

Чигарев А.В., Ковеня Т.А., Покульницкий А.Р., Солошенко Д.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Процесс создания и существования технических объектов постоянно эволюционирует. От кустарных ремесленников, работавших в одиночку без чертежей и расчетов, техника пришла к коллективному автоматизированному производству, где часть операций выполняет сама техника. На сегодняшний день за время своего существования изделие проходит ряд состояний от идеи до утилизации. Совокупность этапов или последовательность процессов, через которые проходит изделие за время своего существования, называется жизненным циклом изделия. Основные этапы жизненного цикла оптического прибора представлены на нижеприведенной схеме:

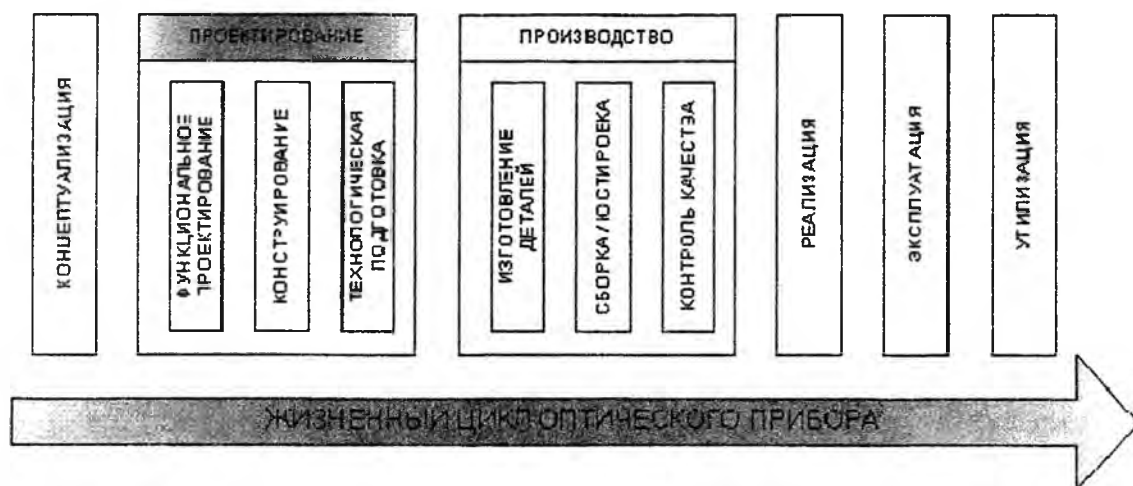


Рис. 1

Жизненный цикл оптического прибора начинается после маркетинговых исследований, которые проводят производители в поиске потребителей своих идей или заказчики в поиске исполнителей своих задач и потребностей. На первом этапе жизненного цикла, который иногда называют концептуализацией, осуществляется технический анализ и формальное определение потребностей, а также оценивается возможность физической реализации изделия, которое удовлетворит потребности, будет при этом конкурентоспособным и экономически выгодным. Заказчик и исполнитель формализуют свои потребности и идеи в виде документа, который называется техническое задание. Когда техническое задание сформулировано и есть уверенность, что оно будет полностью реализовано, переходят к проектированию.

Проектирование можно разбить на три отдельных ветви, работа в которых часто ведется параллельно: функциональное, конструкторское и технологическое проектирование. Объектами функционального проектирования являются схемы прибора. Объектами конструкторского проектирования (или просто конструирования) являются пространственная (твердотельная) структура прибора. На этапе конструирования спроектированные схемы предстают в виде реальных деталей и сборочных единиц, расположенных в пространстве и закрепленных вполне определенным образом. Объектами технологического проектирования являются технологические процессы изготовления деталей прибора, его сборки, юстировки, испытания.

Производство оптических изделий обычно сопровождается специфическими процедурами контроля оптических свойств отдельных деталей или всего изделия в целом. Важным этапом является сборка и юстировка оптических каналов прибора, в процессе которой требуется

моделирование работы уже изготовленного прибора и его оптимизация. Жизненный цикл оптического изделия продолжают реализация и эксплуатация, а завершает утилизация.

Первоначальное формирование конструкционной модели оптической системы может происходить при помощи специальных компьютерных программ синтеза оптических систем с требуемыми характеристиками. Затем наступает этап анализа, на котором рассчитывается ход лучей через оптическую систему и по различным характеристикам определяется качество оптической системы. К параметрам, позволяющим оценить качество оптического изображения, относятся параксиальные характеристики, величины aberrаций, габариты пучков, а также различные специальные критерии качества, принятые в оптике. Дальнейшее изменение конструктивных параметров оптической системы для достижения требуемых значений характеристик качества возможно при помощи программ оптимизации.

Общая схема технологического процесса изготовления линз представляет собой сложное дерево с многочисленными этапами и представлено на схеме, показанной на рис. 2.

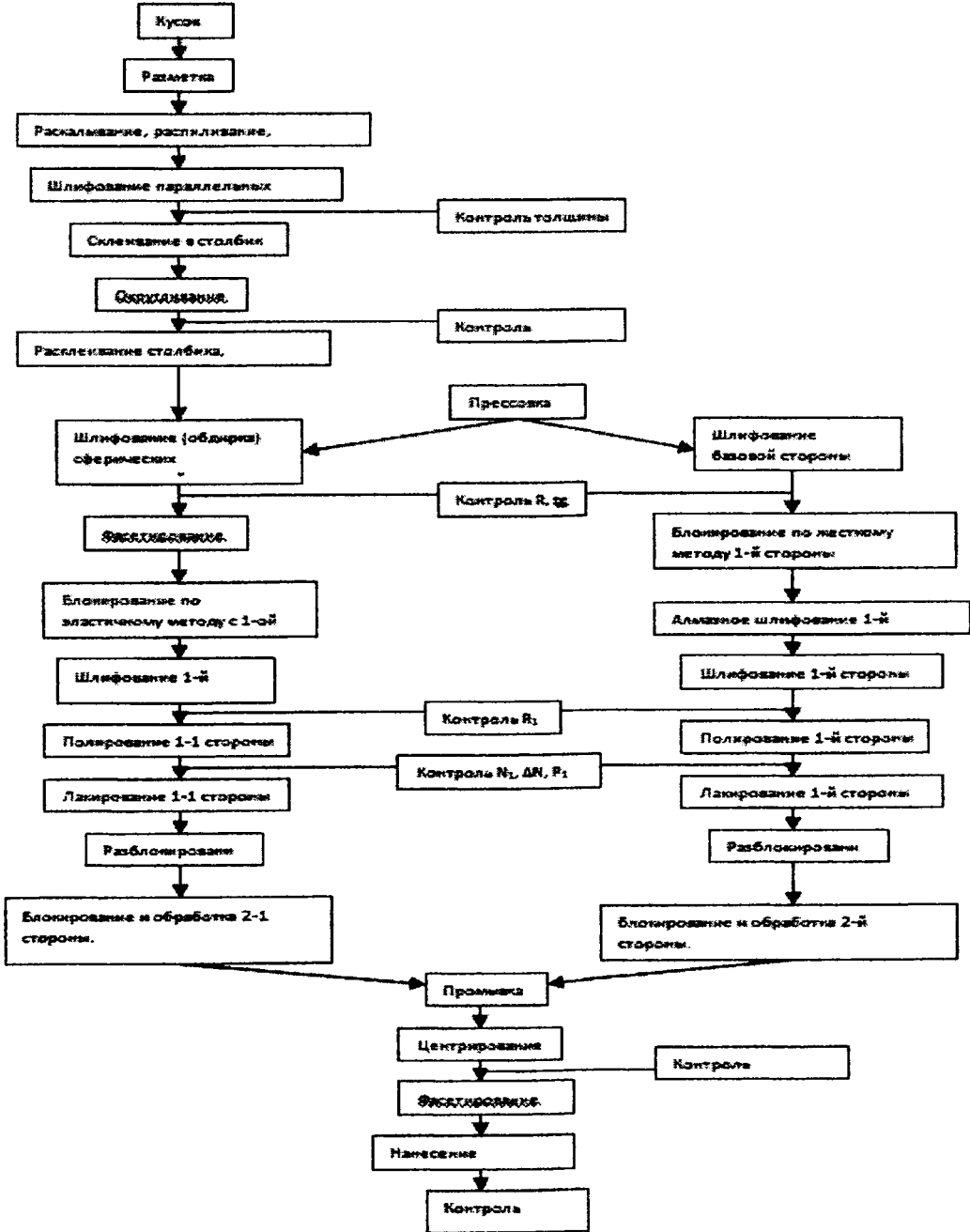


Рис. 2

В данной работе создана модель формообразования поверхности при помощи мелко-дисперсных абразивов. Движение обрабатывающего инструмента по линзе может осуществляться как по растровым траекториям, так и по спирали. Особенностью является то, что инструмент осуществляет сьем материала за один проход лишь на определенных участках, выбранных по условию максимума и с учетом некоторых ограничений.

Модель формообразования поверхности и сам процесс обработки созданы на основе использования пакета Mathematica.

Система Mathematica относится к программным продуктам, которым крайне трудно найти достойного конкурента. Высочайшая эффективность решения численных задач, превосходная графика и постоянно совершенствующиеся возможности символьной (аналитической) математики — это и есть лицо системы Mathematica.

Mathematica, действительно представляет собой самую современную систему искусственного интеллекта, ориентированную на выполнение разнообразных математических вычислений — от простейших до самых сложных, достойных ума и пера математиков-аналитиков.

Одновременно эта система является уникальным по своей полноте «живым» справочником по различным математическим понятиям, алгоритмам и функциям. Она обеспечивает высочайшую степень визуализации вычислений, начиная от представления исходных данных и кончая выводом промежуточных и конечных результатов вычислений. Таким образом, главным для системы становится предоставление пользователю самых серьезных и, порой, новых знаний в столь почетной и древней области человеческого интеллекта, как математика.

Идеология систем Mathematica базируется на двух, казалось бы, взаимно исключающих друг друга положениях:

- решение большинства математических задач в системе может производиться в диалоговом режиме без традиционного программирования;
- входной язык общения системы является одним из самых мощных языков функционального программирования, ориентированных на решение различных задач (в том числе математических).

Противоречивость этих положений кажущаяся. На самом деле Mathematica — типичная система программирования с проблемно-ориентированным языком программирования сверх-высокого уровня. Его можно отнести к классу интерпретаторов. Как известно, языки такого типа последовательно анализируют (интерпретируют) каждое выражение и тут же исполняют его. Таким образом, работа с системой происходит явно в диалоговом режиме.

Основной целью данной работы явилась задача проектирования алгоритма шлифовки линзы с изначально заданным набором параметров. В данном случае решение данной задачи сводится к нахождению времени нахождения шлифовального инструмента на определенном радиусе поверхности линзы. Для решения данной задачи разобьем поверхность линзы на одинаковые элементарные площадки и каждую площадку обозначим точкой.

Интенсивность съема в общем виде при нахождении инструмента на участке может задаваться пользователем в виде формул, входящих в нижеприведенный цикл:

```
For[i = 1, i < ii,
  H[[ $\mu$ 1[[i]],  $\mu$ 2[[i]]]] = H[[ $\mu$ 1[[i]],  $\mu$ 2[[i]]]] - myPart;
  If[i > 1 && H[[ $\mu$ 1[[i-1]],  $\mu$ 2[[i]]]] >  $\frac{myPart}{3}$ , H[[ $\mu$ 1[[i-1]],  $\mu$ 2[[i]]]] = H[[ $\mu$ 1[[i-1]],  $\mu$ 2[[i]]]] - 0.33333 * myPart];
  If[i < n && H[[ $\mu$ 1[[i+1]],  $\mu$ 2[[i]]]] >  $\frac{myPart}{3}$ , H[[ $\mu$ 1[[i+1]],  $\mu$ 2[[i]]]] = H[[ $\mu$ 1[[i+1]],  $\mu$ 2[[i]]]] - 0.33333 * myPart];
  i++];
```

Рис.3

Таким образом, нахождение неизвестного параметра можно свести к решению матричной системы уравнений, полученной при создании программного кода, при помощи функции LinearSolve.

Пакет Mathematica позволил без затруднений осуществить процесс формообразования. Алгоритм шлифовки линзы приведен на следующей диаграмме.

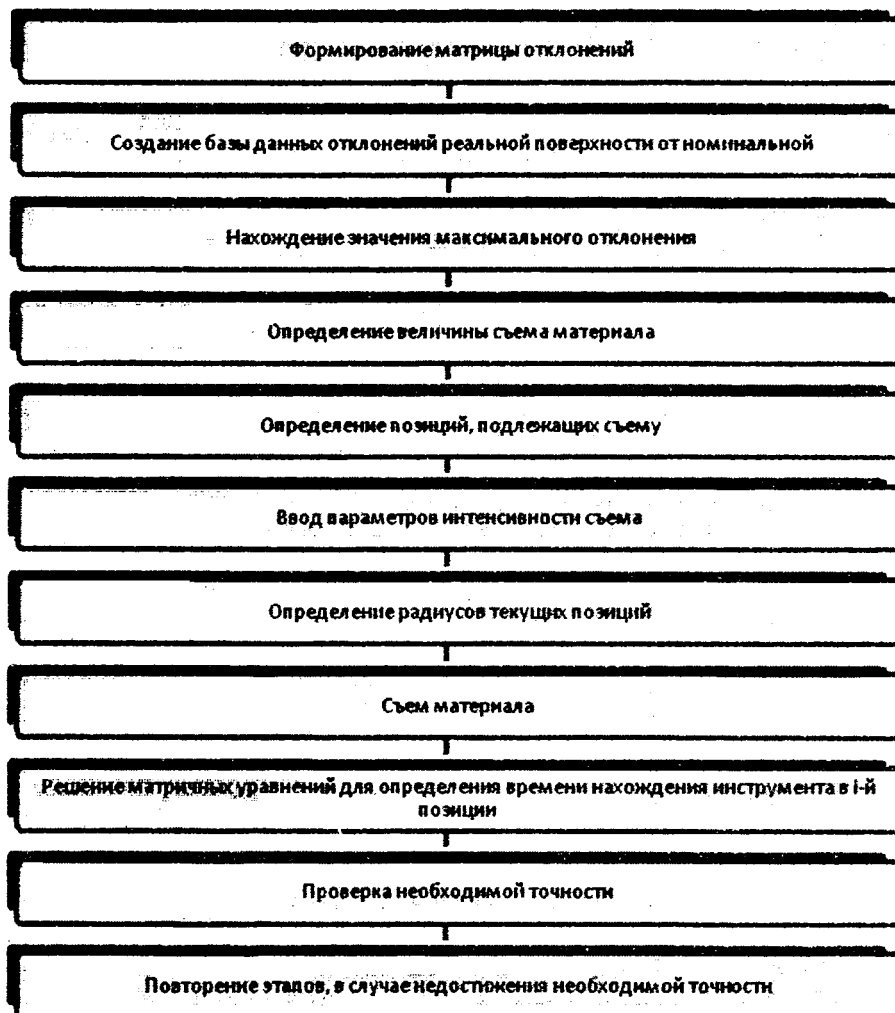


Рис. 4

Модель реальной детали формируется методом реализации поверхности, подлежащей обработке. Благодаря мощному математическому потенциалу пакета Mathematica, высоты поверхностей профиля автоматически задаются функцией Random из интервала $0 \dots 2$ мкм, таким образом, создается изображение поверхности с заданным значением шероховатости. При помощи функций For и If пакета Mathematica создается база данных отклонений реальной поверхности от номинальной в узлах прямоугольной сетки. База создается в виде матрицы, ранг которой зависит от размеров детали и выбранного шага. В автоматическом режиме, посредством сортировки в циклах For и функции Take, решаются задачи поиска максимальных значений отклонений, нахождения значений отклонений входящих в определенный интервал съема, определения среднего значения съема для строки, задаются параметры необходимые для определения интенсивности съема, радиусы текущих позиций съема. На полученном в процессе реализации ряда вышеприведенных задач графе, решается задача маршрутизации центра пятна

контакта инструмента по критерию минимума времени для первого цикла формообразования. Далее производится непосредственная реализация процесса съема материала с поверхности.

После проведения вышеперечисленных этапов обработки, производится корректировка базы данных отклонений и оценка значений отклонений на данном этапе (после цикла обработки). В случае если значения отклонений превышают необходимую величину точности, все приведенные выше этапы повторяются до тех пор, пока точность не будет достигнута.

Процесс создания качественных оптических изделий является крайне трудоемким и требует значительной точности. Реализация этого процесса состоит из большого числа этапов, начиная от проектирования и заканчивая непосредственно созданием линзы.

После изучения этапов создания изделия, в пакете Mathematica был разработан алгоритм процесса формообразования поверхности линзы и ее шлифовки на станке с ЧПУ. Данный пакет позволил быстро и точно решить набор матричных систем уравнений, необходимых при моделировании для нахождения значения времени пребывания шлифовального инструмента в определенной позиции.

Стоит отметить, что использование интерактивного математического пакета для расчетов значительно ускорило и упростило процесс создания алгоритма. Данный алгоритм позволяет выполнять формообразование до требуемого пользователем качества поверхности (величины итоговой погрешности съема) и применять различные значения основных параметров изделия, не изменяя при этом сам алгоритм.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Шехотин, В.М. Домненко, О.А. Гаврилина. Методология проектирования оптических приборов - Санкт-Петербург: Эксм-Групп 2004. 2. М.А. Окатов, Э.А. Антонов, А. Байгожик. Справочник технолога-оптика. - Санкт-Петербург: Эксм-Групп 2004. 3. Сайт компании Lambda Research Corporation (<http://www.lambdares.com>). 4. Сайт компании Optical Research Associates (<http://www/opticalres.com>). 5. Сайт компании ZEMAX Development Corporation (<http://www.zemax.com>). 6. Н.Д. Толстолоба. Системы автоматизированного проектирования и конструирования. - Санкт-Петербург: Эксм-Групп 2002. 7. А.М. Дальский, А.Г. Кислова, Р.К. Мещеряков. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х частях. М.: Машиностроение. - 2001. 8. В.Г. Зубаков, М.Н. Семибратов, С.К. Штандель. Технология оптических деталей. М.: Машиностроение. - 2005, 368с.

УДК 621.81:539.4

Чигарев А.В., Ручан М.В., Шукевич Т.В.

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Постановка задачи.

Рассчитать напряженно-деформированное состояние трубы с внутренним и внешним радиусами $R_1=1.40$ м и $R_2=1.5$ м соответственно, находящейся под действием внутреннего давления $P=400$ МПа.

Поскольку в рассматриваемой цилиндрической трубе нагрузка не изменяется по длине трубы, то напряжения, деформации и перемещения зависят только от двух координат, то есть имеет место плоская задача. Данная задача сводится, по существу, к идентичной математической задаче, что позволяет использовать при ее решении одинаковые математические методы. В теории упругости различают два типа плоских задач: плоская деформация и плоское напряженное состояние. Так как объектом рассматриваемой задачи является бесконечно длинная труба, а внешняя нагрузка представляет собой поперечную силу, не изменяющуюся по длине трубы, то типом рассматриваемой плоской задачи является плоская деформация.