технологические особенности изготовления, сборки, юстировки и контроля коллиматорных объективов (более сложная конструкция крепления линз у несклеенного объектива), а также возможности предприятия-изготовителя.

Литература

1. Апенко, М. И. Задачник по прикладной оптике: учеб. пособие для вузов. / М. И. Апенко, Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. – М.: Недра, 1987. – 310 с.

УДК 517.91

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПП ZEMAX И ПЕРЕАППРОКСИМАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Артюхина Н. К., Мамай Е. Ю., Филиппов Ф. А., Шанчук В. А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлено моделирование асферических поверхностей и переаппроксимация в ПП ZEMAX.

Ключевые слова: моделирование оптических компонентов, четная асферика, нечетная асферика, переаппроксимация.

MODELING OF ASPHERICAL SURFACES IN THE ZEMAX SP AND SURFACE RE-APPROXIMATION

Artyukhina N., Mamay Y., Philippov F., Shanchuk V.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The modeling of aspherical surfaces and the re-approximation in the ZEMAX SP are presented.

Key words: Modeling of optical components, even aspherics, odd aspherics, re-approximation.

Адрес для переписки: Мамай Е. Ю., пр. Независимости 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: georgemamay@gmail.com

Пакет программ Zemax позволяет моделировать многие типы оптических компонентов, включая элементы с обычными сферическими поверхностями, а также с асферическими, торроидальными, цилиндрическими и другими [1].

Выбор типа поверхности (рисунок 1) осуществляется по соответствующей ячейке колонки Surface type таблицы редактора данных (LDE):

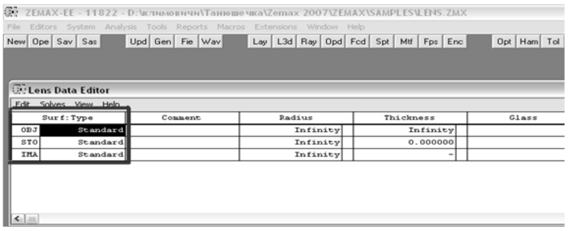

Рисунок 1 – Колонка поверхностей

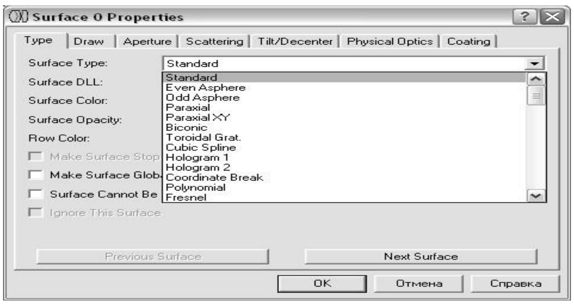

Рисунок 2 – Типы повехностей

А далее во вкладке Type (рисунок 2) устанавливается нужный тип поверхности.

К категории стандартных в ПП Zemax относятся следующие поверхности:

– сферические;
– плоские (частный случай сферических);
– асферические второго порядка.

Прогиб стандартной поверхности определяется формулой:

$$z = \frac{h^2}{R\left(1+\sqrt{1-(1+k)\left(\frac{h}{R}\right)^2}\right)}, \qquad (1)$$

где $\frac{1}{R}$ – кривизна поверхности; h – радиальная координата; k – коническая постоянная поверхности, которая определяется следующим образом:

$$k = -e^2, \qquad (2)$$

где e – эксцентриситет образующей.

Отметим, $k < -1$ – для гиперболических поверхностей; $k = -1$ – для параболических поверхностей; $0 < k < 1$ – для эллиптических поверхностей; $k = 0$ – для сферических поверхностей.

Таким образом для того, чтобы задать Standard поверхность, требуется определить только несколько величин, таких как радиус кривизны, расстояние по оси до следующей поверхности, коническая постоянная и марку стекла (или зеркальную поверхность MIRROR).

Поверхность типа «Четная асферика» является осесимметричной. В модели такой поверхности используются только четные степени радиальных координат. Стрелка прогиба поверхности определяется формулой:

$$z = \frac{h^2}{R\left(1+\sqrt{1-(1+k)\left(\frac{h}{R}\right)^2}\right.} + \sum_{i=2}^{n} A_{2i} h^{2i}, \quad (3)$$

где 8 коэффициенты A_{2i} вводятся в соответствующие параметрические колонки редактора (рисунок 3):

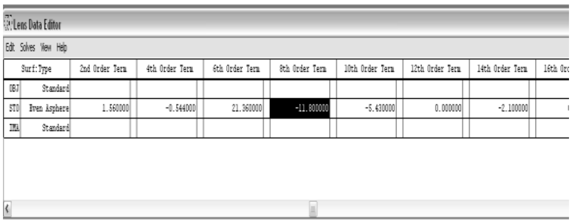

Рисунок 3 – Ввод коэффициентов

Для поверхность типа «Нечетная асферика» в полиноме используются как четные, так и нечетные степени. Стрелка прогиба поверхности определяется формулой:

$$z = \frac{h^2}{R\left(1+\sqrt{1-(1+k)\left(\frac{h}{R}\right)^2}\right.} + \beta_1 r^1 + \beta_2 r^2 +$$

$$+\beta_3 r^3 + \beta_4 r^4 + \beta_5 r^5 + \beta_6 r^6 + \beta_7 r^7 + \beta_8 r^8. \quad (4)$$

Коэффициенты при членах полинома (рисунок 4) вводятся в соответствующие ячейки таблицы LDE после того как осуществлен выбор типа поверхности (Odd asphere):

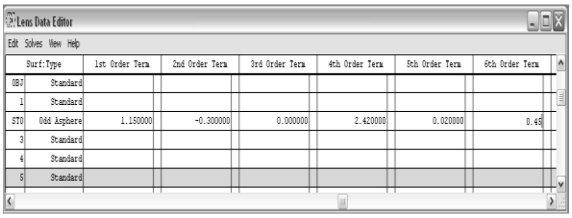

Рисунок 4 – Ввод коэффицетов

Модель четной асферики наиболее часто используется для описания корректоров Шмидта, а нечетной – для генерирования поверхностей конической формы – аксиконов.

Чтобы определить тип и параметры несферической поверхности 2-го порядка необходимо первоначально привести ее меридиональное уравнение к виду:

$$y^2 = \pm 2\frac{b^2}{a^2}x \pm \frac{b^2}{a^2}x^2. \quad (5)$$

Радиус кривизны и коническая постоянная поверхности равны:

$$r = \pm\frac{b^2}{a^2};\ k = -1 \pm \frac{b^2}{a^2}. \quad (6)$$

Полученные значения задаем в соответствующие ячейки таблицы редактора данных системы.

Для определения профиля несферической поверхности удобно совмещать начало координат с вершиной несферической поверхности; тогда уравнение профилей второго порядка будет иметь вид:

$$y^2 = Az + Bz^2 + Cz^3 + \cdots. \quad (7)$$

Для кривых второго порядка равенство нулю коэффициента B приводит к параболическому профилю; при отрицательном B уравнение профиля становится уравнением эллипса и при равенстве этого коэффициента минус единице - уравнение окружности. При положительных значениях коэффициента B уравнение кривых второго порядка будет выражать собой гиперболы.

Коэффициент A уравнения (7) определяет собой величину радиуса кривизны при вершине кривой, по формуле:

$$A = 2r_0. \quad (8)$$

Необходима переаппроксимация поверхности. Пересчет коэффициентов предлагается выполнять с помощью программного пакета Opal [2]. Используем вкладки «Технология – Технология асферики – Пересчет коэффициентов» (рисунки 5 и 6).

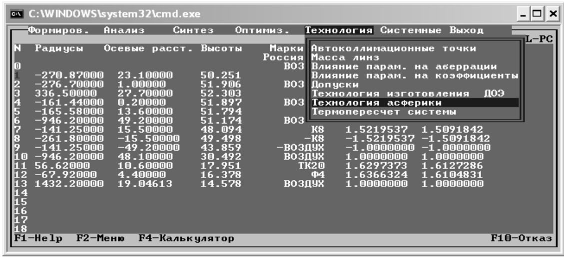

Рисунок 5 – Вкладка технология асферики

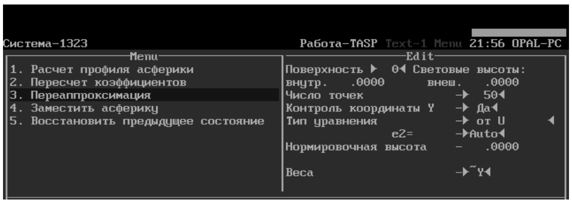

Рисунок 6 – Вкладка пересчет коэффициентов

Для обеспечения равенства уравнения асферической поверхности высших порядков от U (OPAL) и уравнения четной асферики (ZEMAX) необходимо провести переаппроксимацию уравнения асферической поверхности высших порядков любого заданного типа (OPAL) в уравнение от U при следующих условиях: $e^2 = 1$ и $H = 1$, где e^2 – квадрат эксцентриситета, H – нормированая высота.

Литература

1. Zemax. Optical design program. User’s guide. – Tucson, Arizona, USA: Zemax Development Corporation, 2005. – С. 385–390.

2. Артюхина, Н. К. Основы компьютерного моделирования оптических систем различных типов: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-38 01 02 «Оптико-электронные и лазерные приборы и системы» / Н. К. Артюхина. – Минск: БНТУ, 2016. – 182 с.