

А.В. Арендарчук, В.А. Скороспелов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ С ИСТОЧНИКАМИ НАПРАВЛЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ)

В ряде промышленных отраслей создаются технические системы, основное назначение которых - перенос (транспортировка) лучистой энергии от генератора оптического излучения к объекту облучения. Это, например, осветительные системы (светотехника), системы утилизации солнечной энергии (гелиотехника), системы облучения тепловым излучением (электротермия).

Появление новых методов управления параметрами оптического излучения - направлением его распространения, формой волнового фронта, спектральным составом и др. - и устройств, реализующих эти методы на практике, открывает новые возможности в создании высокоэффективных систем с передачей энергии излучением. В первую очередь это относится к системам направленного излучения, в которых поле на объекте облучения формируется излучением, имеющим некоторое доминирующее направление распространения. Здесь для придания излучению заданного направления используют дефлекторы - устройства, позволяющие управлять на-

правлением распространения излучения [1], причем под "управлением" понимается не только целенаправленное воздействие - "активное управление", т.е. в динамике, но и применение новых сред, материалов, покрытий, изменяющих параметры излучения, оптимизация форм оптических элементов и т.п., т.е. "пассивное", не обязательно в динамике. Номенклатура дефлекторов чрезвычайно широка - от простейших зеркал и линз до фокусаторов и оптических фазированных решеток. Совокупность генератора оптического излучения и дефлектора назовем источником направленного излучения.

Научно-технические инновации естественным образом отражаются на всех этапах создания и эксплуатации оборудования: чем выше технический уровень нововведений, тем выше должен быть уровень технологии создания. Одним из эффективных способов повышения уровня технологии создания систем с источниками направленного излучения (СИНИ) является комплексная автоматизация основных этапов их жизненного цикла - проектирования, произ-

водства и эксплуатации на единой методологической, математической и программной основе. Такой подход к созданию изделий применяется в машиностроении, а в последнее время - и в области оптики [2].

Комплексная автоматизация процессов создания СИНИ - сравнительно новое направление, однако накопленный опыт в том же машиностроении дает возможность определить закономерности, принципы, на которых должно базироваться инженерное обеспечение системы автоматизированного создания. Рассмотрим основные из них [3] в приложении к проблеме автоматизированного создания и эксплуатации СИНИ.

Принцип интеграции отражает, в первую очередь, комплексность нового подхода, естественную связь между отдельными этапами процесса создания и эксплуатации.

С принципом интеграции непосредственно связан *принцип общности методов и средств проведения инженерно-технических работ на всех этапах автоматизированного создания и эксплуатации*. В соответствии с этим принципом основу инженерного обеспечения (методологического, математического и программного) комплексных систем автоматизации должны составлять достаточно общие методы и средства, единые для всех подсистем (этапов).

Среди методов и средств, оговариваемых в последнем принципе, особое место занимает геометрическое моделирование объекта автоматизированного создания. По отношению к СИНИ, например, с дефлекторами в виде зеркальных отражателей сложных форм это более чем важно: на этапе разработки все расчеты базируются на геометрической информации об отражателе, на этапах производства, включая его технологическую подготовку и контроль изготовленных деталей сложных форм (отражатель и оснастка для его изготовления) - все технологические операции суть формообразование на основе обработки геометрической информации. Таким образом, геометрия изделия связывает воедино все этапы создания. В этом проявляется *принцип определяющей роли геометрического моделирования*.

В связи с реализацией на практике последнего принципа появляется проблема обмена информацией, в первую очередь геометрической, между этапами создания и эксплуатации, т.е. между исследователями, конструкторскими, технологическими, производственными подразделениями, организациями. В настоящее время такой обмен осуществляется путем передачи соответствующей технической документации. Однако этот способ информационной связи не пригоден в условиях комплексной автоматизации, так как он не обеспечивает оперативный (программный) доступ к информации, сопряжен с большими трудозатратами на переподготовку данных на каждом этапе жизненного цикла и появлением дополнительных ошибок. Во избежание этого необходимо ис-

пользовать единые информационные базы, обеспечивающие долговременное хранение данных и оперативный доступ к ним, что выражается в *принципе информационной целостности процессов автоматизированного создания и эксплуатации*. В таких базах необходимо хранить, в первую очередь, геометрическую информацию, в частности, модели дефлекторов и формообразующих поверхностей оснастки, а также результаты расчетов, обработки технологических процессов на математических моделях.

И, наконец, принцип, требующий в наибольшей мере учитывать и максимально использовать сложившуюся практику, технологию проведения инженерно-технических работ в данной проблемной области - *принцип преемственности*. В частности, согласно этому принципу целесообразно иметь в рамках подсистем автоматизированного проектирования набор математических моделей компонент СИНИ - дефлекторов, генераторов излучения различной сложности, структуры, объединяемых по требованиям пользователя в рамках одной общей модели, что позволяет на единой методической основе сравнивать различные сложившиеся способы расчета.

Таким образом, в основе предлагаемого подхода лежит концепция СИНИ как объекта автоматизированного создания и эксплуатации, представляемого совокупностью взаимосвязанных математических моделей, каждая из которых соответствует определенному этапу создания. Информационная связь моделей осуществляется через единую для всех этапов базу данных.

На первых этапах создания - предпроектных исследованиях, при выборе предварительных конструктивных решений и пр. - используется универсальная математическая модель СИНИ, причем универсальная в нескольких планах:

- на этой модели возможна обработка алгоритмов как упрощенных (предварительных), так и полномасштабных исследований;

- модель позволяет исследовать все типы оборудования определенного класса;

- модель может использоваться на всех этапах создания.

Результатом использования модели на этапах проектирования является информация, необходимая для начала автоматизированных процессов производства и эксплуатации.

На этапах производства, в первую очередь его технологической подготовки, используются математические модели деталей и узлов СИНИ и математические модели технологических операций на оборудовании с ЧПУ, на котором будут изготавливаться эти детали и узлы. Результатом совместного использования этих моделей является информация для соответствующего оборудования с ЧПУ - управляющие программы (на носителях типа перфоленты, магнитной ленты и пр.).

На этапах эксплуатации применяется информация, обработанная при проектировании, в частности, математические мо-

дели соответствующих режимов, которые должны быть обеспечены с помощью СИНИ.

На базе изложенных принципов было разработано программное обеспечение автоматизированных процессов проектирования, производства и эксплуатации одного из видов СИНИ - электротермического оборудования направленного излучения (ЭТОНИ). Это программный комплекс ЛУЧ, являющийся совместной разработкой ВНИИ электротермического оборудования и Института математики СО АН СССР; в данной статье представлена версия для оборудования с дефлекторами в виде зеркальных отражателей.

За основу математического и программного обеспечения комплекса взят базовый уровень системы АСТРА [3], основное назначение которой - геометрическое обеспечение проектирования и технологической подготовки производства изделий сложной формы. Основу программного обеспечения, предназначенного для непосредственного использования в инженерной деятельности, составляют специальные разделы комплекса - ПРОЕКТ, ПРОИЗВОДСТВО и ЭКСПЛУАТАЦИЯ (см. рисунок).

Раздел ПРОЕКТ содержит программное обеспечение для решения задач автоматизированного проектирования ЭТОНИ, включая численные исследования и машинное конструирование. Инструментом при этом служит математическая модель ЭТОНИ как генератора излучения (излучателя) и дефлектора (отражателя). В этой модели ЭТОНИ представлено в совокупности с объектом нагрева, т.е. имеется расчетная система "излучатель - отражатель-приемник", основное функциональное назначение которой - перенос лучистой энергии от излучателя к приемнику как непосредственно, так и с промежуточным зеркальным отражением. Приемник представлен плоским прямоугольником; излучателем в модели могут быть цилиндр, диск, параллелограмм и пр. В систему можно вводить и промежуточные экраны аналогичных форм. Одновременно может быть задано несколько излучателей и экранов.

Одной из принципиально новых задач, решаемых в данной модели, является построение поверхности зеркального отражателя сложной пространственной формы. Для этого используются бикубические параметрические сплайны - W-сплайны [3]. С их помощью моделируются все известные типы форм отражателей - осесимметричные, линейные и протяженные. Предусмотрено выделение отдельных сегментов поверхности, что позволяет детально исследовать влияние каждой части отражателя на общее распределение лучистых потоков. Взаимное расположение и размеры элементов системы "излучатель-отражатель-приемник" - произвольные.

Каждый компонент этой системы характеризуется также своими физическими свойствами; среда системы принята прозрачной. Расчет переноса лучистой энергии (прямая задача) проводится при по-

мощи угловых коэффициентов (для потока, падающего непосредственно от источника) и коэффициента обмена [4] (для потока, падающего после зеркального отражения). В расчете учтено взаимное затенение компонент. Адекватность модели была подтверждена расчетами на ней известных частных задач (двумерных и трехмерных), имеющих аналитическое решение, а также сравнением расчетов с данными экспериментов.

Для оперативного и длительного хранения информации (описание поверхностей отражателей, результаты расчетов и пр.), в рамках программного комплекса используется база данных системы АСТРА. Информация о каждом объекте хранится в базе данных под своим именем, которое используется для последующих ссылок на этот объект.

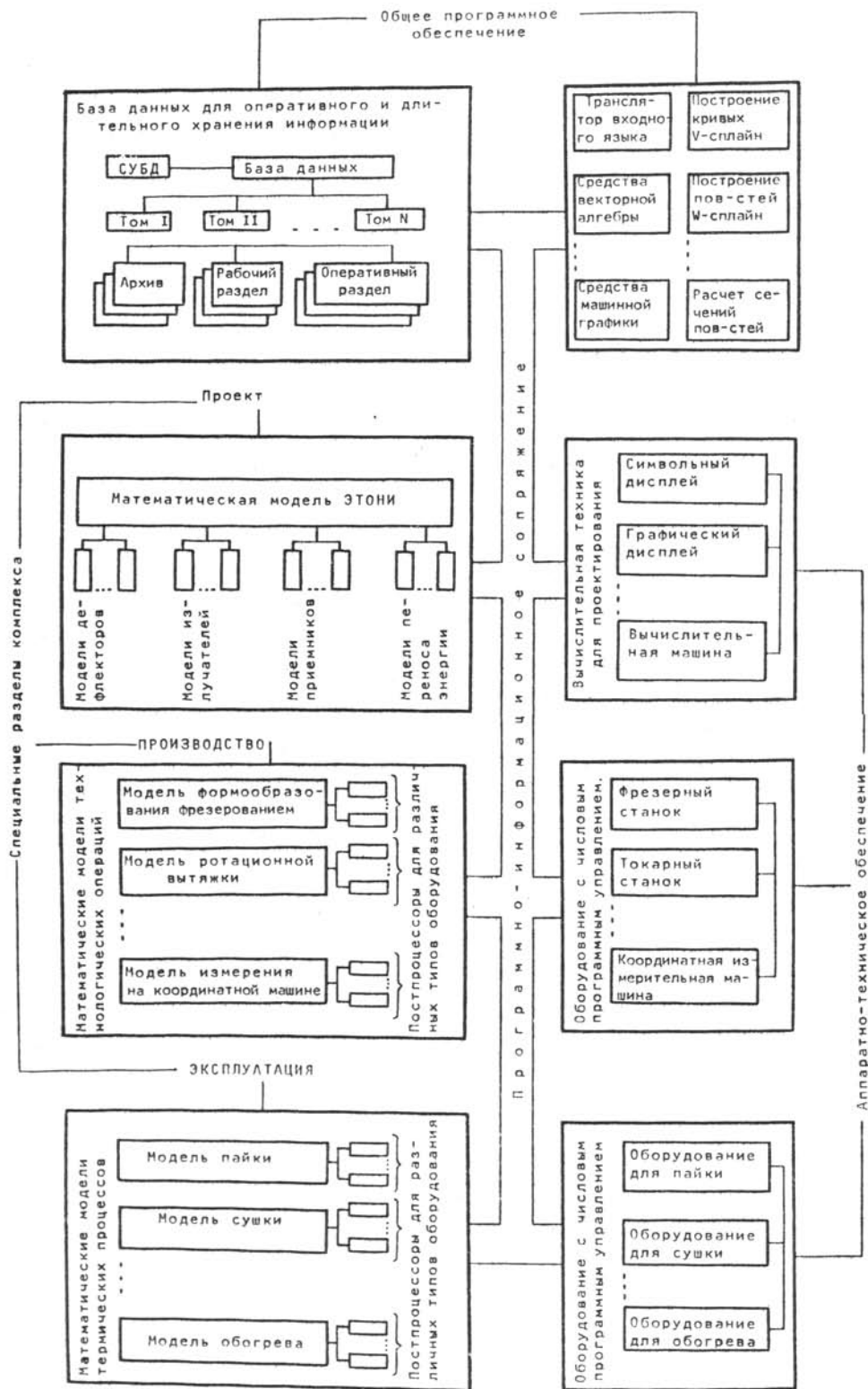
Графическое обеспечение комплекса предоставляет пользователю возможность изобразить на графопостроителе или графическом дисплее общий вид поверхности отражателя, ее сечений, графики зависимостей и соответствующим образом оформить чертеж, рисунок.

Раздел ПРОИЗВОДСТВО предназначен для автоматизации процессов технологической подготовки производства облучателей, включая подготовку управляющих программ для оборудования с ЧПУ. При этом используются математические модели технологических операций на соответствующем оборудовании. Источником геометрической информации об обрабатываемой детали (отражатель, штамп, шаблон и пр.) является информация, полученная при проектировании и хранящаяся в базе данных комплекса.

В этот раздел включаются, в первую очередь, модели тех операций, которые необходимы для изготовления наиболее сложной по форме детали - отражателя. Это модели формообразования фрезерованием и шлифованием (например, для обработки штамповой оснастки для производства протяженных отражателей), модель ротационной вытяжки осесимметричных отражателей, модель контроля сложной поверхности на координатно-измерительной машине и др.

Раздел ЭКСПЛУАТАЦИЯ предназначен для автоматизации термических процессов, проводимых с помощью ЭТОНИ с ЧПУ. В настоящее время практическое применение этого раздела сдерживается отсутствием соответствующего оборудования с ЧПУ. Однако в этой области ведутся интенсивные разработки, позволяющие надеяться в ближайшем будущем на появление такого оборудования.

Сравнительный анализ процессов создания изделий с зеркальными отражателями в смежных областях - светотехнике, гелиотехнике и других - показывает, что по своим высоким функциональным возможностям и уровню автоматизации комплекс ЛУЧ не имеет аналогов.



Специальные разделы комплекса

Программно-информационное обеспечение

Аппаратно-техническое обеспечение

1. Р е б р и н Ю.К. Управление оптическим лучом в пространстве. - М.: Сов. радио, 1977.
 2. Б е р е з н ы й А.Е., Б р у с и л о в с к и й Л.И., О т л и - в а н ч и к Е.А., С а г а т е л я н Д.М., С и с а к я н И.Н., С о й ф е р В.А. Проект системы автоматизации проектирования, создания, исследования и применения элементов плоской оптики (версия 1). // Компьютерная оптика, 1987, вып. 2, с. 21-29.
 3. С к о р о с п е л о в В.А. Математическое моделирование объектов сложной формы и программное обеспечение автоматизированных процессов их создания. Дисс. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 1985.
 4. А р е н д а р ч у к А.В. Структура поля отраженного излучения при радиационном теплообмене в системах с зеркальными поверхностями // ИФЖ, 1987, т. 52, № 4.
-