм. При цьому відносна дисторсія, як об'єктива, так і окуляра, не повинна перевищувати 3 %.

РОЗРАХОВАНІ ОПТИЧНІ СИСТЕМИ

В даній роботі було здійснено параметричний абераційний синтез оптичної системи семилінзового об'єктива, призначеного для функціонування у спектральному діапазоні 0,6...1 мкм, та восьмилінзового окуляра, що працює у видимому спектральному діапазоні (0,47...0,65 мкм).

Для визначеності було обрано: кутове поле зору в просторі предметів – 48° ; кутове поле зору в просторі зображень – 60° ; відносний отвір об'єктива 1:2;

діаметр вихідної зіниці – 5 мм та віддалення вихідної зіниці від останньої оптичної поверхні – 16 мм (це дозволяє оператору використовувати класичні окуляри для корекції зору). З урахуванням цих вимог, а також діаметрів фотокатода і екрану вибраного ЕОП третього покоління (18,5 мм), задня фокусна відстань об'єктива повинна дорівнювати 22 мм, а окуляра – 16,7 мм.

Сутність розрахунку зводилась до автоматизованого параметричного синтезу оптичних компонентів в програмному забезпеченні *PODIL* з використанням засобів глобальної оптимізації. Такий підхід раніше призводив до успіху під час розрахунку різних типів ОС [6-8].

Початкова ОС задавалась у формі плоско-паралельних пластин. Значення радіуса кривизни останньої оптичної поверхні визначалось програмою автоматично за заданим фіксованим кутом з оптичною віссю вихідного апертурного променя осьового пучка. Це дало змогу забезпечити сталі значення задньої фокусної відстані оптичного компонента під час пошуку розв'язку.

Під час розрахунку автоматично враховувалися обмеження на осьові товщини лінз, повітряні проміжки, мінімальну товщину лінз на краю (1,5 мм), загальну довжину компонента, максимальне допустиме значення відносної дисторсії (3 %) тощо.

Під час розрахунку марки скла обиралися програмою автоматично з каталогу "CDGM". Для склеєних лінз окуляра додатково контролювалася абсолютна максимальна різниця температурних коефіцієнтів розширення склеєних марок скла ($3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Оптичні схеми розроблених компонентів представлені на рис. 1 і 2. Якість корекції аберацій можна оцінити за графіками поліхроматичних модуляційних передавальних функцій (МПФ) для різних точок поля зору, приведеними на рис. 3 і 4.

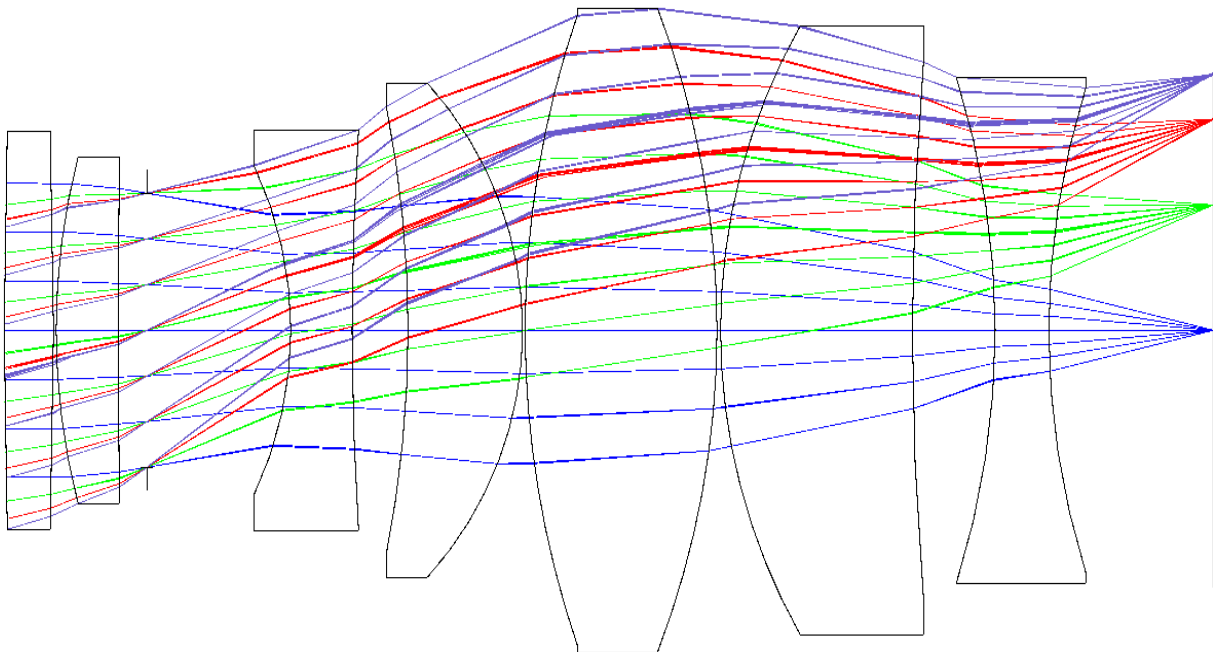


Рисунок 1. Оптична схема синтезованого об'єктива (в прямому ході променів)

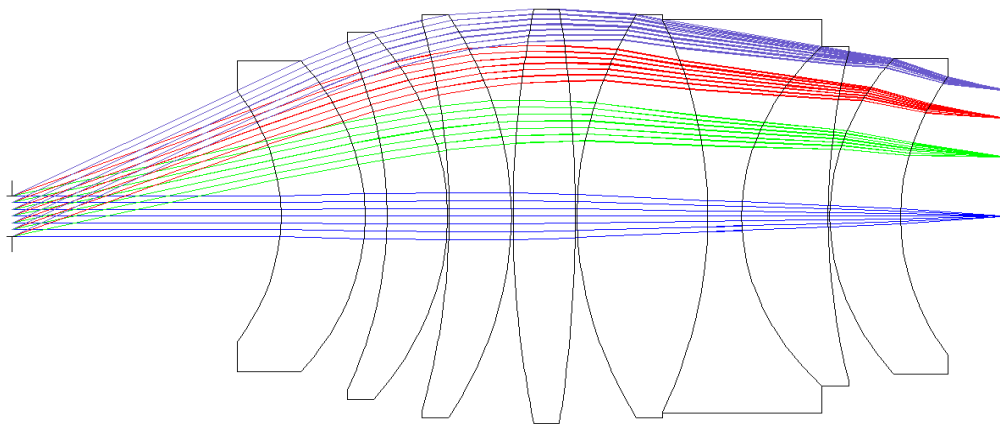


Рисунок 2. Оптична схема синтезованого окуляра (в зворотному ході променів)

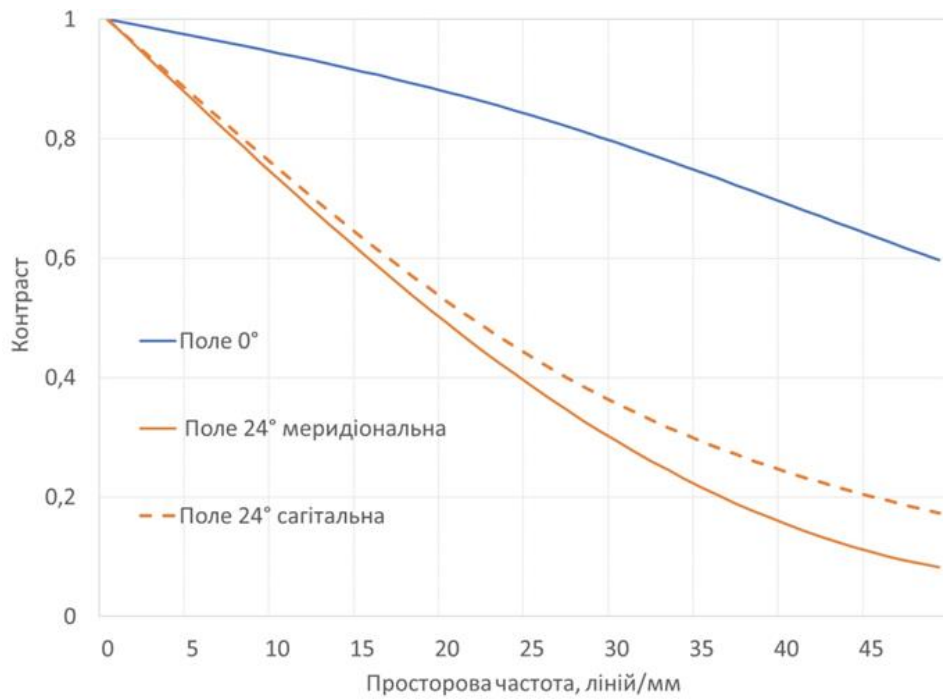


Рисунок 3. Графіки поліхроматичних МПФ розрахованого об'єктива ПНБ

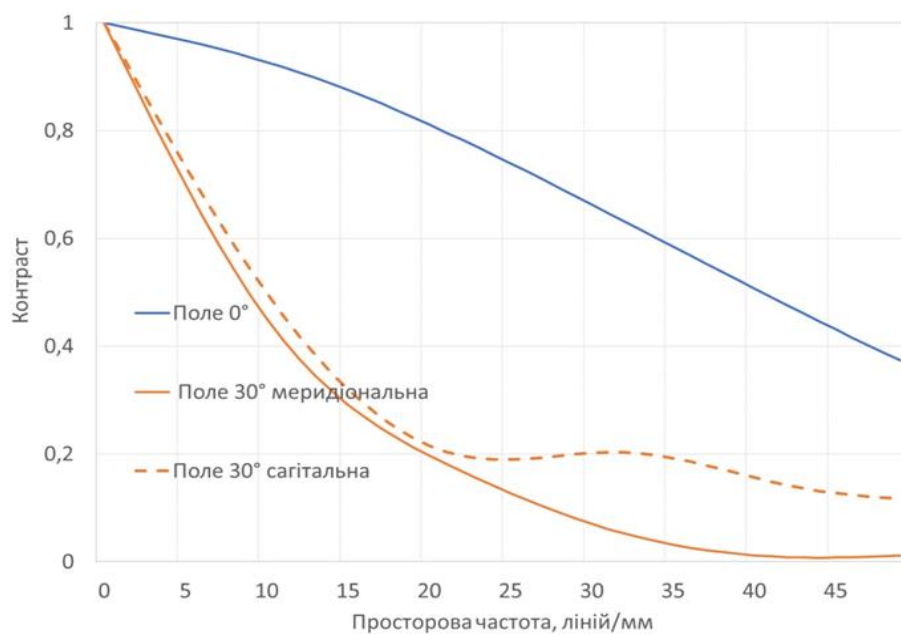


Рисунок 4. Графіки поліхроматичних МПФ розрахованого окуляра ПНБ

ВИСНОВКИ

Розраховані оптичні системи об'єктива і окуляра мають малу дисторсію та високі значення поліхроматичних МПФ, що задовольняють ефективно застосовувати ЕОП третього покоління в ПНБ зі збільшеним полем огляду. Якість зображення є високою не лише в центрі поля зору, а й на периферії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Прибор ночного видения (в разделе «Приборы») // Советская военная энциклопедия / Огарков Н. В.. – Москва: Военное издательство Министерства обороны СССР. – 1978. – Т. 6. – С. 522-671.
- [2] Всё о различиях в поколениях ЭОП [Электронный ресурс] Optic4v.ru – 2020 – Режим доступа: <https://www.optic4u.ru/info/articles/2016/vse-o-razlichiyakh-v-rokoleniyakh-eop/>.
- [3] Бегучев В. П., Чапкевич А. Л., Филачев А. М. Электронно-оптические преобразователи. Состояние и тенденции развития // Прикладная физика. – 1999. – №2.
- [4] Гейхман И. Л., Волков В. Г. Видение и безопасность. – М: Новости. – 2009. – 840 с.
- [5] Козелкин В. В., Усольцев И. Ф. Основы инфракрасной техники. – М: Электронно-оптические преобразователи. – 1985.
- [6] Сокуренок В. М., Макаренко Я. І. Розробка оптичних систем методами глобальної оптимізації // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2015. – № 50(2). – С. 51-60.
- [7] Сокуренок В. М., Вакуленко М. М. Автоматизований розрахунок окулярів з дифракційними оптичними елементами // Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки. – Хмельницький. – 2018. – №1 (257). – С. 107-112.
- [8] Сокуренок В. М., Бондарчук Д. П. Автоматизований параметричний синтез фотооб'єктива зі зменшеною дисторсією // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2018. – № 56(2). – С. 18-24.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Сокуренок В.М.