

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
МОДЕЛЕЙ – АСИМ. ИТОГИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

В.К.Исаев, В.П.Ситников, В.А.Сухнев

На этапе проектирования летательного аппарата проводится большой объем расчетных и экспериментальных работ по выбору оптимальной аэродинамической компоновки изделия. При этом особое место занимают испытания моделей в аэродинамических трубах. Для проведения аэродинамических исследований по одному изделию авиационной техники в настоящее время изготавливается несколько десятков моделей различного назначения, а полный объем аэродинамических испытаний для одного современного сложного объекта может превышать 10 тысяч часов.

Основные агрегаты аэродинамических моделей изготавливаются из особо прочных легированных сталей. При этом предъявляются высокие требования к точности изготовления и качеству обработки поверхности (погрешность отклонения координат не должна превышать нескольких сотых долей миллиметра, а величина шероховатости – нескольких микрон).

При традиционном способе изготовления моделей, основанном на использовании только универсального станочного оборудования цикл создания модели в зависимости от ее сложности колеблется от нескольких месяцев до 1,5–2 лет. Технологическая подготовка производства и процесс изготовления моделей составляют значительную долю полного цикла подготовки и проведения аэродинамического эксперимента. Коренное решение проблемы сокращения цикла аэродинамических исследований можно получить только за счет комплексного применения ЭВМ и оборудования с ЧПУ на всех этапах проектирования и изготовления аэродинамических моделей.

В результате исследований, проведенных в течение 1970-1980 гг., разработаны принципы, технология, математическое и программное обеспечение Автоматизированной Системы Изготовления Моделей (АСИМ). Этапами создания АСИМ были:

- решение ряда фундаментальных проблем в области описания теоретических обводов моделей летательных аппаратов;

- разработка технологических процессов изготовления плоских и объемных элементов аэродинамических моделей с использованием станков с ЧПУ;

- разработка алгоритмов и программного обеспечения автоматизации всех процессов обработки информации (ввод и коррекция исходных данных, создание геометрических и технологических информационных моделей, подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ);

- создание технической базы системы-участка станков с ЧПУ;

- проведение ряда оргтехмероприятий, в том числе разработки комплекса нормативно-справочных материалов (стандартов, нормалей, инструкций для пользователей).

В АСИМ входят три подсистемы:

**ГЕОМЕТРИЯ** - подсистема формирования математических моделей поверхностей основных агрегатов летательных аппаратов и выполнения геометрических расчетов;

**ТЕХНОЛОГИЯ** - подсистема расчета траектории режущего инструмента при воспроизведении поверхностей моделей летательных аппаратов на станках с ЧПУ;

**ПОСТПРОЦЕССОР** - подсистема формирования, кодирования и вывода на перфоленту управляющих программ для станков с ЧПУ.

Модули АСИМ по функциональному признаку разделены на пять групп: АСИМ-1 содержит модули описания и изготовления шаблонов крыла; АСИМ-2 - модули для линейчатого крыла, оперений и стабилизаторов; АСИМ-3 - модули для деформированного крыла общего вида; АСИМ-4 - модули для шаблонов мотогондол и фюзеляжа с воздухозаборниками, надстройками и прочими элементами; АСИМ-5 - модули для фюзеляжа, мотогондол, обтекателей и прочих сложных агрегатов.

Модули программного обеспечения подсистемы ГЕОМЕТРИЯ являются объектно (проблемно)-ориентированными; подсистема ПОСТПРОЦЕССОР не зависит от вида и особенностей обрабатываемого агрегата модели; подсистема ТЕХНОЛОГИЯ относится к смешанному типу.

Подсистема ГЕОМЕТРИЯ предназначена для формирования математических моделей внешних обводов летательных аппаратов, которые сохраняются в банке данных системы для дальнейшего использования. Нижний уровень программного обеспечения подсистемы (базовые модули) является объектно-инвариантными и содержит средства для аналитического представления кривых и поверхностей, заданных таблицами координат их точек.

Алгоритмы базовых модулей используют аппарат кубических и бикубических параметрических сплайнов. В принципе, базовые модули сами по себе достаточны для описания агрегатов моделей самолетов, однако для удобства пользователей, учитывая специфику традиционного представления основных агрегатов моделей самолетов, их дополняют модулями верхнего уровня. В задачу последних входит:

- формирование геометрических информационных моделей для всех основных типовых агрегатов модели самолета (шаблона крыла, шаблона фюзеляжа, поверхности линейчатого и деформированного крыльев, поверхности фюзеляжа);
- преобразование информации, заданной нестандартным для АСИМ способом, к стандартному;
- перевод геометрической информации, заданной в локальной системе координат агрегата, в систему координат модели;
- сглаживание (редактирование, коррекция) исходной информации для контура и поверхности;
- расчеты геометрических и дифференциальных характеристик (задачи интерполяции, построение нормалей, сечение плоскостью и т.п.).

Дальнейший опыт практической эксплуатации геометрических модулей позволит уточнить окончательную структуру всех подсистем. В частности, в настоящее время в стадии экспериментального опробования находится подсистема описания шаблонов любого типа (крыльевых и фюзеляжных).

Подсистема ТЕХНОЛОГИЯ осуществляет расчет траекторий инструмента для воспроизведения контуров и поверхностей агрегатов модели в соответствии с типом обрабатываемого элемента (шаблон, крыло, фюзеляж и т.д.), с избранным способом обработки (количество управляемых координат), с геометрией инструмента, с ограничениями на перемещение инструмента, с требованиями систем управления оборудования с ЧПУ. В подсистеме определен набор элементарных операций, из которых komponуются различные траекто-

рии. Это обработка контура (строки на поверхности агрегата), подвод фрезы к зоне обработки, возврат фрезы в исходную точку, выполнение прочих холостых перемещений. При таком подходе сокращается объем входной информации при задании траектории по сравнению с используемыми для этой цели системами АПТ, САПС-М22, САП-2, САП-3 и др. Его недостатком является отсутствие возможности задавать с помощью входного языка новые способы обработки изделий или изготовление принципиально новых элементов конструкции модели. Однако модульная организация подсистемы позволяет расширять класс изготавливаемых с ее помощью элементов аэродинамической модели путем добавления новых модулей. В настоящее время подсистема ТЕХНОЛОГИЯ обеспечивает расчет траекторий инструмента при 2-координатном шлифовании плоских шаблонов крыла; 2,5-координатном фрезеровании шаблонов крыла и фюзеляжа; 3-координатном фрезеровании крыла, фюзеляжа и др. элементов; 5-координатном фрезеровании крыла и фюзеляжа.

Подсистема ПОСТПРОЦЕССОР. Важной характеристикой любой САП служит уровень простоты ее адаптации к новым типам оборудования с ЧПУ. Каждая из систем числового управления станками требует представления управляющей информации в определенном виде. Преобразование цифровой информации о траектории инструмента в управляющие коды конкретного устройства с ЧПУ, осуществляется постпроцессором системы.

Входные языки систем управления существенно отличаются друг от друга по способу записи. Поэтому САП должна иметь несколько постпроцессоров, и количество последних не может быть заранее ограничено.

В АСИМ постпроцессор не требует использования какого-либо промежуточного языка представления информации.

Процесс формирования управляющих программ для различных систем управления можно представить в виде последовательности следующих типовых операций:

- размещение геометрической и директивной информации в пределах кадра в соответствии с требованиями синтаксиса входного языка;
- формирование слов с геометрической и директивной информацией в соответствии с семантикой языка;
- кодирование буквенной и цифровой информации;
- вывод управляющей программы на перфоленту.

Три последние являются постоянными для любой системы управления и реализуются набором базовых модулей. В таком случае разработка нового постпроцессора заключается в создании модулей верхнего уровня.

Для контроля проводимых расчетов в АСИМ включена подсистема визуализации графической информации. С ее помощью можно изобразить эпюру совмещенных сечений агрегатов и модели летательного аппарата в целом, получить центральную проекцию модели для заданного ракурса, подготовить управляющую перфоленту для автономных чертежных автоматов.

Большое внимание при разработке АСИМ уделялось сервису технолога-программиста:

- сведению к минимуму количества вводимой информации;
- возможности одновременного получения УП для нескольких операций (фрезерования контура, фаски шаблона и шлифования, обработки нескольких зон крыла);
- выводу на АЦПУ и ПЛ информационных сведений в максимально удобном виде;
- выводу на АЦПУ сообщений об ошибках.

Для этих целей создана вспомогательная подсистема сервисных процедур.

В настоящее время в результате разработки и внедрения автоматизированы следующие технологические процессы (АСИМ-1 и АСИМ-3):

1. Бездодовочное изготовление крыльевых аэродинамических шаблонов с использованием фрезерных станков с ЧПУ 6Н12Г-ФЗ-2, ЛФ-66ФЗ, 6Р11-ФЗ и 6Б443-ФЗ с отечественными системами управления, а также профилешлифовальных станков *SWPO-80* и *NCxy* с системой управления *PARAMAT-2D*.

2. Обработка аэродинамических поверхностей линейчатых и деформированных крыльев, а также вертикального и горизонтального оперения на фрезерных станках с ЧПУ 6Н13Г-ФЗ-2, ЛФ-66ФЗ, 6Р11-ФЗ, 6Б443-ФЗ и ФП-14.

В стадии опытной эксплуатации находится система автоматизированного изготовления фюзеляжных шаблонов, а в стадии экспериментальной эксплуатации - система автоматизированной обработки фюзеляжей, воздухозаборников и других агрегатов моделей со сложными поверхностями на 3 - и 5 - координатных фрезерных станках.

Внедрение АСИМ для изготовления крыльевых шаблонов аэродинамических моделей позволило полностью автоматизировать процесс их обработки, сократить продолжительность технологического цикла в 4

раза, повысить степень механизации их изготовления с 3,5% до 95%, ликвидировать 9 ручных и полумеханизированных операций, которые ранее выполнялись рабочими высокой квалификации.

Внедрение АСИМ для изготовления крыльев и оперения моделей позволило сократить продолжительность технологического цикла от 20% до 70% в зависимости от сложности и размеров обрабатываемой поверхности, ликвидировать три ручных и полумеханизированных операций, а том числе изготовление деревянного копира поверхности. Дальнейшее развитие АСИМ и применение 5-координатных станков с ЧПУ позволит сократить цикл изготовления объемных элементов модели в 3-4 раза.

Поступила в ред.-изд.отд.  
4 мая 1981 года