

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СОЗДАНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ (ВЕРСИЯ 1)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Характерной особенностью развития физики в наши дни является интенсивное изучение физических полей. При этом, помимо традиционного использования энергетических свойств, все большее внимание обращается на информационные. Так, когерентное световое поле можно использовать как носитель информации большой емкости. Это позволяет использовать световое поле для обработки и передачи больших объемов информации, в том числе в виде двух- или трехмерных массивов, а также использовать поле как сложный и гибкий технологический элемент, управляя не только его энергией, но и структурой, то есть теми же параметрами поля, что и при оптической обработке информации [1, 2].

Практическое использование информационных характеристик поля стало впервые доступно в методах физической голограммии, которая с помощью чисто физических методов позволяла полностью записать, а затем восстановить когерентное поле. Цифровая голограммия основывалась на управлении полем при помощи голограмм, рассчитанных на ЭВМ, путем цифрового моделирования физического процесса и изготовленных при помощи специальной аппаратуры вывода изображений из ЭВМ. В то же время цифровая голограммия оставалась в рамках задач физической голограммии [3].

Обобщение методов цифровой голограммии для различных сред, длин волн, а главное – постановка новых задач управления полем и разработка математических методов их решения определили направление плоской оптики, управляющей информационными характеристиками поля (как 2-мерного массива) с помощью синтезированного на ЭВМ цифровыми методами элемента плоской оптики (ЭПО).

Направление плоской оптики является ведущим в научной деятельности отдела обработки сигналов ИОФАН, как, впрочем, и ряда других научных организаций, например кафедры технической кибернетики Куйбышевского авиационного института [4], факультета ВМК МГУ. При этом сотрудники отдела обработки сигналов ИОФАН занимаются как проектированием элементов плоской опти-

ки, так и синтезом их на различных физических средах, исследованием (в том числе и математическим моделированием) и применением ЭПО на практике. Эта работа, естественно, требует создания автоматизированных систем проектирования и исследования элементов, автоматизации технологических процессов их создания и использования на практике.

В настоящее время такие системы существуют в перечисленных выше научных центрах, однако они обладают рядом недостатков:

- средства вычислительной техники и аппаратура автоматизации зачастую выбираются без учета специфики решаемых задач, так как в период начала работ по плоской оптике необходимая аппаратура была труднодоступна и часто уникальна;
- практически отсутствуют стандарты на форматы данных, библиотеки научных расчетов и обработки экспериментальной информации;
- слабая координация работ на различных этапах, вызванная территориальной разобщенностью рабочих мест проектирования и изготовления ЭПО, часто приводит к несбалансированному развитию этих работ, ухудшает единое научное управление, приводит к неоправданно большим срокам их разработки и внедрения;
- отсутствие единого координационного центра препятствует созданию удобных для использования фондов программного обеспечения, архивов спроектированных элементов, протоколов и отчетов синтеза и применения ЭПО, необходимых для совершенствования работ.

Существующую систему автоматизации работ по плоской оптике можно условно назвать САПР-ЭПО-0 (Система Автоматизации Проектирования Элементов Плоской Оптики, версия 0). Назрела необходимость создания единой автоматизированной системы (САПР-ЭПО-1), реализованной в рамках целостной идеологии на современной аппаратной базе. Цель данной работы – проект такой системы на основе серийных отечественных средств вычислительной техники (СВТ) и средств связи (СС) с учетом экономических факторов их стоимости и эффективности использования.

ОПИСАНИЕ ЭТАПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СОЗДАНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

Всю совокупность работ по плоской оптике можно разделить на два класса, соответствующих решению прямой и обратной задач плоской оптики. При решении *прямой задачи* задается ЭПО и требуется определить поле, создаваемое им в некоторой области пространства. При этом часто интерес может представлять только амплитуда или фаза поля [5, 6]. Для *обратной задачи* плоской оптики задано поле или требования к нему и нужно рассчитать элемент. По сути, решение обратной задачи связано с проектированием и созданием ЭПО, а прямой – с исследованием и анализом их работы.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

При решении обратной задачи поле представляется в виде математических структур и преобразований над ними с учетом выбранного физического приближения для описания поля (приближение геометрической оптики, волновое скалярное или векторное приближение, асимптотический ряд типа квантово-механического квазиклассического приближения и др.). Расчет ЭПО связан с решением уравнений в частных производных (в том числе и нелинейных), численным решением интегральных и дифференциальных уравнений, вычислением одномерных и двумерных преобразований типа Фурье-преобразования, вычисления асимптотических рядов и т.д.

Таким образом, этап проектирования ЭПО связан с потребностью в значительных вычислительных ресурсах. Например, сравнительно несложные элементы для инфракрасного диапазона (ИК-диапазона) обычно содержат порядка 1000x1000 точек по 256 градаций в каждой, а в процессе вычисления с массивом данных в 1 Мбайт производят сложные математические действия. В оптическом диапазоне ЭПО может содержать уже на 2–3 порядка больше точек (при одинаковом размере элемента), так как требуемое разрешение пропорционально длине волны света. Для ультрафиолетовой области (УФ-диапазона) – на порядок больше. Поэтому процесс вычисления ЭПО может продолжаться часами даже на мощных вычислительных машинах с быстродействием порядка миллиона операций в секунду.

СОЗДАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

Материал для ЭПО может быть различным в зависимости от назначения. Так, например, для эле-

мента в ИК-диапазоне может применяться фотопленка (в качестве фотошаблона) или фотопластинка; в видимом и УФ-диапазоне – специальные высокоразрешающие голограммические материалы. В соответствии с этим различаются и технологические процессы синтеза ЭПО. На фотоматериалы синтезированное изображение может быть выведено непосредственно из ЭВМ с помощью специализированной аппаратуры вывода изображений. Например, в ИОФАН для этих целей используется прибор Photomation P-1700. Так как для данного устройства при размере рабочего поля 23x25 см разрешение составляет порядка 25 микрон (хотя очень точной регулировкой может быть доведено до 12,5 микрон), но этого часто недостаточно (например, в видимом диапазоне нужно разрешение в 10–20 раз выше), то можно дополнительно уменьшить размеры изображения, сохранив при этом число элементов раstra, с помощью оптической системы.

Для получения изображения синтезированного элемента можно использовать также электронно-лучевые трубы (ЭЛТ) высокого разрешения. Еще удобнее специальные сканирующие устройства вывода (так, например, сканеры, разработанные в ИАЗ СО АН СССР, системы типа LAZERSCAN, выводящие до 10000x10000 точек с разрешением 0,5 микрона, позволяющие при выводе непосредственно из ЭВМ достигать микронной точности). Но такие устройства уникальны, а следовательно, дороги.

Больший интерес представляет создание динамически управляемого элемента на реверсивном носителе – специальном кристалле (пространственном модуляторе), управляемом с помощью ЭВМ. Это направление представляется наиболее перспективным для ускорения и автоматизации разработок и применения новых ЭПО.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

Этап исследования синтезированных элементов связан с решением прямой задачи плоской оптики, то есть определения поля после взаимодействия когерентного излучения с ЭПО. Для контроля ЭПО требуется с максимальной точностью измерить поле. Источником когерентного излучения обычно служит лазер с длиной волны, которая может варьироваться для удобства исследования элемента или совпадать с рабочей длиной волны, для которой он спроектирован.

Регистрация поля осуществляется, как правило, многоканальными фотодетекторами: ПЗС-линзами и матрицами, видиконами и т.д., настроенными на различные спектральные диапазоны – от УФ до ИК. Собранный таким образом и оцифрованный информации передается в ЭВМ, и наступает не менее сложный, чем проектирование, этап анализа адекватности спроектированного ЭПО и экспериментальных данных.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

В этой части будет рассмотрен ряд экспериментов прикладного характера, проводимых в отделе обработки сигналов ИОФАН, основанных на использовании ЭПО в качестве инструмента: для оптической обработки материалов, лазерной метрологии, оптической обработки информации. (Под лазерной метрологией здесь понимается как использование лазерного излучения для различных измерений, так и измерение пространственной структуры и характеристик излучения самих лазеров.)

Фокусировка лазерного излучения в произвольные кривые и области с помощью элементов плоской оптики

Фокусировка лазерного излучения в произвольные заданные кривые и области осуществляется за счет изменения формы волнового фронта когерентного поля, то есть его фазы с помощью ЭПО [2]. Полученные элементы используются для лазерной термообработки материалов (термоупрочнение, резка, сверление сложных отверстий, маркировка), для лазерной хирургии. Такие элементы позволяют проводить сложные разрезы, выжигать сложные отверстия одномоментно, без всякого сканирования. Это значительно упрощает аппаратуру при одновременном расширении круга решаемых задач. Можно сказать, что технологический лазер с набором ЭПО подобен управляющей ЭВМ с набором ПЗУ, в которых записаны сложные обрабатывающие программы объемом до нескольких сотен Мбайт информации.

Измерение модового состава лазерного излучения с помощью элементов плоской оптики

Когерентное световое поле (излучение внутри лазерного резонатора, оптического волокна) – это монохроматические электромагнитные колебания в ограниченном объеме пространства. Поэтому существует лишь дискретный набор типов колебаний (мод) с определенной объемной структурой. Одновременно в одном физическом объеме может существовать сразу несколько мод с различными энергиями. Световое поле является суммой этих колебаний, то есть полностью задается значениями энергии мод в данный момент. Фактически именно световое поле является "конечным продуктом" работы лазера или оптоволокна, а энергии мод – итоговыми характеристиками структуры, параметров и условий внешней среды, в которой находится лазер или оптоволокно. Таким образом, измерение энергий мод является основным и практически единственным адекватным средством количественной характеристикации ла-

зерного излучения, а также основой для получения волоконно-оптических датчиков.

Эксперименты данной группы обычно заключаются в следующем: когерентное излучение (от лазерного резонатора) направляется с помощью оптической системы в исследуемый отрезок оптоволокна. На выходе устанавливается ЭПО, который позволяет выделить различные моды и по модовому составу проанализировать физические свойства оптоволокна или самого лазерного резонатора, если волокно не используется.

Важным направлением в решении задач метрологии оптоволокна и лазерных резонаторов является так называемая Бессель-оптика (разложение лазерного пучка в ряды Фурье-Бесселя с помощью ЭПО) [7].

Так как распространение мод во многомодовом волокне обладает высокой чувствительностью к различным внешним полям, рассматриваемые модовые фильтры, как уже отмечалось, могут применяться в качестве основы для волоконно-оптических датчиков, обладающих уникальными параметрами для самых различных физических полей.

Аналогична функциональная схема экспериментов по синтезу лазерного пучка с определенным модовым составом.

Измерение волновых фронтов интерферометрическими, теневыми и другими методами

Одним из наиболее распространенных применений современной голограммии является использование волновых фронтов лазерного излучения для получения пространственной информации об объеме или поверхности исследуемых объектов. Для этого волновой фронт пропускается через объект (если он прозрачный, как, например, поток жидкости или газа) или отражается от поверхности (например, при исследовании вибрации конструкций), кодируя таким способом информацию об исследуемом объекте. Затем волновой фронт регистрируется и декодируется, то есть из него извлекается нужная информация. Типичные методы кодирования-декодирования – интерферометрические, теневые и т. д.

Основной трудностью применения всех этих методов является то, что волновой фронт, падающий на объект, должен искажаться слабо, то есть заранее иметь форму, близкую к форме поверхности объекта. Это резко ограничивает область использования вышеперечисленных методов, обладающих высокой точностью и наглядностью результатов, так как они обычно применяются для объектов только простой формы, незначительно уклоняющихся от плоскости, сферы и т. п.

Элементы плоской оптики снимают это ограничение, позволяя придавать волновому фронту любую заранее заданную форму, что не только значи-

тельно расширяет область применения, но и повышает точность.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭТАПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СОЗДАНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

В данном разделе определяется состав аппаратуры автоматизации, необходимой для наиболее полного решения поставленных задач на каждом из выше определенных этапов; перечисляются наиболее существенные работы, проводимые с использованием ЭВМ, и, наконец, предлагаются структура и программное обеспечение САПР-ЭПО-1.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

Как уже отмечалось, этот этап связан с большими вычислениями на ЭВМ. Поэтому автоматизированное рабочее место проектировщика ЭПО (АРМ-ЭПО) должно включать мощную ЭВМ для расчетов с быстродействием не менее миллиона операций в секунду. Наибольший интерес представляют так называемые супермини – 32-разрядные ЭВМ, программино совместимые с 16-разрядными (например, "Электроника-82", СМ-1700). Машины данного класса поддерживают многопользовательский режим работы, предоставляя каждому пользователю значительные вычислительные ресурсы, имеют большие по объему "жесткие" диски, или диски типа "винчестер". Для организации архива спроектированных ЭПО требуются накопители на магнитных лентах большой информационной емкости. Кроме этого нужны графические устройства отображения (графические растровые дисплеи, желательно цветные) для экспресс-анализа спроектированного ЭПО и устройства, позволяющие получить печатную копию элемента для архива протоколов работ (это могут быть цветные графические принтеры или граffопостроители).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭТАПА СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

Автоматизация этого этапа состоит в создании гибкого автоматизированного производства ЭПО. Аппаратура управления должна:

- обеспечивать контроль хода работ с выдачей информации о его протекании (по запросу или периодически);
 - сигнализировать об экстремальных ситуациях;
 - протоколировать весь ход процесса;
 - содержать средства загрузки управляющих программ (например, набор программ, записанных в ПЗУ, или загрузки программ по линиям связи).

При правильной организации в составе управляющей аппаратуры не возникает "лишней" дефицитной или дорогостоящей периферии, например гибких дисков, принтеров. Для этой цели подходят выпускаемые массовым тиражом вычислительные комплексы ДВК-1, ДВК-1М, состоящие из надежных одноплатных ЭВМ "Электроника МС-1201.01", установленных в корпусе дисплея "Электроника 15ИЭ-00-013" [8]. На плате расположен процессор с системой команд микроЭВМ "Электроника-60", ОЗУ емкостью 64 кбайт, ряд контроллеров, панель для установки дополнительного ППЗУ емкостью 4 кбайт. Комплексы имеют возможность подключения дополнительного связного последовательного интерфейса. ППЗУ может быть использовано либо для хранения простых управляющих программ, либо загрузчика для линии связи.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

Особенностью этого этапа является необходимость сбора большого количества экспериментальных данных, их быстрого ввода в ЭВМ и машинной обработки, что требует не меньше вычислительных ресурсов, чем этап проектирования ЭПО. Физическая аппаратура сбора экспериментальных данных уже была описана в разд. "Исследование элементов плоской оптики". Аппаратура автоматизации должна иметь устройства протоколирования итогов эксперимента, хода эксперимента, экспресс-анализ результатов.

Так как исследование ЭПО – это экспериментальная работа, то для АРМ исследования ЭПО требуется хорошая профессиональная ЭВМ (например, "Электроника-85"), имеющая в своем составе цветной графический монитор, диск типа "винчестер", гибкие диски, графическую печать и граffопостроитель [9]. Учитывая специфику работы, связанную с обработкой видеинформации, в состав АРМ должны входить специализированные матричные или видеопроцессоры (такие, как "Электроника МТ-70", "Электроника МТ-70М"), необходимые для быстрой первичной обработки данных. Существенно важным представляется возможность подключения измерительной аппаратуры (например, в стандартах CAMAC, IEEE-488, Multibus и т. д.). Организованное таким образом рабочее место принято называть персональным измерительно-вычислительным комплексом (ПИВК) [10], на котором можно проводить предварительную обработку. Для окончательной обработки данных требуются 32-разрядные супермини.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭТАПА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

Определяя аппаратуру автоматизации на этапе применения ЭПО, следует учитывать, из чего создан

ЭПО. Так, если элемент создается на постоянном носителе (транспарант, киноформное зеркало), то аппаратура управления определяется уже тем экспериментом, в котором ЭПО играет роль физического инструмента. Вообще говоря, здесь тоже требуются ПИВК.

Для применения динамически управляемого элемента аппаратура автоматизации должна содержать быстрое управление элементом. Для этой цели следует применять указанные выше специализированные процессы ввода-вывода изображений в реальном времени, специализированные процессы обработки изображений.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СОЗДАНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКОЙ ОПТИКИ

При анализе круга решаемых задач в структуре САПР-ЭПО-1 можно выделить три типа рабочих мест:

1. Рабочее место по созданию ЭПО, моделированию и обработке экспериментальных данных (на базе 32-разрядных супермини).

2. Рабочее место исследователя ЭПО или рабочее место экспериментатора, использующего ЭПО (ПИВК на базе 8- или 16-разрядных ПЭВМ со специализированными видеопроцессорами).

3. Аппаратура управления технологическим процессом создания или использования ЭПО (на базе одноплатных программируемых микроконтроллеров).

Важно объединить эти три типа АРМ в единую систему при помощи коммутационной среды. Это даст следующие преимущества:

– координацию работ на всех этапах САПР-ЭПО-1;

– обмен данными между проектировщиками и исследователями ЭПО по скоростным линиям связи;

– организацию единого банка ЭПО и архива протоколов проведения экспериментов;

– удобство разработки управляющих программ, организации единого банка управляющих программ;

– удаленную загрузку программ для управления технологическими процессами из единого центра;

– централизованный сбор управляющей информации, его обработку и архивацию;

– распределенное использование дефицитной периферии (графические средства отображения, специализированные процессы, скоростная печать, магнитные ленты большой емкости и т. п.).

АППАРАТУРА КОММУТАЦИОННОЙ СРЕДЫ САПР-ЭПО-1

Учитывая номенклатуру серийно выпускаемых отечественной промышленностью средств связи и типы связанных интерфейсов [11], проще всего организовать всю вычислительную аппаратуру САПР-ЭПО-1 в локальную сеть с топологией "звезда", имеющую центральную коммутационную ЭВМ (ЦЭВМ) и удаленные локальные станции, оснащенные целевыми вычислительными ресурсами. В общем случае локальные станции могут сами строиться на базе многомашинных комплексов.

Использование телефонных линий связи

Использование существующих линий связи значительно удешевляет затраты на создание коммуникаций. Практически во всех производственных помещениях существуют телефонные сети. С помощью специальных телефонных модемов ЭВМ можно подключить к телефонной сети через стандартный последовательный интерфейс. Отечественной промышленностью телефонные модемы выпускаются серийно (например, ЕС-8001, ЕС-8006, модем 1200КН-00 и т. д.) [11]. Защита данных от возможных помех на линии осуществляется с помощью специальных сетевых протоколов канального уровня, например DDCMP, RSP, HDLC [12], осуществляющих поблочный обмен с вычислением контрольной суммы блока и перепередачей в случае обнаружения ошибок. Эти протоколы могут быть реализованы аппаратно (как, например, в связной аппаратуре БС АДС СМ-1600.8524) или программно. Телефонную сеть можно использовать для удаленной загрузки управляющих программ в аппаратуру управления технологическими процессами и для сбора информации о ходе этих процессов, так как управляющие потоки данных обычно не превышают 100 байт/с [13].

Использование физической линии связи

В случае необходимости создания специального соединения наиболее дешевой линией, безусловно, является 4-проводная линия связи. Она обеспечивает устойчивый обмен через интерфейс "токовая петля" со скоростью до 9600 кбит/с на расстояниях до 500 м. Расстояния можно увеличивать без увеличения вероятности ошибок передачи за счет пропорционального уменьшения скорости (график зависимости скорости безошибочной передачи от расстояния хорошо известен [14]). Для безошибочной передачи на большие расстояния можно также использовать сетевые протоколы канального уровня.

Обмен можно также организовать через интерфейс типа "Стык-2" (EIA, RS-232). В этом случае при помощи модемов можно передавать информацию на большие расстояния. Но для систем автоматизации, имеющих, как правило, распределение установок в радиусе 1 км, надежней передача по "токовой петле", при которой использование гальванической (оптронной) развязки предохраняет интерфейсы от силовых наводок в линиях.

Высокоскоростные линии связи

Такими линиями могут служить либо коаксиальные кабели, либо оптоволоконные. Для обоих типов существуют связные интерфейсы. Однако оптоволоконные линии наиболее современны (так как обеспечивают безошибочный обмен на высоких скоростях), абсолютно нечувствительны к внешним электромагнитным возмущениям, обеспечивают высокую гальваническую развязку между источником и приемником информации. Их масса и габариты гораздо меньше, что упрощает прокладку каналов связи. Нашей промышленностью серийно выпускается унифицированная оптоволоконная система информационного обмена "Электроника МС-8004", содержащая как оптоволоконные линии связи (до 500 м), так и различные типы интерфейсов. Скорость обмена 16 Мбит/с позволяет использовать ее для передачи больших массивов, то есть для передачи ЭПО по линиям связи.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ КОММУТАЦИОННАЯ ЭВМ

На ЦЭВМ в составе САПР-ЭПО-1 накладываются следующие требования:

- ресурсы ЦЭВМ должны быть достаточными для поддерживания сетевой среды;
- ЦЭВМ должна иметь интерфейсы всех типов для обеспечения связи с соответствующими типами АРМ.

Анализ сетевого трафика для конкретной ЦЭВМ может определить возможности дополнительного использования ее ресурсов (многотерминальную сеть для централизованной разработки программного обеспечения, централизованные архивы и банки программного обеспечения).

В качестве ЦЭВМ может быть использована ЭВМ типа "Консул" или УВК на базе мини-ЭВМ СМ-1420, СМ-1600 и супермини. При этом большой интерес представляет использование УВК СМ-1600, так как в составе УВК имеется 2 процессора (СМ-1600.2620, СМ-2104.0506) и биполярная память СМ-1600.3510, что позволяет эффективно распределять работу процессоров при использовании УВК в качестве коммутационной машины сети. Кроме этого, серийный блок БС АДС СМ-1600.8524 имеет 8-канальный мультиплексор, 4 асинхронных и

2 высокоскоростных синхронных последовательных канала связи.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР-ЭПО-1

Выбор программного обеспечения (ПО) играет решающую роль с точки зрения удобства пользования всей системой в целом. Обычно ПО разделяют на системное ПО (СПО) и прикладное ПО (ППО). В свою очередь СПО обеспечивает:

- операционную среду (ОСР): операционную систему (ОС), средства сетевого обеспечения и т. д.;
- инструментальные средства (ИСР): языки, КРОСС-системы, технологические средства, базы данных.

ППО обычно состоит из пакетов прикладных программ, графических пакетов и т. п., а также собственных прикладных программ.

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР-ЭПО-1

Выбор операционной среды

При выборе СПО нужно учитывать следующие факторы:

- в настоящее время сложная научная аппаратура, как правило, оснащается встроенным микропроцессорным управлением. Для подобных "интеллектуальных" приборов ОСР уже практически выбрана ее производителями. Обычно это такие широко распространенные системы, как CP/M, PC-DOS, MS-DOS, MX-DOS. Сетевая среда должна иметь возможность эффективного взаимодействия с основными типами ОС;

- для пользователя АРМ при переходе к работе в структуре сети должна быть по возможности сохранена привычная ОС;

- использование САПР-ЭПО-1 должно существенно расширять вычислительные ресурсы и услуги для пользователей по сравнению с возможностями автономной работы на АРМ.

Анализируя существующее СПО, можно сделать следующие рекомендации:

- для АРМ в составе САПР-ЭПО-1 можно использовать ОСР, поддерживающие работу в составе локальных вычислительных комплексов (ЛВК), как это описано в [15]. Для отечественных СВТ такой ОСР могут служить системы RSX-11, РАФОС-2, TSX-PLUS, SHARE-11, STAR-11 [16];

- для взаимодействия АРМ можно использовать пакет KERMIT [17], обеспечивающий обмен файлами между разнородными ЭВМ по стандартным терминальным линиям связи.

Отметим, что использование многопользовательской ОС TSX-PLUS дает ряд преимуществ [18], так как:

- сохраняет среду ОС RT-11 – наиболее реактивной операционной системы реального времени, что немаловажно для задач автоматизации;
- позволяет поддерживать до 40 линий связи;
- поддерживает всю номенклатуру серийно выпускаемых периферийных устройств, в том числе и связных;
- в среде ОС TSX-PLUS разработаны многочисленные прикладные пакеты: компиляторы с различных языков (PASCAL, Modula-2, Си, Фортран-77 и т.д.), базы данных, графические пакеты, редакторы и документаторы, электронная почта и т.д.;
- для однородных машин предусмотрен сетевой многопроцессорный режим работы. Кроме того, поддерживается связь с такими системами, как MS-DOS, CP/M, VMS;
- адаптивный алгоритм планировщика оптимизирует многопользовательский режим работы.

Выбор инструментальных средств

В [19] достаточно полно определены основные требования к языкам высокого уровня в системах автоматизации. Одними из наиболее существенных являются:

- программирование в реальном времени;
- программирование параллельных процессов;
- возможность создания автономных процессов;
- мобильность при переносе ППО;
- простота сопровождения ППО;
- потребность в "умеренных" вычислительных ресурсах (в частности, для разработки ППО на микроЭВМ и ПЭВМ).

В настоящее время широко известны удачные реализации таких языков высокого уровня, как Си, Modula-2, PASCAL, MicroPower/Pascal. Известны примеры аппаратной реализации компьютера с системой команд Modula-2 [20], что резко повышает производительность разработки и применения прикладных программ.

Добавим, что для разработки автономных программ при работе в составе ГАП большой интерес представляет инструментальная система MicroPower/Pascal [21].

При создании крупных программных проектов важная роль отводится технологии программирования. В этом плане в настоящее время большое распространение как у нас, так и за рубежом получила так называемая Р-технология (РТК-микро) [22]. Опыт ее использования в ИОФАН показал высокую эффективность. В составе РТК имеются графические языки программирования (Си, PASCAL, Фортран, Ассемблер), база данных РДБ, системы

подготовки документации, средства сопровождения проектов, системы меню.

Для реализации больших коллективных программных проектов в качестве инструментальной системы удобно использовать систему программирования на языке Modula-2. Это дает такие преимущества, как независимое модульное программирование, мобильность программного обеспечения при переносе на различные типы ЭВМ, программирование параллельных процессов и в реальном времени [23].

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Как уже отмечалось, этап проектирования ЭПО сопровождается большими счетными работами. Необходимо максимально автоматизировать все трудоемкие и времязатрачивающие рутинные работы. С этой точки зрения очень важным является использование систем аналитических расчетов на ЭВМ [24]. Большую экономию времени дает использование стандартных пакетов прикладных программ [25]. Отметим наиболее известные:

- пакет БНТР (Библиотеки научно-технических расчетов), входящий в состав ОС РАФОС-1;
- пакет SSP фирмы IBM [26];
- пакет CERN, созданный в ВЦ Европейского исследовательского центра по ядерной физике в Церне [27];
- пакет прикладных программ для научных расчетов NAG.

Существует еще целый ряд фирменных пакетов. Отметим пакет NAG, как, по-видимому, наиболее мощный среди перечисленных для научных расчетов [28].

Графические пакеты получили в настоящее время большое распространение. Их использование часто тесно связано с аппаратурой графических мониторов. Однако ведется большая работа по утверждению международных стандартов [29]. Универсальный графический пакет, разработанный в отделе обработки сигналов ИОФАН, позволяет легко адаптироваться к различному оборудованию, оптимален по использованию вычислительных ресурсов и удобен в работе [30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кратко сформулируем основные решения, принятые в проекте системы автоматизации проектирования, создания, исследования и применения элементов плоской оптики САПР-ЭПО-1:

- все работы, проводимые в рамках САПР-ЭПО-1 организуются в рамках автоматизированных рабочих мест. В зависимости от решаемых за-

дач выделяются три типа АРМ: проектирования ЭПО (на базе супермини-ЭВМ), исследования ЭПО или применения ЭПО в исследовательских целях (на базе ПИВК), технологического процесса создания ЭПО;

— все типы рабочих мест объединяются в локальную сеть с топологией "звезды", имеющую центральную дисковую ЭВМ с развитыми вычислительными ресурсами;

— для связи ЦЭВМ с локальными станциями используется четыре вида линий: телефонные сети, 4-проводные физические, коаксиальные, волоконно-оптические;

— в качестве сетевого программного обеспечения для ЦЭВМ выбрана многопользовательская

операционная система с разделением времени TSX-PLUS. Сетевые услуги предоставляются специальными сетевыми программами, которые вызываются пользователем по мере необходимости. Для обмена данными между разнородными ЭВМ используется пакет KERMIT.

Рассмотренный проект системы автоматизации проектирования, создания, исследования и использования элементов плоской оптики будет реализован в течение ряда лет, однако стратегия его реализации в виде независимых рабочих мест с постепенным объединением их через ЦЭВМ даст быстрые практические результаты. В то же время единая точка зрения на всю систему служит залогом непротиворечивости составляющих ее частей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютеры в оптических исследованиях / Ред. В. Фридена. — М.: Мир, 1983.
2. Сисакян И.Н., Сойфер В.А. 11-я Всесоюзная конференция по когерентной и нелинейной оптике: Тез. докл., 1982.
3. Ярославский Л.П., Мерзляков Н.С. Цифровая голограмма, 1982.
4. Арефьев Е.Ю., Тихонов Д.Н., Уваров Г.В. Автоматизированная система оптических исследований. — В сб.: Компьютерная оптика, вып. 2. Автоматизация проектирования и технологии. — М.: МЦНТИ, 1987.
5. Зелкин Г.Е., Соколов В.Г. Методы синтеза антенн. — М.: Советское радио, 1980.
6. Сивухин Д.В. Оптика. — М.: Наука, 1980.
7. Бerezный А.Е., Прохоров А.М. и др. Бессель-оптика: Доклады АН СССР, т. 274:4, 1984.
8. Попов А.А., Хохлов М.М., Глухман В.Л. Диалоговые вычислительные комплексы "Электроника НЦ 80-20". — Микропроцессорные средства и системы, 1984, № 4.
9. Профессиональная ЭВМ "Электроника-микро": Рекламный проспект, 1985.
10. Булатов Е.Д., Отливанчик Е.А. и др. Персональные компьютеры в автоматизации научных исследований. — В сб.: Компьютерная оптика, вып. 2. Автоматизация проектирования и технологии. — М.: МЦНТИ, 1987.
11. Номенклатурный справочник к заявке 5-13 на 1987 г., АН СССР, ЦАС, М., 1986.
12. Бойченко Е.В., Кальфа В., Овчинников В.В. Локальные вычислительные сети. — М.: Радио и связь, 1985.
13. Отливанчик Е.А. Система автоматизации спектрометрических измерений: Материалы канд. дисс., М., 1986.
14. Communication Handbook, DIGITAL, 1981.
15. Брусиловский Л.И., Сагателян Д.М. О выборе архитектуры и программного обеспечения для систем автоматизации научных исследований: Тезисы докл. на 10-й Всесоюзной школе-семинаре по вычислительным сетям. Москва-Тбилиси, 1985.
16. Белицкий Е.А., Остапенко Е.Д. Типовые средства реализации распределенных комплексов автоматизации физических экспериментов. — В сб.: Компьютерная оптика, вып. 2. Автоматизация проектирования и технологии. — М.: МЦНТИ, 1987.
17. Брусиловский Л.И., Отливанчик Е.А. и др. Применение пакета файлового обмена KERMIT для взаимодействия традиционных систем автоматизации на базе разнородной вычислительной техники. — В сб.: Компьютерная оптика, вып. 2. Автоматизация проектирования и технологии. — М.: МЦНТИ, 1987.

18. TSX-PLUS Version 6. The DEC Professional, Vol 4, Number 11, 1985.
19. Янг С. Алгоритмические языки реального времени. Конструирование и разработка. — М.: Мир, 1985.
20. Modula/R Report – Lilith version, Research Project Lilas, Eth, Zurich, February 1983.
21. MicroPower/Pascal-RT. System Users Guide, DEC, Maynard, Massachusetts, July, 1983.
22. Вельбиккий И.В., Ковалев А.Л. Графический стиль программирования для персональной ЭВМ. — Микропроцессорные средства и системы, 1985, № 4.
23. Wirth N. Programming in Modula-2. Springer, 1982.
24. Петров П.М. Система аналитических вычислений Reduce-2 для ЭВМ серии СМ и "Электроника". — В сб.: Компьютерная оптика, вып. 2. Автоматизация проектирования и технологии. — М.: МЦНТИ, 1987.
25. Хьюз Дж., Мичтом Дж. Структурный подход к программированию. — М.: Мир, 1980.
26. System/360. Scientific Subroutine Package. Version 3. Programmer's Manual, IBM, 1976.
27. Lindelof T. Cern Program Library. Rev 25-03-83. Cern Computer Centre.
28. Fortran Library Manual. Numerical Algorithms Group (NAG), 1982.
29. Фоли Дж., Вен Дэм А. Основы интерактивной машинной графики. — М.: Мир, 1985.
30. Сагателян Д.М. Пакет программ для отображения графической информации: Тез. докл. на 19-й Всесоюзной школе по автоматизации научных исследований: Новосибирск, 1985.