

1. Curzan J.P. Variable Acuity Image with Dynamically Steerable, Programmable Superpixels / J.P. Curzan, C. R. Baxter, M.A. Massie // Proceedings of the SPIE. – 2003. – Vol. 4820. – P. 318-326.
2. McCarley P.L. Large-format variable spatial acuity superpixel imaging: visible and infrared systems applications / P.L. McCarley, M.A. Massie, J.P. Curzan // Proceedings of the SPIE. – 2004. – Vol. 5406. – P. 361-369.
3. Massie M.A. Operational and performance comparisons between conventional and foveating large format infrared focal plane arrays / M.A. Massie, J.P. Curzan, R.A. Coussa // Proc. SPIE. – 2005. – Vol. 5783. – P. 260-271.
4. Артемьев В.М. Наумов А.О., Кохан Л.Л. Обнаружение объектов конечных размеров на изображениях в условиях неопределенности / Информатика. – 2010. – № 4. – С. 5-14.

УДК 681.7.015.2+535.317

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА КОМПЕНСАТОРОВ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИМИТАТОРА ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЦЕЛИ

Артюхина Н.К., Лещинская А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аппаратура имитации траектории движения точки (цели) предназначена для формирования управляющего сигнала и преобразования в изображение цели на матрице исследуемого объекта и относится к контрольно-юстировочной. В оптических системах, предназначенных для имитации траектории движения точки, основными оптическими компонентами являются оптические клинья, которые, вращаясь вокруг своей оси в проти-воположных направлениях, обеспечивают движение точки по заданной траектории.

В исходном (номинальном) состоянии оптическая система компенсатора не обладает свойствами симметрии вращения вокруг оптической оси, поэтому схему относят к децентрированным модулям, где отдельные элементы (например, поверхности) могут не лежать на одной оси, т.е. могут быть смещены или наклонены (повернуты) на произвольные углы.

Измерительные клинья (компенсаторы) бывают двух типов (рисунок 1 а, б) [1].

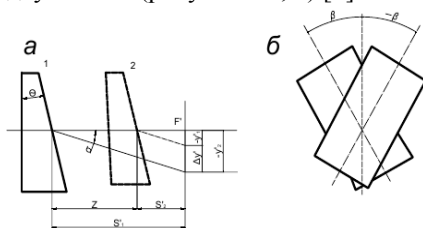


Рисунок 1 – Клиновые компенсаторы: а) клин, перемещающийся вдоль оси в сходящемся пучке лучей; б) пара вращающихся клиньев

Положение компенсатора, при котором ребра клиньев находятся по одну сторону и преломляющие грани параллельны друг другу, принимается за исходное (эквивалент плоскопараллельной пластинки) [2].

В базовой конструкции аналога блок компенсатора состоит из двух пар вращающихся клиньев и узла перемещения каретки; движение потоков излучения осуществляется по соответствующей траектории. Конструкция аналога приведена на рисунке 2.

В данной работе рассматривается оптическая система, состоящая из коллиматора для создания необходимой цели, зеркал для излома оптической оси и компенсаторов, конструкция которых состоит из двух клиньев с одинаковыми преломляющими углами. Оптические клинья являются основным блоком и, вращаясь вокруг своей оси в противоположных направлениях, обеспечивают

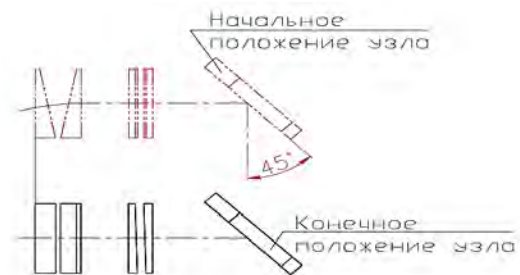


Рисунок 2 – Оптическая схема аналога

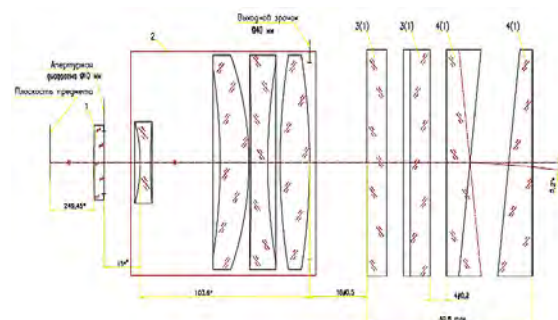


Рисунок 3 – Оптическая схема имитатора цели

движение точки по заданной траектории. Проведена модернизация узла компенсаторов в связи с необходимостью улучшения некоторых параметров. Разработанная оптическая система имитатора траектории движения цели представлена на рисунке 3. Принцип работы заключается в следующем.

Объектив 1 формирует параллельный пучок лучей, который расширяется телескопической четырехкратной насадкой и попадает на оптический модуль, состоящий из двух пар клиньев 3 и 4. При вращении клиньев 3(1) и 3(2) вокруг своей оси в противоположных направлениях, точка движется в плоскости матрицы в горизонтальном направлении. Аналогичная ситуация наблюдается при вращении клиньев 4(1) и 4(2), когда движение точки происходит в вертикальном направлении.

Клиновые компенсаторы обычно состоят из пары клиньев, имеющих одинаковые преломляющие углы и вращающихся на равные углы в противоположных направлениях. Отклонение лучей пропорционально косинусу угла разворота клиньев от исходного положения.

Один клин отклоняет на угол $\omega = (n - 1)\theta$, для пары клиньев имеем $2\omega = 2(n - 1)\theta$.

При повороте каждого клина на угол φ от исходного положения угол отклонения пучка лучей на выходе из пары клиньев находится по формуле:

$$\varepsilon = 2\omega \cos(90^\circ - \varphi). \quad (1)$$

Исходное положение – положение наименьшего отклонения. Следовательно, это положение, когда клинья представляют собой плоскопараллельную пластинку, что не влияет на качество изображения.

Отклонение лучей пропорционально косинусу угла разворота клиньев от исходного положения. При графическом исследовании выражения (1), определено, что кривая имеет линейную зону в пределах 30° до 150° , которая является рабочим диапазоном. Преломляющий угол клина θ определяется по формуле:

$$\theta = \frac{\varepsilon}{2(n-1) \cos(90^\circ - \varphi)}. \quad (2)$$

Анализируя качество изображения, создаваемое объективом 1 и телескопической насадкой 2 по функции рассеяния точки (рисунок 4), можно сделать вывод о том, что качество достаточно высокое; монохроматические и волновые aberrации в данной оптической системе практически отсутствуют.

Дополнительно было проведено исследование

хроматизма оптической системы клиньев. Установлено, что после введения клиньев 3 и 4 и их разворота на качество изображения точки на матрице испытуемого прибора достаточно высокое влияние начинает оказывать хроматическая aberrация. В данном случае хроматическая aberrация будет представлять разность углов отклонения пучка лучей от крайних длин волн.

Проведен анализ хроматизма в зависимости от материалов клиньев (13 стандартных марок стекол: кроновых типа К8, БК13, ТК4 и флинттовых БФ4, ТБФ3, ЛФ10, ТФ2 и др.) с учетом угла клина и угла разворота клиньев в паре и выбраны наиболее экономичные материалы. Расчеты проведены по сдвоенному пикселу для используемого типа матрицы приемного объектива, которая имеет размер пиксела $5,5 \times 5,5$ мкм, т.е. рассчитывается концентрация в кружке рассеяния 11 мкм. Объектив используется с фокусным расстоянием $f = 51$ мм, максимальный хроматизм при использовании стекла К8, при $\varphi = 90^\circ$, равен $11,5''$, данное значение хроматизма допустимо. Для оценки качества изображения рассчитаны функция концентрации энергии, функция рассеяния точки и число Штреля (рисунок 4).

Разработанный клиновой компенсатор может быть использован в аппаратуре имитации траектории движения цели, например, в области военной техники.

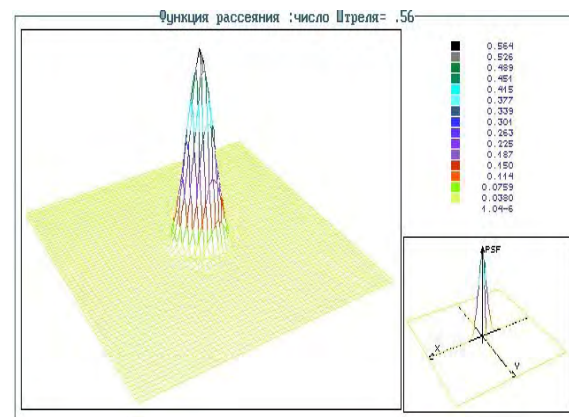


Рисунок 4 – Функция рассеяния точки

1. Запрягаева Л.А., Свешникова И.С. Расчет и проектирование оптических систем: учеб. для вузов по направлению «Оптотехника» и специальности «Оптико-электронные приборы». – М.: Логос. – 2000. – 582 с.
2. Мальцев М.Д., Каракулина Г.А. Прикладная оптика и оптические измерения. – М.: Машиностроение. – 1968 – 474 с.