

УДК 681.7.06/.07

А. К. Колпаков

ООО «АСКОН-Комплекс»
ул. Одоевского, 5, лит. «А», Санкт-Петербург, 199155, Россия

E-mail: group6300@gmail.com

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ОПТИЧЕСКОГО ВЫПУСКА

Данная статья посвящена разработке методики автоматизированного подхода к формированию оптического выпуска. Конечной целью разработки является прикладная библиотека, позволяющая по расчетным исходным данным сформировать оптическую схему и детализированные чертежи элементов круглой оптики.

Ключевые слова: чертеж оптической детали, КОМПАС, автоматизация конструирования.

Введение

Активное развитие систем автоматизированного проектирования способствует их внедрению в различные области науки и производства. Одним из направлений автоматизации для оптической отрасли является задача по автоматизации оптического выпуска.

Процесс проектирования оптического прибора можно условно разделить на несколько этапов. Одним из первых этапов является проектирование оптической системы, выполняющееся оптиком-расчетчиком по техническому заданию. На данном этапе синтезируется оптическая схема, удовлетворяющая требованиям к качеству формируемого системой изображения, некоторым габаритным характеристикам, частотному диапазону работы. Другой этап – создание конструкторской документации по рассчитанным данным: определение окончательных габаритов деталей, способов креплений, оформление чертежей отдельных деталей, узлов, сборок, конечной целью которых является создание на производстве реально действующего устройства. Упрощенно, этот процесс можно представить в виде схемы (рис. 1).

Расчетная часть давно успешно автоматизирована, и в настоящее время целый ряд

программ предлагает оптику-расчетчику богатый функционал для осуществления синтеза оптической системы. Из отечественных разработок отметим программы ОПАЛ, САРО, из зарубежных – ZEMAX, CODE V.

Конструкторская документация в основном выполняется в системах автоматизированного проектирования, которые имеют удобные инструменты для быстрого создания чертежей. Весьма распространенными системами в оптической отрасли являются AutoCAD, КОМПАС, SolidWorks, ProEngineer.

Автоматизация построения чертежей оптических элементов не имеет единой базы и представляет собой множество модулей, создаваемых в организациях под свои конкретные цели. Но даже в этом случае она не имеет системного подхода. В силу того что каждая программа для расчета оптики имеет свои стандарты представления рассчитанной оптической системы, а системы автоматизированного проектирования – свои способы создания модулей для автоматизации, данный процесс довольно сложно подвергнуть структуризации и обобщению для распространения за пределы отдельно взятого предприятия.

В настоящей работе рассматривается методология построения целостной цепочки

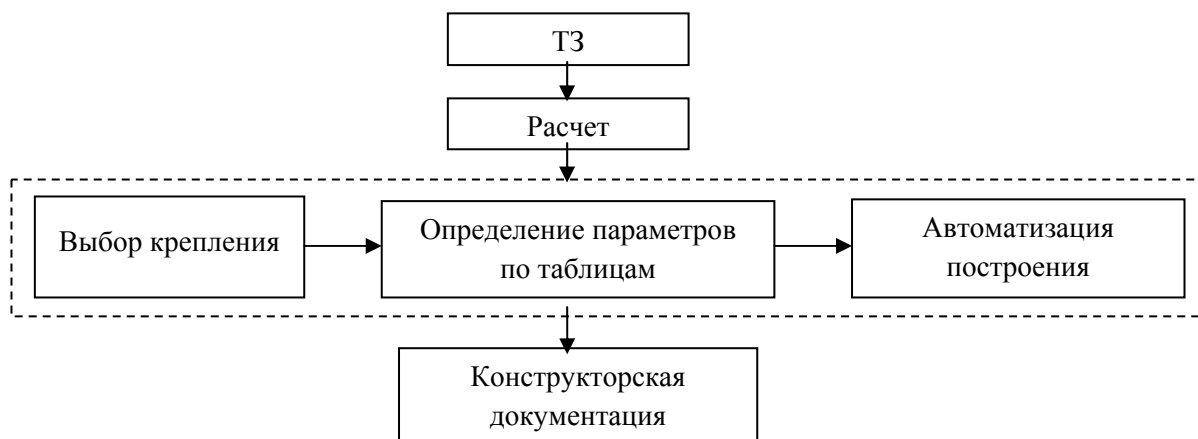


Рис. 1. Упрощенная схема проектирования оптического прибора

для получения конструкторских чертежей деталей круглой оптики центрированных систем, начиная от получения данных от инженера-расчетчика. Именно такие детали составляют большинство рутинных операций, отнимающих значительное время. В работе не рассматриваются пространственные системы и нестандартные детали в силу их индивидуальной неповторимости и нецелесообразности затрачиваемого на проработку алгоритмизации их конструирования времени.

Разработана методология автоматизации промежуточных процессов, выделенных на рис. 1 пунктиром. Проработан алгоритм получения данных из системы расчета оптики на примере системы ОПАЛ. Эта система взята за основу, так как она является продуктом разработки кафедры прикладной и компьютерной оптики, аспирантом которой является автор настоящей работы, что дает полное право на ее использование в исследовательской работе, а также имеет хорошо структурированный формат представления выходных данных.

Разработанная структура хранения данных для дальнейшего использования в системе автоматизированного проектирования содержит такие необходимые для конструктора данные, как радиусы кривизны, световые диаметры, толщины по оси и показатели преломления. Данная структура позволяет оперировать с данными оптической системы для их использования в матрице решений для определения оптимального

типа крепления и выбора дальнейших параметров детали по табличным данным.

Конечной целью работы является автоматизация вышеописанного процесса и его интеграция в единую цепочку получения конструкторской документации. В качестве положительного результата это дает значительное сокращение времени конструктора на выполнения многократных рутинных операций, не лишая его тем самым творческого процесса в проектировании оптического прибора.

Методология выбора крепления

Как известно, тип оправы является определяющим для некоторых конструктивных параметров оптической детали, таких, например, как размеры фасок и полного диаметра. Иначе говоря, определение способа крепления предшествует всем последующим операциям проектирования оптического прибора. Одним из этапов автоматизации процесса создания конструкторской документации является выбор оптимального способа крепления линзы. Данная задача является сложной, вариативной, вбирает в себя множество нюансов. Нельзя сделать однозначный выбор типа крепления линзы, в силу того что выбор будет зависеть от множества факторов, таких как предназначение прибора, общие требования к узлу крепления, экономической составляющей, наличия тех или иных материалов, технологических возможностей предприятия, лич-

ных предпочтений инженера-конструктора и т. п. Учитывая сказанное, было принято решение автоматизировать выбор оптимального способа крепления, применяя методы математической статистики.

Методика анализа вариантов типов соединений оптической детали с оправой, предложенная В. В. Кулагиным, основана на составлении матрицы оптимизации. Матрица оптимизации позволяет оптимизировать в первом приближении принимаемое решение при наличии набора конкурирующих вариантов решения путем определения интегрального показателя качества с учетом ограничений, накладываемых на решение условиями задачи [1]. Но в то время предлагаемый им анализ не получил распространения из-за отсутствия соответствующих методик и слабого развития вычислительной техники.

В рамках создания библиотеки проектирования оптики была произведена автоматизация выбора конструкции крепления линзы, основанная на матрице оценочных функций и многокритериальном выборе. Описание упомянутой методики автоматизированного выбора типа крепления выходит за рамки настоящей статьи.

Считывание данных из системы расчета оптики

Операция получения данных от расчетчика из системы расчета оптики занимает достаточно много времени, является рутинной и хорошо поддающейся автоматизации. Для конструктора, создающего оптический прибор, необходим ряд данных: радиусы кривизны, световые диаметры, толщины по оси, общие габаритные размеры. Перспективным направлением является создание

такой методики получения данных, которая будет обеспечивать работу с несколькими системами расчета оптики, обрабатывая различные формы их представления в каждой из них. Гораздо более трудновыполнимой (и на данный момент не оправдывающей затрачиваемого в перспективе на ее выполнение времени) задачей является унификация программного модуля, обеспечивающего одинаковую работу с различными САД-системами. Автоматизировав процесс получения данных из системы расчета оптики, мы закладываем фундамент для скорейшего перехода к творческому процессу конструирования с момента получения данных от расчетчика.

Для использования полученных из расчетной системы данных, была разработана специальная система для их хранения. Каждый элемент оптической системы представляет собой объект, инкапсулирующий все характеризующие его свойства и методы, позволяющие выполнять необходимые операции с этим элементом, в том числе и для получения детализированного чертежа. Поле чертежа представляет собой совокупность изолированных друг от друга объектов (рис. 2). После построения оптической схемы вся информация о ее входных параметрах содержится в макрообъектах чертежного документа.

Благодаря разработанной системе хранения полученных из системы расчета оптики данных реализован объектно-ориентированный подход к созданию чертежного документа. Структура представляет собой гибкую систему, позволяющую дополнить функционал конвертора получением выходных расчетных данных из различных систем расчета оптики, не внося значительные изменения в логику программы. В настоящее

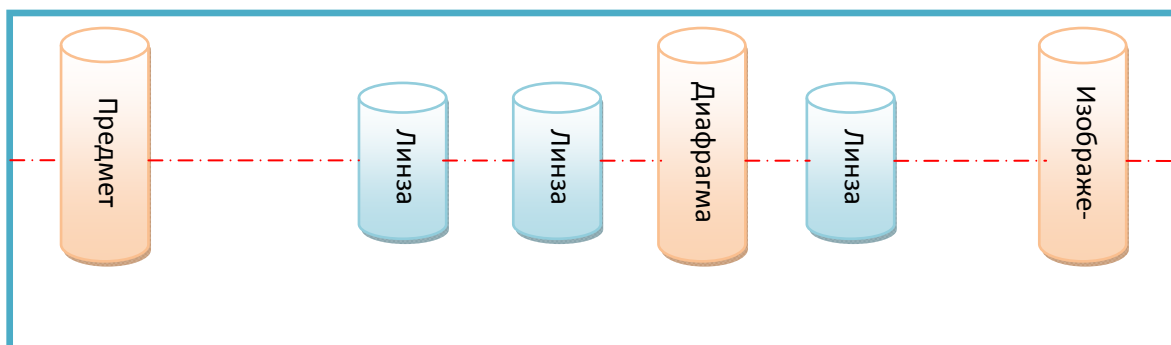


Рис. 2. Схема чертежного документа для представления в системе КОМПАС

время реализовано автоматическое считывание данных из системы расчета оптики ОПАЛ, а в ближайшее время его планируется дополнить считыванием данных из системы ZEMAX.

Механизм интеллектуального выбора конструктивных параметров

Конструктивные параметры линзы, необходимые для формирования конструкторской документации, можно разделить на несколько групп:

- параметры, которые принимаются конструктором в качестве исходных и не подлежат изменению без согласования с расчетчиком оптической системы;
- параметры, которые задает сам конструктор;
- параметры, задающиеся конструктором, но зависящие от совокупности параметров в п. 1 и 2.

К первой группе можно отнести радиусы кривизны поверхностей, световые диаметры, толщину по оси, допуск на децентрировку и толщину по оси. Ко второй – такие характеристики, как выбор типа крепления, что влечет за собой детерминирование каждой поверхности по части того, как она будет сопрягаться с оправой (или следующей за ней деталью), типа оптического покрытия, шероховатости поверхностей.

Такие конструктивные параметры линзы, как допуск на полный диаметр линзы, минимальная толщина линзы по кромке, фаски, в некоторых случаях допуск на толщину линзы по оси, являются зависимыми от совокупности условий, в которых планируется использовать деталь, и ее габаритов. К этой группе можно также отнести вид просветления или защиты поверхности и допуски на качество поверхности, чистоту. Выбор типа оптического элемента также напрямую влияет на заполнение таблицы технических требований данными из усредненных рекомендованных значений таблиц показателей качества оптического стекла, заложенных в память библиотеки.

Выбор большого количества конструктивных параметров линзы, зависящих от некоторых начальных условий, представляет собой синтез некоторых входных данных, их анализ и решение в виде выборки конечных данных. Этот процесс можно структурировать и подвергнуть алгоритмизации,

особенно в контексте автоматизации конструирования.

Для каждого элемента оптической системы, считанной из системы оптики и загруженной в САПР, можно произвести «настройку», т. е. задать некоторые изначальные параметры – тип крепления, требования к детали, тип сопряжения поверхности с оправой. Ввиду того что исходные данные также зависят друг от друга, необходима четкая математическая модель формирования окончательного набора зависимых конструктивных параметров детали. На основании произведенной настройки конструктор может пересчитать параметры линзы, относящиеся к изменяемым – размер полного диаметра, конструктивные параметры фасок, допуски и оптические характеристики для таблицы параметров. Именно пересчет параметров оптической детали является хорошо формализуемой задачей, которая легко алгоритмизируется и встраивается в ту часть программы по автоматизированному проектированию оптики, которая отвечает за методологию принятия оптимального решения по способу крепления линзы.

Необходимо отметить, что, поскольку конструирование является эвристическим процессом, а не строго детерминированным, нельзя закреплять зависимые параметры на жесткой автоматизации. Интеллектуальный выбор этих параметров позволяет за очень короткий промежуток времени создать виртуальную оболочку из рассчитанных по рекомендованным значениям справочных данных (храняемых в виде базы данных, прилагаемой к программе) для всех линз оптической системы. Методика позволяет конструктору работать с этими элементами, как с реальными компонентами оптической системы.

Благодаря реализации единого информационного поля чертежа расчет зависимых конструктивных параметров деталей круглой оптики на этапе построения оптической схемы становится хорошо упорядоченным, структурированным и единожды производимым. Данные сохраняются в теле чертежа до тех пор, пока не появится необходимость построения детализированных отдельных деталей. Хорошо автоматизированный процесс восстановления данных из чертежа и построения детализировочных чертежей отдельных деталей значительно повышает продуктивность создания конструкторской докумен-

тации. Конструктор избавляется от необходимости постоянного поиска табличных значений, что является многократно повторяемой операцией при проектировании оптического прибора.

Построение деталировочных чертежей

Реализацией объектно-ориентированной модели оптической системы и автоматизацией цепочки определения необходимых для окончательного формирования деталировочных чертежей данных был заложен фундамент для графического отображения созданной модели в САД-системах. В качестве базовой САПР была выбрана система КОМПАС. Выбор этой системы не является принципиальным, в силу того что разработанная методология позволяет переключаться с одной системы на другую, используя промежуточные модули. Более того, система КОМПАС, разрабатываемая российской компанией АСКОН, изначально ориентирована на требования отечественных стандартов и имеет удобные инструменты для реализации задуманных идей.

Библиотека проектирования оптики реализована в качестве подключаемого модуля. В программе имеются несколько команд, основными из которых являются деталировочный чертеж отдельной детали, чертеж оптической системы.

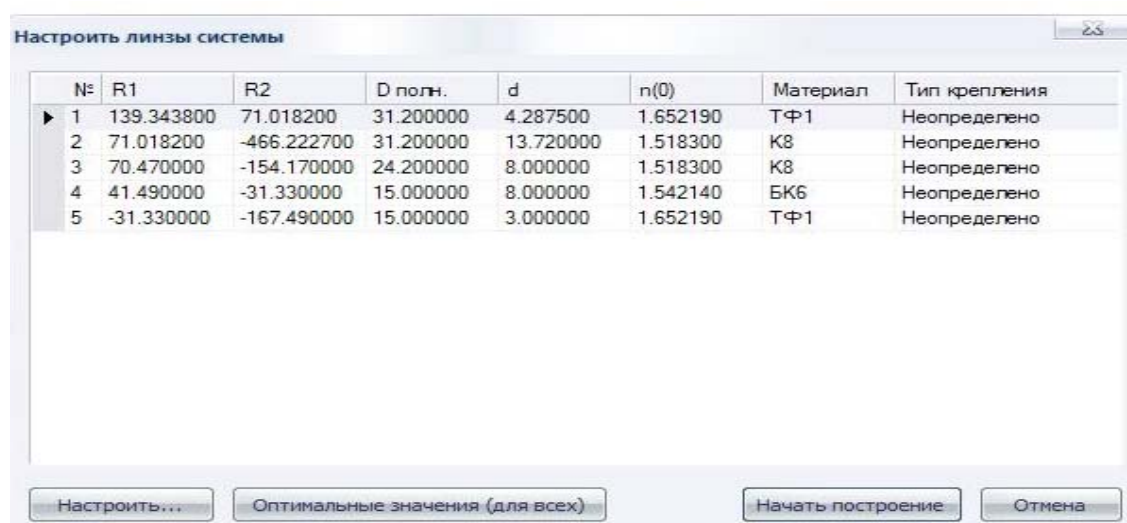
Команда «Чертеж оптической системы» предназначена для преобразования экспорт-

ного файла системы ОПАЛ во внутренний формат библиотеки для создания оптической схемы рассчитанной системы. Библиотека последовательно считывает .rpn файл и заполняет информацию о поверхностях, предмете и изображении и исходя из информации о материале между поверхностями формирует список линз (рис. 3).

Настройка каждой линзы заключается в задании некоторых условий, которые в дальнейшем определяют дополнительные конструктивные параметры линзы (рис. 4).

Поскольку уточнение параметров происходит для линзы, полученной из системы расчета оптики (а не проектируемой «с нуля»), то ее основные конструктивные параметры не доступны для редактирования. Кнопки «Параметры фасок», «Задать условия», «Выбрать конструкцию», «Рассчитать доп. парам.» необходимы для автоматизированного определения параметров оптической детали по методике, описанной в разделе выбора конструктивных параметров. Кнопка «Отчет» позволяет вывести на экран информацию об измененных параметрах линзы.

При нажатии кнопки «Сохранить изменения» происходит запись внесенных изменений в общую модель оптической системы. Линзы, которые прошли «настройку» в общем списке выделяются зеленым цветом (рис. 5), что наглядно информирует конструктора о том, какие детали имеют всю необходимую информацию для построения деталировочных чертежей.



№	R1	R2	D полн.	d	n(0)	Материал	Тип крепления
1	139.343800	71.018200	31.200000	4.287500	1.652190	ТФ1	Неопределено
2	71.018200	-466.222700	31.200000	13.720000	1.518300	К8	Неопределено
3	70.470000	-154.170000	24.200000	8.000000	1.518300	К8	Неопределено
4	41.490000	-31.330000	15.000000	8.000000	1.542140	БК6	Неопределено
5	-31.330000	-167.490000	15.000000	3.000000	1.652190	ТФ1	Неопределено

Рис. 3. Список деталей оптической системы

Настройка линзы

R1: 139.344

R2: 71.018

D1 св.: 30.00

D2 св.: 30.00

D: 31.20

d: 4.287

n: 1.6522

Материал: ТФ1

Тип крепления:

Тип ОС:

Поверхность А:

Поверхность Б:

Рис. 4. Уточнение параметров линзы

Настроить линзы системы

№	R1	R2	D полн.	d	n(0)	Материал	Тип крепления
1	139.344000	71.018000	31.200000	4.287000	1.652200	ТФ1	Приклеиванием
2	71.018200	-466.222700	31.200000	13.720000	1.518300	К8	Неопределено
3	70.470000	-154.170000	24.200000	8.000000	1.518300	К8	Пружинящими план...
4	41.490000	-31.330000	15.000000	8.000000	1.542140	БК6	Неопределено
5	-31.330000	-167.490000	15.000000	3.000000	1.652190	ТФ1	Неопределено

Рис. 5. Список деталей оптической системы



Рис. 6. Оптическая схема

Построение системы. После уточнения параметров для всех линз системы можно выполнить чертеж оптической схемы (рис. 6). Каждая линза строится строго в соответствии с теми конструктивными пара-

метрами (фасками, полным диаметром), которые были заданы на этапе настройки линз.

Каждая построенная деталь представляет собой макрообъект с записанной информа-

цией обо всех своих конструктивных параметрах, в том числе тех, которые не имеют визуального отображения на чертеже (например, типа крепления и назначения узла). По ним можно получить детализированные чертежи всех линз оптической схемы (рис. 7).

После указания необходимых параметров окончательно формируется детализированный чертеж (в соответствии с ГОСТ 2.412-85 «Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий»), пример которого изображен на рис. 8.

В библиотеке проектирования оптики также реализовано представление в системе КОМПАС нескольких довольно часто встречающихся стандартных деталей: промежуточных, резьбовых и пружинных колец. Основная сложность заключалась в создании программы, взаимодействующей с уже созданной прикладной библиотекой проектирования линз, и интеграции с расчетными оптическими системами, а также в наполнении каталога стандартными типоразмерами из справочников.

Представление стандартных деталей реализовано в виде диалогового интерфейса,

который содержит наиболее полную номенклатуру деталей, сформированную после обзора литературы [2–5]. Полученный электронный каталог состоит из нескольких частей по названию стандартных деталей, выполненных по соответствующему отраслевому стандарту, и позволяет конструктору не только просмотреть все имеющиеся типоразмеры и выбрать тот, который ему нужен, но и при необходимости изменить его или добавить нестандартный, а затем быстро получить чертеж детали с заданными параметрами в САД-системе. Пример каталога промежуточных колец представлен на рис. 9.

Для полноты охвата темы автоматизированного проектирования оптического прибора предоставляется два пути работы с электронным банком стандартных изделий. Первый режим работы заменяет работу с обычным справочником и избавляет инженера-проектировщика хранить всю номенклатуру. Данный режим позволяет сразу получить в поле чертежа либо полностью детализированный чертеж выбранной детали, либо макрообъект, содержащий в себе одну лишь геометрию.

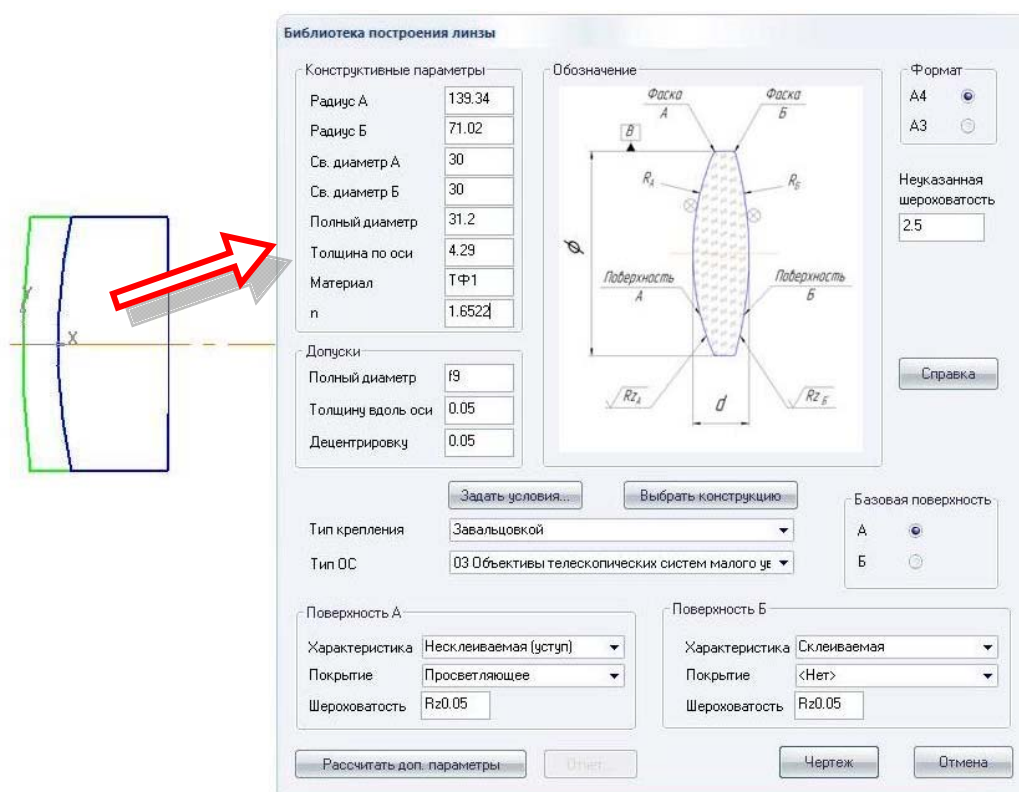


Рис. 7. Диалоговое окно создания детализированного чертежа линзы

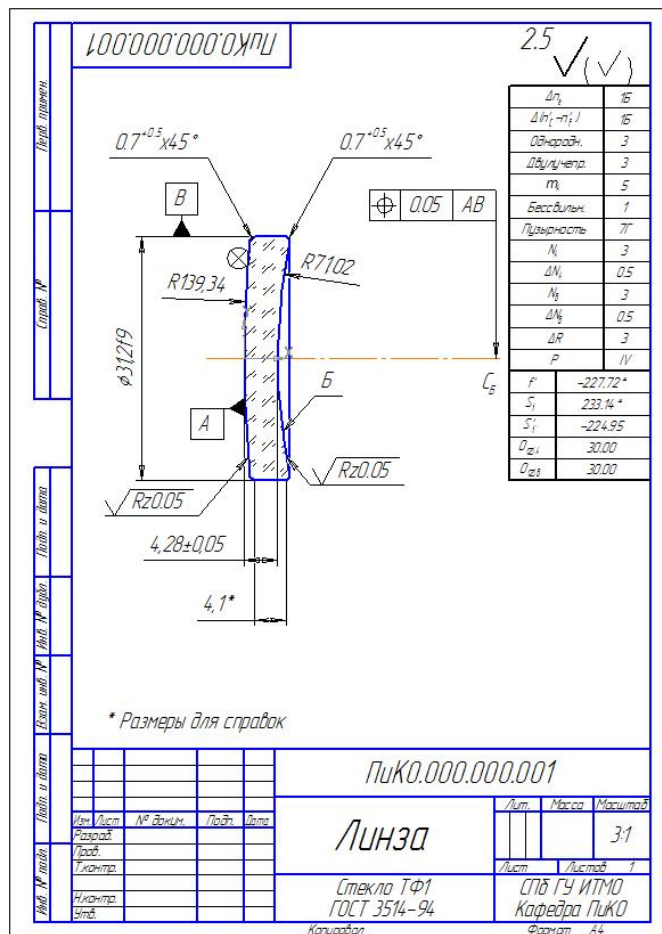


Рис. 8. Пример чертежа, выполненного библиотекой

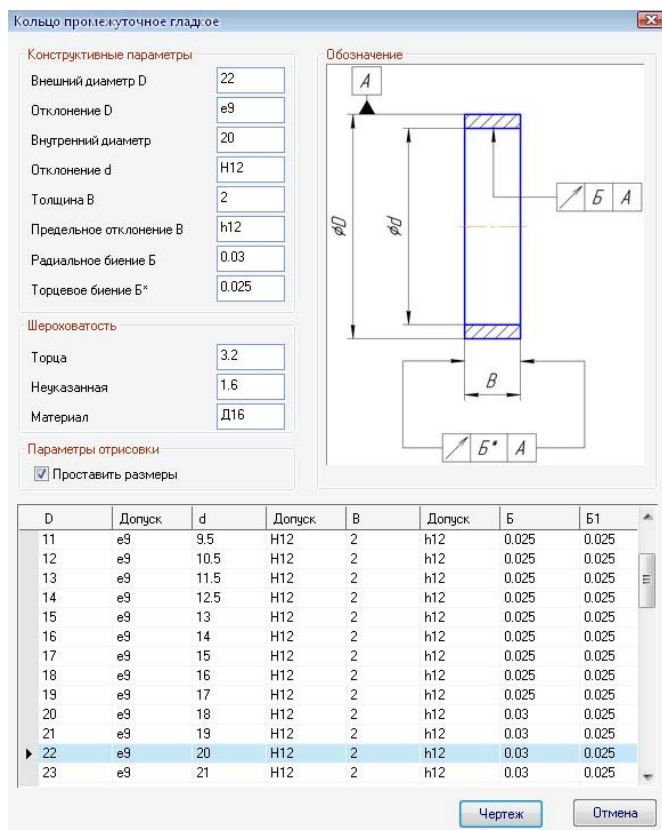
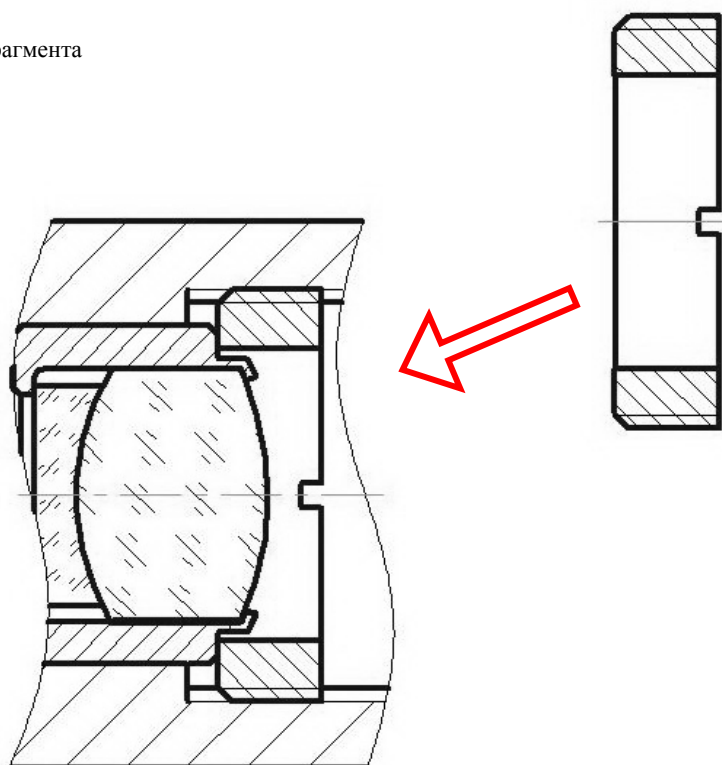


Рис. 9. Электронный каталог промежуточных колец

Рис. 10. Использование готового фрагмента в сборке



Второй режим работы предполагает использование электронного каталога в качестве вспомогательного инструмента при конструировании узла крепления, где выбор нужной стандартной детали происходит автоматически исходя из сопрягаемой оптической детали. Это становится возможным благодаря использованию единого информационного поля чертежа, в котором все конструктивные параметры проектируемых деталей содержатся в макрообъектах. Соответственно после указания конструктором сопрягаемой детали из нее считывается световой диаметр той поверхности, с которой происходит сопряжение. Далее проводится поиск по электронной базе и выдается однозначный типоразмер требуемой детали (рис. 10).

Заключение

Автоматизированный подход к формированию оптического выпуска позволяет значительно упростить трудоемкий процесс построения чертежей оптических схем и отдельно взятых деталей, сокращает время выпуска конструкторской документации на линзу, сводя его затраты в основном к вводу

исходных данных в программу и при необходимости к редактированию некоторых значений.

В своем нынешнем состоянии описанный подход не позволяет охватить все многообразие оптических деталей и конструкций, но является достаточным для быстрого построения наиболее распространенных типов линз, плоскопараллельных пластинок. С использованием существующих наработок возможно дальнейшее развитие автоматизации создания оптического выпуска, например, по таким направлениям:

- создание комплексных решений по автоматизированному построению чертежей призм, зеркал, сеток, растров;
- обеспечение возможности построения линзовых склеек;
- создание чертежей оправ, сборочных единиц и формирование сборочного чертежа в интерактивном режиме.

Список литературы

1. Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: Учеб. пособие для приборостроительных вузов. Л.: Машиностроение, 1982. 312 с., ил.

2. Кулагин В. В., Михайлов Н. А. Типовые оптические детали: Учеб. пособие. Л.: ЛИТМО, 1975. Ч. 1. 83 с.

3. Латыев С. М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учеб. пособие. СПб.: Политехника, 2007. 579 с.: ил.

4. Справочник конструктора оптико-механических приборов / М. Я. Кругер и др. М., 1967. 760 с.

5. Толстоба Н. Д., Цуканов А. А. Проектирование узлов оптических приборов: Учеб. пособие. СПб. 2002. 128 с.

Материал поступил в редколлегию 17.03.2011

A. K. Kolpakov

AUTOMATED APPROACH TO CREATION OF OPTICAL DESIGN DOCUMENTATION

This article is devoted to development of automated approach to creation of optical design documentation. The ultimate target is interactive application that able to create optical scheme and working drawings of optical elements by initial computed data.

Keywords: optical detail drawing, KOMPAS, computer-aided design.