

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОСОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЦЕНТРИРОВАННЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОГРАММЕ ZEMAX

© 2016 г. А. А. Малькин

Лыткаринский завод оптического стекла, г. Лыткарино, Московская обл.

E-mail: mor3e@mail.ru

Предлагается набор макросов, написанных на внутреннем языке программирования ZEMAX, применение которых позволяет значительно сократить время проведения расчетов и качественной оценки центрированных оптических систем.

Ключевые слова: автоколлимационные точки, оптическая система, макрос, метод Монте-Карло, оптические материалы.

Коды OCIS: 080.3620

Поступила в редакцию 23.09.2015

Введение

При проведении расчетов оптических систем в современных системах автоматизированного проектирования, таких как OpticStudio (ZEMAX), CODE V, OSLO и др., многие пользователи сталкиваются с проблемами, решение которых занимает длительное время из-за необходимости использования отдельных дополнительных программ.

В настоящей статье рассмотрен ряд таких проблем и предложены пути их решения с помощью макроязыка программы ZEMAX.

Использование макроса, а не отдельной независимой программы, имеет ряд преимуществ, таких как простота написания макроса за счет большого количества встроенных (в программу ZEMAX) операторов, определяющих характеристики оптических систем (ОС), возможности анализа ОС в различных спектральных диапазонах и использования встроенных в ZEMAX оценочных функций и методов оптимизации ОС.

Макрос автоматической замены стекло в ОС

При анализе исходной ОС из патентной базы (LensVIEW, ZEBASE и др.) многие расчетчики сталкиваются с проблемой выбора оптимального набора оптических материалов (ОМ) в той или иной системе.

Для решения этой задачи автором настоящей статьи предлагается макрос (программа)

автоматической замены стекол в ОС (ПАЗС ОС) на стекла из заранее определенных каталогов ОМ [1, 2].

Следует отметить, что представленный алгоритм поиска альтернативной замены ОМ элементов оптических схем в каталогах России, SHOTT, HOYA, OHARA и др. по коэффициентам дисперсий и показателям преломления при заданном значении оценочной функции с представлением приоритетного списка используется также и в отечественной программе автоматизированного расчета оптики раннего поколения OPAL-PC.

В отличие от программы OPAL-PC в разработанной программе при поиске альтернативной замены ОМ учитывается разница между отклонениями относительных частных дисперсий от “нормальной линии” заменяющей и заменяемой марок ОМ ($\Delta P'_{\lambda, F} - \Delta P''_{\lambda, F}$) [1]. Кроме этого в ПАЗС ОС собственно замена происходит автоматически.

Алгоритм работы ПАЗС ОС включает несколько этапов. Вначале осуществляется сохранение исходной ОС под новым именем (USER.ZMX) – в дальнейшем вся работа макроса будет проходить с ней, затем проводится запрос значения текущей оценочной функции (NOM=MFCN()), после этого в программу ZEMAX загружается сохраненная оптическая схема, в которой и реализуется дальнейший алгоритм автоматической замены ОМ.

Алгоритм автоматической замены ОМ представляет собой последовательное сравнение каж-

ного материала в исследуемой системе со стеклами из “машинного” каталога NAME.AGF по методике, приведенной в работе [1], где “NAME” – имя каталога ОМ ZEMAX, в котором собраны характеристики стекол различных марок.

Суть метода [1] заключается в сравнительном анализе ОМ различных марок по трем параметрам: разницы между коэффициентами дисперсии заменяющего и заменяемого ОМ – Δv , разницы между показателями преломления этих ОМ – Δn , разницы между отклонениями относительных частных дисперсий от “нормальной линии” соответствующих ОМ ($\Delta P'_{\lambda, F} - \Delta P''_{\lambda, F}$) по выражению

$$0,04 \geq \sqrt{\frac{(0,01\Delta v_d)^2 + (\Delta n_d)^2}{+ [10(\Delta P'_{\lambda, F} - \Delta P''_{\lambda, F})]^2}}. \quad (1)$$

Когда в процессе работы ПАЗС ОС удается найти два и более альтернативных варианта ОМ, программа оставляет в системе последний из них по счету, при этом в отчете печатаются все возможные варианты.

Если программа не находит альтернативного варианта ОМ в каталогах, то материал не заменяется.

Алгоритм расчета ОС с применением ПАЗС ОС включает четыре основных этапа.

На первом этапе задается исходная ОС, которая может состоять как из стекол отечественных марок, так и из ОМ зарубежных производителей, “машинные” каталоги которых загружены в программу ZEMAX.

На втором этапе задаются параметры оптимизации и формируется оценочная функция.

На третьем этапе происходит процесс оптимизации рассматриваемой ОС до момента, пока значения оценочной функции или качественные характеристики системы, необходимые для ее работы, не станут приемлемыми.

На четвертом этапе применяется ПАЗС ОС, диалоговое окно которой приведено на рисунке.

В алгоритм ПАЗС ОС заложена оптимизация рассматриваемой ОС с параметрами, заданными пользователем с помощью стандартных средств ZEMAX, кроме этого предусмотрена замена ОМ без оптимизации. В результате работы ПАЗС ОС конструктивные параметры исходной оптической схемы изменяются незначительно.

Результатом работы ПАЗС ОС являются: ОС со стеклами, замененных марок, отчет, в котором представлены возможные варианты заме-

ны марок стекол, и величина R , определяемая по выражению

$$R = \sqrt{\frac{(0,01\Delta v_d)^2 + (\Delta n_d)^2}{+ [10(\Delta P'_{\lambda, F} - \Delta P''_{\lambda, F})]^2}}. \quad (2)$$

В предоставляемом отчете также приводятся исходная оценочная функция и ее значение после замены стекол.

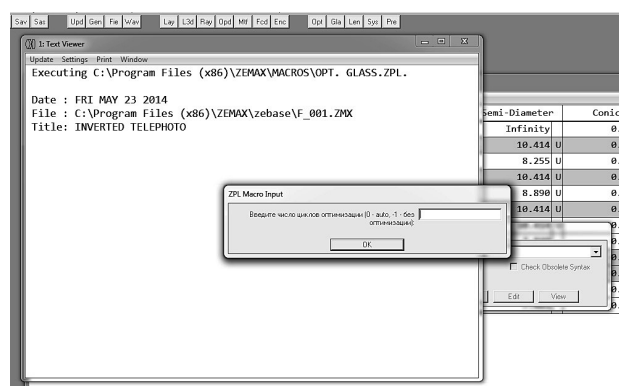
В алгоритм программы заложены “машинные” каталоги ОМ крупнейших производителей. При необходимости количество “машинных” каталогов можно менять, для этого необходимо откорректировать строку программного кода «SYSP 23, “NAME LZOS SCHOTT HOYA OHARA HIKARI CDGM CORNING SUMITA PILKINGTON INFRARED”».

В указанной строке собраны “машинные” каталоги в порядке значимости. На первом месте находится “машинный” каталог “NAME.AGF”, в котором содержатся предпочтительные по характеристикам стекла, отобранные непосредственно пользователем (проектировщиком ОС) в процессе своей работы в программе ZEMAX, вторым по счету является “машинный” каталог АО ЛЗОС, на третьем месте – каталог фирмы SCHOTT и др.

Представленная программа в равной степени может использоваться как при расчете центрированных ОС, так и систем с композициями, включающими децентрированные элементы.

Макрос расчета автоколлимационных точек в ОС

Среди разработанных дополнительных инструментов программы ZEMAX можно выделить программу расчета автоколлимационных



Диалоговое окно ПАЗС ОС.

точек, построенную по методике, опубликованной в работе [3].

Эта программа позволяет осуществлять расчет автоколлимационных точек центрированных ОС в целом, отдельных компонентов и склеенных блоков, входящих в эти системы, непосредственно в программе ZEMAX.

Макрос расчета автоколлимационных точек пригоден для работы только с центрированными ОС, поскольку в алгоритм его работы заложен расчет хода параксиального (нулевого) луча по методике [3] без учета децентрировок, вносимых пользователем программы ZEMAX. Данное ограничение справедливо ввиду отсутствия необходимости расчета автоколлимационных точек ОС с децентрированными элементами в АО ЛЗОС.

Следует отметить, для расширения возможностей работы макроса с композициями, включающими децентрированные элементы, требуется незначительная его доработка.

Макрос анализа влияния допусков на качественные характеристики объективов в программе ZEMAX методом Монте-Карло

Одними из важнейших задач расчета объективов являются анализ чувствительности разрабатываемой схемы к допускам и влияние последних на качественные характеристики опти-

ко-электронного прибора в целом. Для решения этой задачи автором разработан макрос, в основу которого заложен анализ влияния допусков методом Монте-Карло [4]. Метод позволяет моделировать в программе ZEMAX одновременное воздействие на характеристики объектива всех заданных допусков.

Результатом работы макроса является сводная таблица, в которой отражено суммарное влияние допусков, назначенных пользователем в программе ZEMAX, на оценочные параметры, например, на фокусное расстояние и на коэффициент передачи контраста.

Для простоты работы программный код макроса не перегружен, прост в редактировании и не требует знания языков программирования. В связи с этим в качестве оценочного параметра можно задать любой критерий оценки, который имеется в программе ZEMAX, например, среднеквадратическую ошибку волнового фронта, число Штреля, значение оценочной функции и др. [подробнее см. 4, Р. 642–653].

Так же как и программа ПАЗС ОС, предложенный макрос универсален и может использоваться как при расчете центрированных ОС, так и систем, включающих децентрированные элементы.

Все представленные программы (макросы) позволяют значительно сократить время расчета и качественной оценки ОС.

* * * * *

ЛИТЕРАТУРА

1. Малькин А.А. Алгоритмы расчета оптических систем с использованием ограниченного перечня марок стекол // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2014. Вып. 4. С. 113–119.
2. Малькин А.А. Применение ограниченной номенклатуры марок стекол при проектировании оптических систем // Сб. тр. конф. «Прикладная оптика-2014». 2014. Т. 2. С. 146–149.
3. Ельников Н.Т., Дитев А.Ф., Юрусов И.К. Сборка и юстировка оптико-механических приборов. М.: Машиностроение, 1974. С. 114–115.
4. ZEMAX Optical design program. User's guide. Tucson, Arizona, USA: Zemax Development Corporation, 2010. С. 550–553.