

---

---

# ОПТИЧЕСКИЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

---

---

УДК 681.7

О. А. ГАВРИЛИНА, С. В. ДУБИНИН

## РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ЭТАПАХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ

Рассматривается пример реализации информационной модели многоконфигурационной оптической системы. Модель реализуется в виде базы данных, в которой хранятся конструктивные параметры и другая информация, необходимая для моделирования. Для работы с моделью предусмотрено пользовательское приложение, позволяющее производить импорт и экспорт данных между различными системами автоматизированного проектирования.

*Ключевые слова:* информационная модель, единое информационное пространство, информационная поддержка изделий, оптические системы, функциональное проектирование, конструирование, базы данных.

**Введение.** В современных условиях для достижения конкурентных преимуществ в разработке изделий становится необходимым обмен данными о них между различными системами автоматизированного проектирования (САПР). Подобные системы содержат результаты проектирования в собственных структурах данных. В связи с необходимостью преобразования данных одной системы в форму, понятную другим системам, были предложены несколько стандартных форматов для хранения данных технических требований [1]. Одни из самых известных — IGES, DXF и STEP (последний наиболее привлекателен). Но специфика оптического прибора заключается в том, что помимо механических он содержит оптические детали, имеющие уникальные оптические параметры. В настоящее время группа специального комитета ISO работает над протоколом NODIF, который является частью формата STEP и содержит правила описания оптической системы, но, к сожалению, работа над этим протоколом пока не завершена.

В ходе разработки изделия становится очевидным, что недостаточно для достижения конкурентоспособности использования только стандартного формата обмена данными. Наиболее перспективным способом повышения конкурентоспособности является информационная поддержка жизненного цикла изделий (ИПИ). Она основана на использовании единого информационного пространства, обеспечении единообразных способов управления процессами и взаимодействия участников жизненного цикла в соответствии с требованиями международных стандартов. Главный принцип такой концепции заключается в том, что информация, однажды появившаяся на каком-либо этапе жизненного цикла, сохраняется в едином информационном пространстве и становится доступной всем участникам этого и других этапов, которые могут находиться на значительном расстоянии друг от друга [2].

В настоящей работе единое информационное пространство реализуется в виде информационной системы, ядром которой является информационная модель изделия, представленная в виде базы данных, структура которой была разработана на кафедре прикладной и компьютерной оптики Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики [3]. Система должна предоставлять возможность импорта и экспорта данных в различные форматы САПР.

**Информационная модель оптической системы на этапе проектирования.** Оптическая система как объект проектирования в зависимости от ветви проектирования может быть представлена различными моделями. В частности, конструкционная модель оптической системы состоит, как правило, из значений параметров оптических сред, параметров формы оптических поверхностей, параметров взаимного расположения поверхностей и параметров диафрагм. Кроме того, для проектирования современных оптических систем необходимо предусмотреть возможность работы с многоконфигурационными системами, т.е. обеспечить динамическое изменение конструктивных параметров, а также изменение состава оптической системы в процессе функционирования.

Анализ различных типов многоконфигурационных оптических систем показал, что наиболее простой и эффективный способ описания конструкции таких систем — введение понятия базовой конфигурации. Базовая конфигурация состоит из максимально необходимого числа поверхностей. Описание каждой отдельной конфигурации рассматривается как внесение изменений в базовую конфигурацию. Такой подход обеспечивает удобное описание многоконфигурационных оптических систем с подвижными компонентами и систем, работающих с изменяющимися присоединительными характеристиками. Для его реализации было необходимо разработать структуру данных для описания модели оптической системы на этапе функционального проектирования.

Структура данных во многом определяется технологией и инструментами, которые используются для автоматизации проектирования оптических систем. Анализ показал, что удобней и целесообразней всего использовать объектно-ориентированный подход к организации структуры данных, который предназначен для проектирования, реализации и анализа сложных программных систем (состоящих из взаимозависимых подсистем, которые, в свою очередь, могут быть разделены на подсистемы и т.д.). Основные свойства объектно-ориентированного подхода позволяют удовлетворить наиболее значимым требованиям, предъявляемым к структуре данных для хранения конструктивных параметров.

В настоящей работе рассматривается объектно-ориентированная конструкционная модель оптической системы, в которой в качестве элементарного объекта выбран оптический преобразователь. Можно выделить два типа оптических преобразователей:

- оптический узел, который описывает оптический элемент и его расположение;
- направляющая, которая связывает последующий и предыдущий узлы и описывает среду между ними.

Конструкционная модель многоконфигурационной оптической системы должна содержать описание тех параметров, которые требуется изменить при формировании конструкции отдельной конфигурации. Как правило, такое описание осуществляется посредством таблицы.

В процессе конструирования оптическая система представляется состоящей из оптических деталей, определенным образом расположенных в пространстве посредством закрепления их в оправках. Структуру модели на этапе конструкторского проектирования определяет ЕСКД (ГОСТ 2.052-2006, ГОСТ 2.053-2006).

На этапе технологического проектирования модель оптической системы содержит информацию о деталях и сборочных единицах, информацию о технологических процессах изготовления системы, информацию об оборудовании и средствах технологического оснащения.

Разработанная структура информационной модели оптической системы на этапе проектирования представлена на рис. 1. Она включает в себя функциональную модель, которая описывает:

- конструкцию оптической системы (форму, взаимное расположение оптических поверхностей, диафрагм и экранов, характеристики оптических сред);
- присоединительные характеристики (параметры предмета и изображения, зрачковые присоединительные характеристики);
- спектральные характеристики.

Описание конструкции оптической системы выделено в отдельную конструкционную модель, легко преобразующуюся в геометрическую, которая используется на этапах конструирования и технологического проектирования.

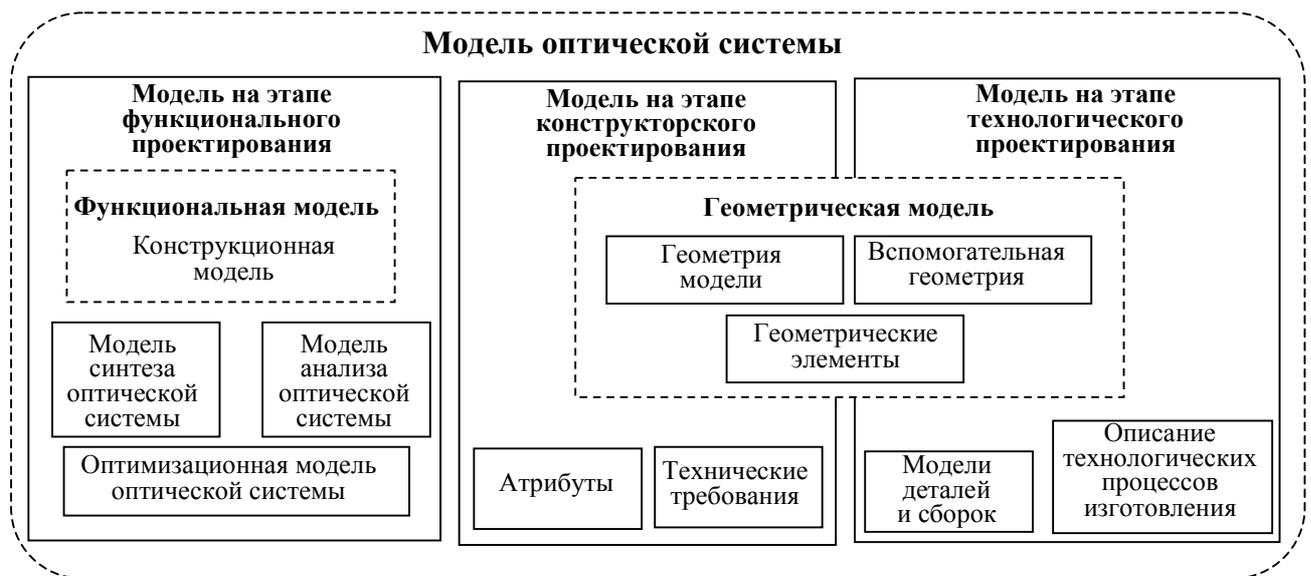


Рис. 1

Конструкционная модель является основой для выполнения процедур синтеза, анализа и оптимизации. При их выполнении требуются дополнительные параметры и функции.

Основу модели на этапах конструкторского и технологического проектирования составляет геометрическая модель изделия, которая по мере выполнения проектных операций заполняется атрибутами, техническими требованиями, моделями деталей и сборок, описанием технологических процессов.

Информационная модель оптической системы имеет следующие особенности:

- конструкция оптической системы на этапе функционального проектирования описывается специальной конструкционной моделью;
- геометрическая модель является общей для этапов конструкторского и технологического проектирования и определяется ЕСКД;
- в нее также входит дополнительная информация, необходимая для выполнения проектных операций.

При организации единого информационного пространства хранение всей возможной информации в различных видах организуется с использованием технологий баз данных. При этом системы управления базами данных (СУБД) предоставляют только инструменты для непосредственного управления данными (создания структуры данных, внесения и удаления, поиска и выбора данных) и управления последовательностями операций над базой данных (транзакциями). Для хранения информации о проектируемом объекте необходимо разработать и создать структуру данных. Эта структура данных должна быть универсальной и пригодной для реализации в универсальных СУБД/PDM-системах.

Основой для реализации структуры базы данных в СУБД/PDM-системе является инфологическая модель предметной области, т.е. модель оптической системы. Она разработана на основе объектно-ориентированной конструкционной модели. Основными элементами инфологической модели являются выявленные на этапе анализа объекты (сущности), связи между ними и их свойства (атрибуты).

Разработка изделия осуществляется в рамках проекта, который составляют организационные мероприятия, проектные операции и процедуры, сопроводительная документация. В информационной модели проект реализуется сущностью PROJECT, атрибутами которой являются идентификатор проекта (ID), имя проекта, информация об авторах, комментарии (пояснения, дополнительная информация), язык описания (кодировка).

Вся сопроводительная документация реализуется сущностью DOCUMENT, которая содержит идентификатор, атрибут ID\_PROJECT, указывающий на проект, к которому относится данный документ. Связь непосредственно с документом осуществляется через атрибут LINK. В состав данной сущности входят информация об авторе документа, дата создания или последнего редактирования документа.

Сущность OSYSTEM описывает оптическую систему. Атрибутами являются идентификатор оптической системы, идентификатор проекта, который указывает на принадлежность оптической системы проекту и имя (название) оптической системы.

Элементы оптической системы описываются универсальной сущностью OUNIT. Она имеет следующие атрибуты: собственный идентификационный номер и атрибут TYPE\_UNIT, поясняющий тип элемента (источник, предмет, узел и так далее).

Детали оптической системы реализуются сущностью OPART. Деталь связана с оптической системой атрибутом ID\_OSYSTEM. Для описания состава детали используется сущность COMPOSITION. Она показывает, какой элемент (ID\_OUNIT) оптической системы является частью детали (ID\_OPART).

Сущность VALUEPAR связана с универсальным параметром (OPARAMETER). Идентификационные номера элементов и параметров устанавливают соответствующие связи между ними. Атрибут STRING\_VALUE хранит значение параметра в строковом виде, DOUBLE\_VALUE — в вещественном. Атрибут INDEX\_VALUE обозначает порядковый номер величины при использовании набора однотипных параметров. Атрибутами OPARAMETER являются также название этого параметра и его единицы измерения.

Возможные конфигурации оптической системы описываются сущностью OCONFIG. Ее атрибутами являются идентификатор конфигурации (ID\_OCONFIG), имя конфигурации и идентификатор, указывающий на оптическую систему, к которой относится данная конфигурация.

Структура конкретной конфигурации описывается сущностью OSTRUCT. Атрибуты OSTRUCT устанавливают взаимосвязи между конфигурацией (ID\_OCONFIG) и элементами оптической системы (ID\_OUNIT), входящими в данную конфигурацию. Атрибут INDEX\_UNIT обозначает порядковый номер элемента в системе при многократном повторении (при использовании один раз равен нулю).

Сущность OSTATE, описывающая состояние конфигурации, имеет в качестве атрибутов собственный уникальный идентификационный номер и уникальный идентификационный номер конфигурации (ID\_OCONFIG), указывающий, к какой конфигурации относится данное состояние.

Изменения в конфигурации описываются сущностью OVARIABLE. Атрибут ID\_OSTATE указывает, к какому состоянию конфигурации относится данное изменение, а атрибут ID\_VALUEPAR устанавливает связь с конкретным значением измененного параметра.

Следует отметить, что при реализации модели в СУБД таблица VALUEPAR будет иметь большие размеры, что существенно снизит скорость выполнения запросов. Эта проблема может быть решена оптимизацией самих запросов или разделением таблицы VALUEPAR на несколько таблиц по типу параметров (параметры узлов, предмета, изображения и т.д.).

Разработанная инфологическая модель является универсальной, т.е. не зависит от типа и особенностей оптической системы, и расширяемой, что обеспечивает возможность добавления новых элементов и параметров в соответствующие сущности.

**Реализация информационной системы в виде пользовательского приложения.** Инфологическая модель оптической системы была реализована в виде базы данных в СУБД Firebird [4]. Программа предоставляет возможность как импорта, так и экспорта различных форматов САПР в базу данных оптических систем (БД).

Разработчик сохраняет оптическую систему в собственном формате программы, в которой происходит работа. Затем, с помощью данного приложения, происходит импорт оптической системы в БД.

Программа предоставляет возможность просматривать содержимое БД, а также производить экспорт и импорт данных об оптических системах в форматы, распознаваемые программами OPAL, ZEMAX, AutoCAD и Компас. Есть возможность непосредственно указывать входной и выходной файлы, с которыми будет производиться работа. В программе заложена возможность работы в режиме „клиент-сервер“ для реализации работы группы разработчиков, т.е. данное приложение может быть установлено на компьютерах локальной сети предприятия и работать с удаленным сервером, на котором находится БД.

Рассмотрим программу на примере объектива-апохромата, информация о котором была импортирована в БД из программы OPAL.

В результате экспорта данной системы из БД были получены файлы в форматах DXF и ZMX. На рисунках представлены экранные формы программ с загруженной оптической системой: рис. 2 — результат обмена данными с программой Zemax; рис. 3 — с программой AutoCAD; рис. 4 — с программой Компас.

Surf:	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
0B0	Standard		Infinity	Infinity		0.000000 U	0.000000
1*	Standard		-4.365000 V	3.000000	BK6	0.470000 U	0.000000
2*	Standard		-2.089000 V	0.100000	0	2.080000 U	0.000000
3*	Standard		156.309998 V	1.000000	OF4	3.400000 U	0.000000
4*	Standard		10.520000 V	3.700000	FLUORIT	4.000000 U	0.000000
5*	Standard		-5.546000 V	2.900000	0	4.400000 U	0.000000
6*	Standard		13.002000 V	2.700000	FLUORIT	6.150000 U	0.000000
7*	Standard		19.907000 V	1.400000	OF4	6.150000 U	0.000000
8*	Standard		12.134000 V	5.300000	FLUORIT	6.050000 U	0.000000
9*	Standard		-17.257999 V	0.300000	0	6.200000 U	0.000000
10*	Standard		19.634001 V	4.500000	FLUORIT	6.000000 U	0.000000
11*	Standard		-11.588000 V	1.400000	OF4	5.600000 U	0.000000
12*	Standard		-33.959999 V	0.300000	0	5.400000 U	0.000000
13*	Standard		9.419000 V	1.400000	OF4	5.000000 U	0.000000
14*	Standard		4.487000 V	4.200000	FLUORIT	4.000000 U	0.000000
15*	Standard		18.923000 V	5.000000	0	3.600000 U	0.000000
16*	Standard		-8.670000 V	7.000000	TF4	2.700000 U	0.000000
17*	Standard		-4.446000 V	3.000000	OF4	2.900000 U	0.000000
18*	Standard		240.399994 V	Infinity	0	2.800000 U	0.000000
ST0	Standard		Infinity	0.000000		0.000000 U	0.000000
IMA	Standard		Infinity	-		0.000000 U	0.000000

Рис. 2

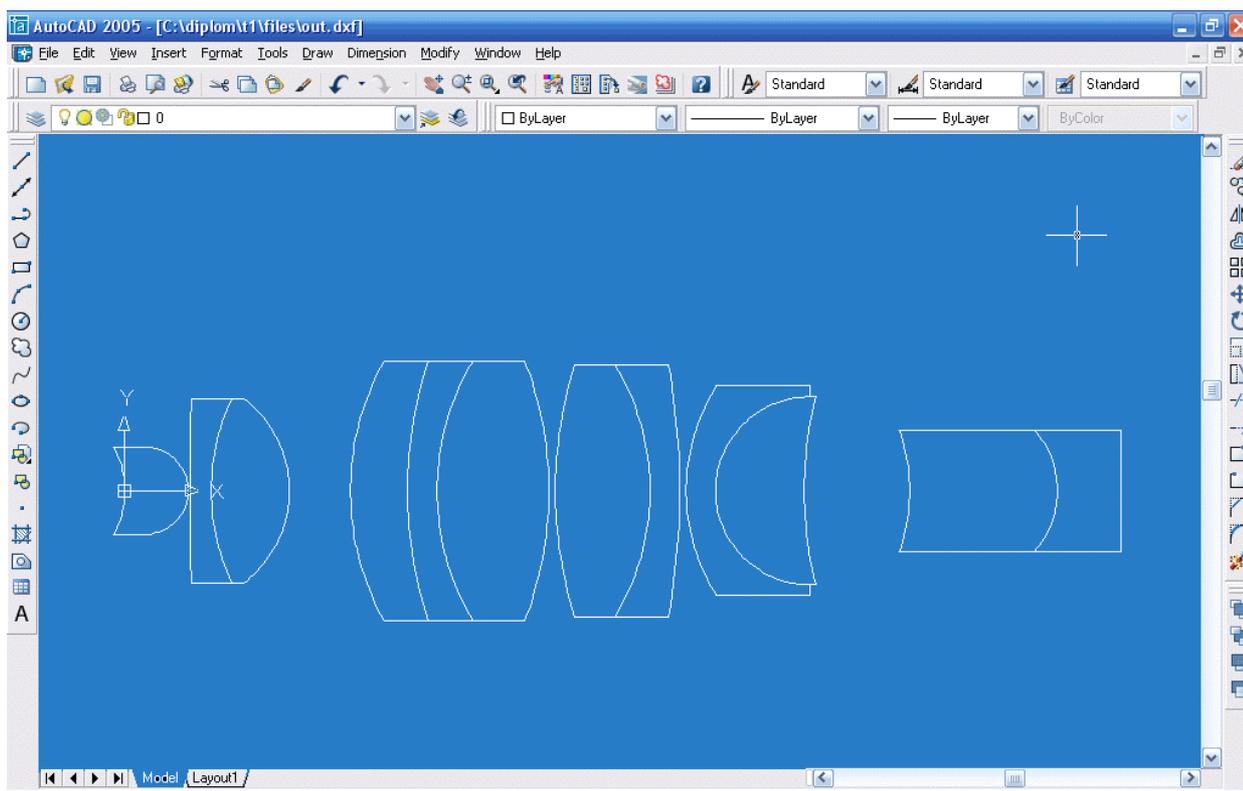


Рис. 3

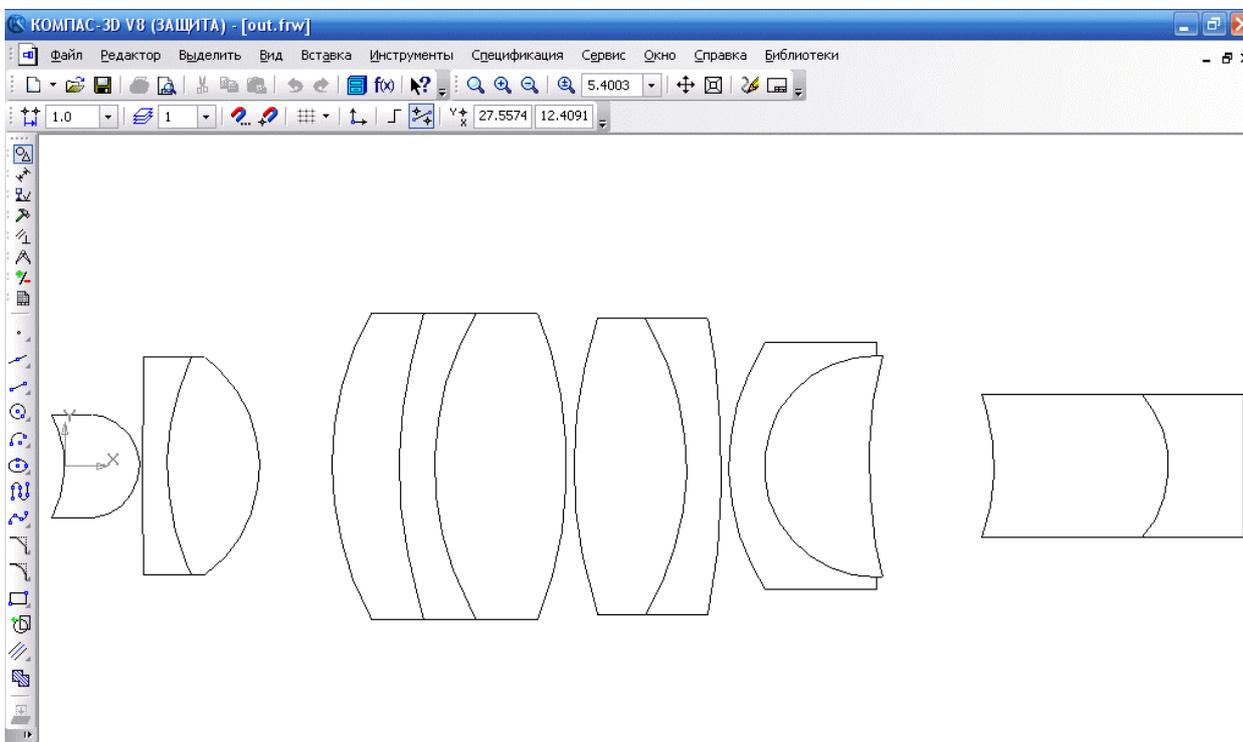


Рис. 4

**Заключение.** Разработанная программа реализует на практике информационную модель оптической системы как ядро единого информационного пространства, являясь лишь первым, но наиболее важным этапом по внедрению ИПИ-технологий в оптическое приборостроение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). СПб: Питер, 2004. 560 с.
2. ИПИ (CALS) технологии. Основные сведения [Электронный ресурс]: <<http://www.rtc.ru/ipi/index.shtml>>.
3. Шехонин А. А., Домненко В.М., Гаврилина О.А. Информационная модель оптической системы на этапе функционального проектирования // Изв. вузов. Приборостроение. 2006. Т. 49, № 7. С. 63—67.
4. Firebird — The RDBMS that's going where you're going [Electronic resource]: <<http://www.firebirdsql.org>>.

#### Сведения об авторах

- Ольга Алексеевна Гаврилина** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра прикладной и компьютерной оптики; E-mail: GavrilinaOA@aco.ifmo.ru
- Сергей Викторович Дубинин** — магистр; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра прикладной и компьютерной оптики; E-mail: serge2603@gmail.com

Рекомендована кафедрой  
прикладной и компьютерной оптики

Поступила в редакцию  
07.05.09 г.