

## Компьютерное моделирование оптических систем

А.В. Нечаев,  
ст. преподаватель кафедры АПП

В настоящее время нельзя назвать область человеческой деятельности, в которой в той или иной степени не использовались бы методы моделирования.

Моделирование – это замещение одного объекта (оригинала) другим (моделью) и фиксация, и изучение свойств модели. Замещение производится с целью упрощения, удешевления, ускорения изучения свойств оригинала.

В общем случае объектом-оригиналом может быть естественная или искусственная, реальная или воображаемая система. Она имеет множество параметров и характеризуется определенными свойствами. Количественной мерой свойств системы служит множество выходных характеристик, система проявляет свои свойства под влиянием внешних воздействий.

Модель – это тоже система со своими множествами параметров и выходных характеристик. Оригинал и модель сходны по одним параметрам и различны по другим. Замещение одного объекта другим правомерно, если интересующие исследователя характеристики оригинала и модели определяются однотипными подмножествами параметров. Иными словами, модель должна быть адекватна исследуемой системе.

Достижения математики привели к распространению математических моделей различных объектов и процессов. Подмечено, что динамика функционирования разных по физической природе систем однотипными зависимостями, что позволяет моделировать их на ЭВМ.

Сейчас трудно указать область человеческой деятельности, где бы применялось моделирование. Специалисты считают, что моделирование становится основной функцией вычислительной системы (ВС). На практике широко используются АСУ технологическими про-

цессами организационно-экономическими комплексами, процессами проектирования, банки данных и знаний. Но любая из этих систем нуждается в информации об управляемом объекте и модели управляемого объекта, в моделировании тех или иных управляющих решений.

Применение моделирования может быть полезным при разработке стратегии развития ВС, ее усовершенствования при создании сетей ЭВМ.

В допечатной подготовке изданий на сегодняшний день системы СТР серьезно потеснили с полиграфического производства системы фотонабора и вывода пленок. К основным элементам СТР относятся источник излучения (лазер) и система доставки излучения для последующего экспонирования, которая вместе с лазером образует оптическую систему (ОС). К ОС, применяемых в устройствах СТР, предъявляются высокие требования по точности фокусировки и одновременно простоте обслуживания. Для того чтобы ОС была правильно и грамотно спроектирована, необходимо использовать специализированные программные продукты, позволяющие построить виртуальную ОС и смоделировать ее поведение в различных (задаваемых) условиях. Поэтому остро стоит вопрос о выборе быстродействующего программного продукта, пригодного для моделирования оптических систем СТР.

Сложность задач, решаемых оптико-электронными системами (ОЭС), разнородность физических процессов, имеющих место при прохождении сигналов через отдельные узлы ОЭС, разнообразие областей применения и условий работы этих систем создают серьезные трудности в проведении достаточно информативных и достоверных (натурных) физических экспериментов при разработке и исследовании ОЭС. Использование информационных возможностей программирования и компьютерных технологий позволяет во многом упростить работу при проектировании новых ОЭС. Метод компьютерного моделирования ОЭС и условий их эксплуатации для синтеза и анализа подобных систем является удобным и достаточно эффективным инструментом.

Использование средств компьютерного моделирования дает возможность ответить на ряд вопросов: например, какие алгоритмы обработки сигналов и какая элементная база, используемые в ОЭС, являются наиболее рациональными с точки зрения различных требований, предъявляемых к системе, в частности, для обеспечения заданных показателей эффективности ее работы.

В области оптики и оптического приборостроения используются специализированные САЕ-системы. САЕ (англ. Computer-aided engineering) – общее название для программ или программных пакетов, предназначенных для инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов. Расчетная часть пакетов чаще всего основана на численных методах решения дифференциальных уравнений.

Современные системы автоматизации инженерных расчетов (CAE) применяются совместно с CAD-системами (зачастую интегрируются в них, в этом случае получаются гибридные CAD/CAE-системы).

CAE-системы – это разнообразные программные продукты, позволяющие при помощи расчетных методов (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов) оценить, как поведет себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Помогают убедиться в работоспособности изделия, без привлечения больших затрат времени и средств.

### **История развития**

Историю развития рынка CAD/CAM/CAE-систем можно достаточно условно разбить на три основных этапа, каждый из которых длился, примерно, по 10 лет. Первый этап начался в 1970-е годы. В ходе его был получен ряд научно-практических результатов, доказавших принципиальную возможность проектирования сложных промышленных изделий. Во время второго этапа (1980-е) появились и начали быстро распространяться CAD/CAM/CAE-системы массового применения. Третий этап развития рынка (с 1990-х годов до настоящего времени) характеризуется совершенствованием функциональности CAD/CAM/CAE-систем и их дальнейшим распространением в высокотехнологичных производствах (где они лучше всего продемонстрировали свою эффективность).

На начальном этапе пользователи CAD/CAM/CAE-систем работали на графических терминалах, присоединенных к мейнфреймам производства компаний IBM и Control Data, или же мини-ЭВМ DEC PDP-11 и Data General Nova. Большинство таких систем предлагали фирмы, продававшие одновременно аппаратные и программные средства (в те годы лидерами рассматриваемого рынка были компании Applicon, Auto-Trol Technology, Calma, Computervision и Intergraph). У мейнфреймов того времени был ряд существенных недостатков. Например, при разделении системных ресурсов слишком большим числом пользователей нагрузка на центральный процессор увеличивалась до такой степени, что работать в интерактивном режиме становилось трудно. Но в то время пользователям CAD/CAM/CAE-систем ничего, кроме громоздких компьютерных систем с разделением ресурсов (по устанавливаемым приоритетам), предложить было нечего, так как микропроцессоры были еще весьма несовершенными. По данным Dataquest, в начале 1980-х стоимость одной лицензии CAD-системы доходила до 90 000 долл.

Развитие приложений для проектирования шаблонов печатных плат и слоев микросхем сделало возможным появление схем высокой степени интеграции (на базе которых и были созданы современные

высокопроизводительные компьютерные системы). В течение 1980-х годов был осуществлен постепенный перевод CAD-систем с мейнфреймов на персональные компьютеры (ПК). В то время ПК работали быстрее, чем многозадачные системы, и были дешевле. По данным Dataquest, к концу 1980-х годов стоимость CAD-лицензии снизилась, примерно, до 20 000 долл.

Следует сказать, что в начале 1980-х годов произошло расщепление рынка CAD-систем на специализированные секторы. Электрический и механический сегменты CAD-систем разделились на отрасли ECAD и MCAD. Разошлись по двум различным направлениям и производители рабочих станций для CAD-систем, созданных на базе ПК:

- часть производителей сориентировалась на архитектуру IBM PC на базе микропроцессоров Intel x86;

- другие производители предпочли ориентацию на архитектуру Motorola (ПК ее производства работали под управлением ОС Unix от AT&T, ОС Macintosh от Apple и Domain OS от Apollo).

Производительность CAD-систем на ПК в то время была ограничена 16-разрядной адресацией микропроцессоров Intel и MS-DOS. Вследствие этого, пользователи, создающие сложные твердотельные модели и конструкции, предпочитали использовать графические рабочие станции под ОС Unix с 32-разрядной адресацией и виртуальной памятью, позволяющей запускать ресурсоемкие приложения.

К середине 1980-х годов возможности архитектуры Motorola были полностью исчерпаны. На основе передовой концепции архитектуры микропроцессоров с усеченным набором команд (Reduced Instruction Set Computer – RISC) были разработаны новые чипы для рабочих станций под ОС Unix (например, Sun SPARC). Архитектура RISC позволила существенно повысить производительность CAD-систем.

С середины 1990-х годов развитие микротехнологий позволило компании Intel удешевить производство своих транзисторов, повысив их производительность. Вследствие этого появилась возможность для успешного соревнования рабочих станций на базе ПК с RISC/Unix-станциями. Системы RISC/Unix были широко распространены во 2-й половине 1990-х годов, и их позиции все еще сильны в сегменте проектирования интегральных схем. Зато сейчас Windows NT и Windows 2000 практически полностью доминируют в областях проектирования конструкций и механического инжиниринга, проектирования печатных плат и др. По данным Dataquest и IDC, начиная с 1997 года рабочие станции на платформе Windows NT/Intel (Wintel) начали обгонять Unix-станции по объемам продаж. За прошедшие с начала появления CAD/CAM/CAE-систем годы стоимость лицензии на них снизилась до нескольких тысяч долларов (например, 6000 долл. у Pro/Engineer).

## Примеры программных продуктов для моделирования оптических систем

### ZEMAX

ZEMAX – программа, предназначенная для моделирования и анализа оптических систем. Интерфейс ZEMAX прост в использовании. К большинству функциональных возможностей ZEMAX обращаются, выбирая опции в диалоговых окнах или опускающихся меню. Сочетания клавиш предусмотрены для быстрого управления или выбора пунктов меню.

Общий вид программы представлен на рис. 1.

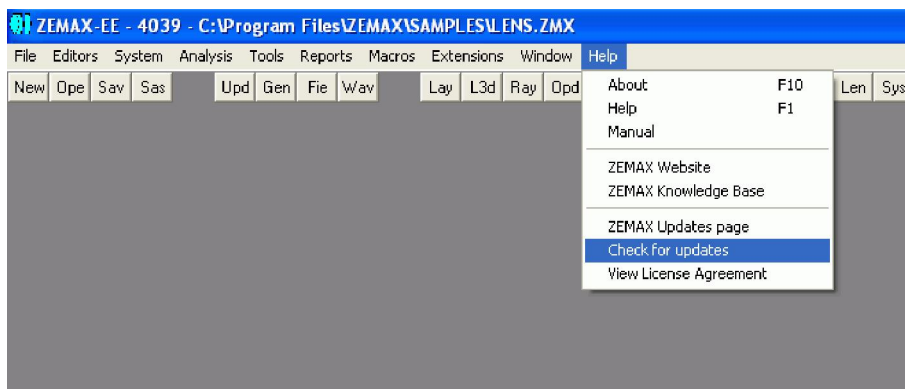


Рис. 1. Общий вид ZEMAX

**ОПАЛ** (ОПтические АЛгоритмы) – пакет программ по расчету (анализ качества, синтез из модулей, оптимизация, расчет технологических допусков, каталоги стекол широкого класса оптических изображающих систем – центрированных и децентрированных с переменными характеристиками и прочее) для IBM PC/DOS и ЕС ЭВМ/IBM 370. Разрабатывался по заказу компетентных органов в ЛИТМО на протяжении 70-х, 80-х и начала 90-х годов коллективом ученых и программистов под руководством профессора Родионова.

### CODE V

Программа, разрабатываемая более 30 лет, способна рассчитать любую оптическую систему: от микрообъектива до космического телескопа, учитывая при этом все факторы, влияющие на качество изображения. Основные достоинства программы:

- мощная теоретическая основа;
- постоянно пополняющийся набор средств для анализа;
- высококвалифицированная техническая поддержка в процессе эксплуатации системы.

Окно программы, загружаемое по умолчанию (New Lens Wizard), представлено на рис. 2.

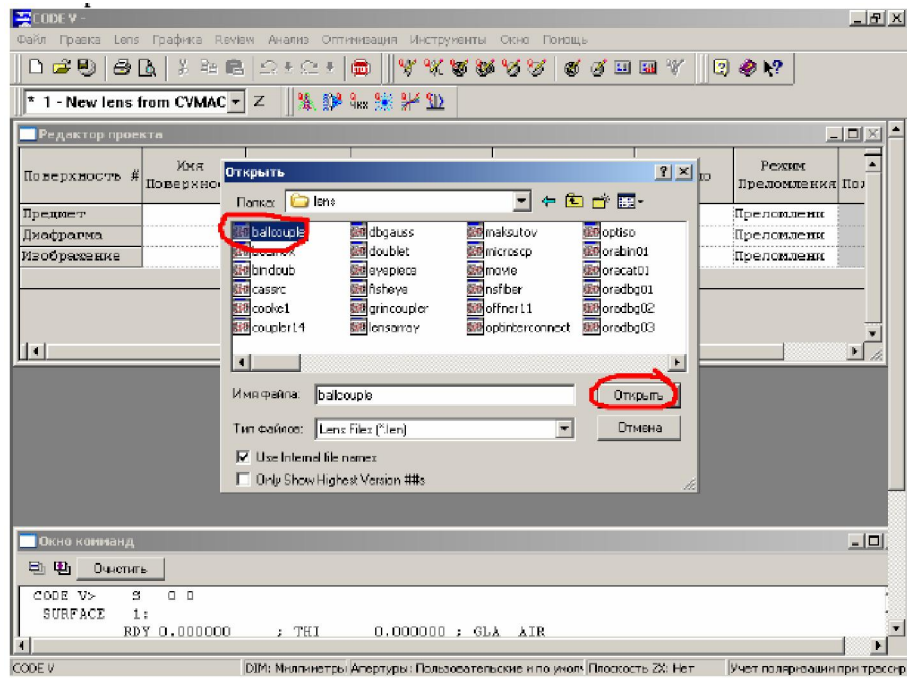


Рис. 2. New Lens Wizard

## OSLO

OSLO – это вычислительная среда для проектирования оптических систем. В дополнение к обычным функциям этот программный продукт имеет оптимизацию и оценку оптических систем. Одна из особенностей OSLO в том, что он имеет в своем интерфейсе специальные окна, которые позволяют работать в интерактивном режиме при исследовании деталей оптической системы в течение процесса проектирования.

На рис. 3 показана типичная конфигурация OSLO. В основном придется вводить данные в какие-либо таблицы или в командную строку. Имеется возможность для ввода команд непосредственно с клавиатуры в командную строку или путем выбора из имеющихся в выпадающем меню. Вывод полученной информации в OSLO обычно отображается в текстовом или графических окнах (под графическими окнами будем понимать окна, в которых отображаются параметры нашей оптической системы в виде каких-либо графиков или схематических рисунков), согласно типу вывода, который задан пользователем.

Уникальной особенностью OSLO является его окно ползунка. Благодаря этой функции, можно корректировать или даже оптимизировать оптическую систему простым движением ползунка.

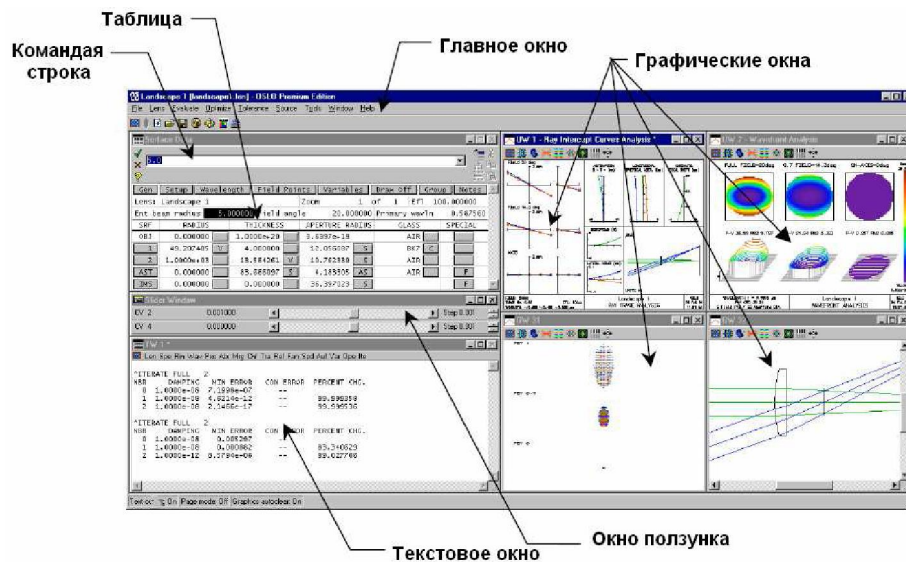


Рис. 3. OSLO. Типичная конфигурация

### Библиографический список

1. Трошина И.П. Компьютерное моделирование опико-электронных систем первичной обработки информации / И.П. Трошина. – М. : Университетская книга; Логос, 2009.
2. Советов Б.Я. Моделирование систем : учебник для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М. : Высш. шк., 2001.
3. Акмаров К.А. Расчет оптических систем в программных пакетах Zemax, Code V и OSLO / К.А. Акмаров, М.А. Глухов, А.Г. Максимов, Е.А. Шипулин, К.В. Шишаков. – Ижевск : ИЖГТУ, 2007.
4. Вестник автоматизации: <http://vestnikatp.wordpress.com/>, статья «Современные CAE системы автоматизации инженерных расчетов»: <http://vestnikatp.wordpress.com/2010/03/18/764/>.
5. Материалы сайта: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Computer-aided\\_engineering](http://ru.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_engineering)
6. Программы расчета оптических систем: <http://optdesign.narod.ru/programs.htm>
7. Программный продукт ZEMAX: <http://zemax.com/>
8. Теория и алгоритмы, используемые в OSLO с примерами: [http://www.lambdaires.com/pub/Optics\\_Reference.pdf](http://www.lambdaires.com/pub/Optics_Reference.pdf).