

УДК 535.8 535.318 535.317.9

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ОЦЕНОЧНОЙ ФУНКЦИИ ОПТИМИЗАТОРА НА КАЧЕСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОРРЕКЦИИ ДВУХЛИНЗОВОЙ КАТАДИОПТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Зуева Т.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Романова Г.Э.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** При разработке широкоугольных компактных оптических систем для комплексов виртуальной реальности, обеспечивающих высокое качество изображения, необходимо применение асферических поверхностей, в том числе описываемых уравнениями высшего порядка. При разработке таких систем неизбежно применяются методы автоматизированной коррекции с использованием современного программного обеспечения. При этом выбор как типа уравнения, так и структуры оценочной функции, в том числе ограничений на конструктивные параметры, а также характера распределения лучей и плотности сетки лучей, могут оказывать существенное влияние на результат оптимизации. В данной работе рассматриваются варианты оптимизации оптической схемы компактной зеркально-линзовой системы с угловым полем 70 градусов, фокусным расстоянием 22-24 мм, диаметром выходного зрачка 8 мм, выносом выходного зрачка 15 мм и диагональю микродисплея 27,25 мм.

**Основная часть.** К современным оптическим системам дополненной реальности предъявляются требования как по малому количеству элементов, небольшой массе и габаритам, так значительному угловому полю и высокому качеству изображения, поэтому такие системы во многих случаях включают асферические поверхности сложной формы. Кроме того, прием, позволяющий также не увеличивать количество линз, но расширить возможности абберационной коррекции, это применение двойного хода луча за счет поляризационных покрытий, то есть применение зеркально-линзовых (катадиоптрических) систем. Существует несколько возможных вариаций систем такого типа. В качестве стартовой схемы в данной работе рассматривается двухлинзовая система со второй и четвертой отражающими поверхностями. В данном случае рассматривается достижимое качество изображения при использовании различных типов уравнений для описания асферических поверхностей и различной структуры оптимизатора. Анализ проводился как при разной плотности сетки лучей, так и разных алгоритмах формирования сетки лучей по площади зрачка: гауссовой квадратурой и прямоугольной матрицей.

По итогам оптимизации при сетке лучей, сформированной по гауссовой квадратуре при 20 окружностях, была получена система со следующими характеристиками: размер изображения  $2y'=27,25$  мм, фокусное расстояние 22,7 мм, длина системы 38,4 мм, поле зрения 70 градусов. Диаметр пятна рассеяния системы в пространстве глаза для осевой точки предмета составил 30", для крайнего пучка 1'12", максимальное значение дисторсии 14,4%. Частотно-контрастная характеристика изображения на частоте 80 лин/мм не ниже 0,75 по всему полю, что позволит использовать систему совместно с дисплеями высокого разрешения.

При оптимизации с алгоритмом формирования сетки прямоугольной матрицей с размером сетки 204x204 получены следующие результаты: размер изображения  $2y'=27,74$  мм, фокусное расстояние 23,6 мм, длина системы 44,6 мм, поле зрения 70 градусов. Диаметр пятна рассеяния в пространстве глаза в угловой мере для центрального пучка лучей составил 3'12", для краевого пучка 2'15", максимальное значение дисторсии 16,1%. Частотно-контрастная характеристика изображения на частоте 80 лин/мм не ниже 0,5. В обоих случаях в системе использовались как

сферические поверхности, так и асферические второго порядка для второй-четвертой поверхностей.

**Выводы.** По итогам проведенной работы можно сказать, что применение при оптимизации формирования сетки лучей по гауссовой квадратуре обеспечило в данной системе лучшие результаты по сравнению с прямоугольной стеклой. Применение совместно с этим способом формирования сетки стандартного уравнения для описания асферических поверхностей второго порядка позволило обеспечить в системе из двух линз с двойным прохождением луча через вторую линзу высокое качество изображения, востребованное в современных системах виртуальной реальности.

#### **Список источников.**

1. Zemax Optical Design Program. User's Manual / 2011. – 805 p. – Текст : непосредственный.
2. Dewen Cheng Optical design and pupil swim analysis of a compact, large EPD and immersive VR head mounted display [Текст] / Dewen Cheng, Qichao Hou, Yang Li // Optics Express. — 2022. — № 5. — С. 6584-6602.
3. Заказнов, Н. П. Теория оптических систем / Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. И. Кузичев // Москва : Машиностроение, 1992. – 448 с. – Текст : непосредственный.