

УДК 533.6.072  
629.735.33. «Ан-148».001.57

Н.П. Центило, В.И. Косяченко,  
Р.П. Конопацкий, В.А. Кудрявцев

## **Проектирование и производство аэродинамических моделей самолетов с применением стратегии полного электронного определения изделия**

*Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова*

Отражены исследование и анализ эффективности применения компьютерных информационных технологий (КИТ) и стратегии полного электронного определения изделия (ПЭОИ) при проектировании и изготовлении аэродинамических моделей на основании опыта внедрения CADD5/Optegra на АНТК им. О.К. Антонова.

**Ключевые слова:** КИТ, аэродинамическая модель, математическая модель, ИМД, теоретическая поверхность, ПЭОИ, станок с числовым программным управлением (ЧПУ).

### **Введение**

С первых шагов создания нового самолета возникает необходимость в подтверждении расчетных характеристик будущего изделия, основанных на предыдущем опыте и научном анализе, экспериментальными данными продувок аэродинамических моделей (рис.1), жизненный цикл которых соизмерим с жизненным циклом основного изделия.



Рис. 1 Механизированная модель самолета Ан-148 в рабочей части АТ-1

Характерными особенностями аэродинамических моделей являются высокие требования к точности и качеству изготовления элементов с

теоретическими поверхностями, сложная форма поверхности, присущая современным самолетам, большой объем механической обработки на станках с ЧПУ с последующей ручной слесарной обработкой и значительный объем контрольно-измерительных работ.

### Особенности применения КИТ при создании аэродинамических моделей

Реализация в компьютерных информационных технологиях (КИТ) основных составляющих технологического процесса создания аэродинамических моделей (проектирование, конструирование, программирование обработки на станках с ЧПУ) привела к существенному сокращению трудоемкости и повышению качества изделий. Если ранее исходной документацией были теоретические чертежи и таблицы контрольных сечений, а на станках с ЧПУ обрабатывали только несущие поверхности (крыло, ГО, ВО), трехмерные модели которых создавали программисты-технологи, то теперь математическая модель детали содержит всю необходимую информацию и конструктор создает и передает на производство в отдел программного управления (ОПУ) твердотельные модели всех деталей, выходящих на теоретический контур.

С применением стратегии полного электронного определения изделия произошла полная реорганизация всего процесса создания аэродинамических моделей (рис. 2). Благодаря параллельному осуществлению проектирования и подготовки производства удалось существенно сократить время всего цикла создания аэродинамических моделей. В настоящее время 100% технической документации выпускается в электронном виде, что обеспечивает возможность перехода к электронной системе передачи информации.

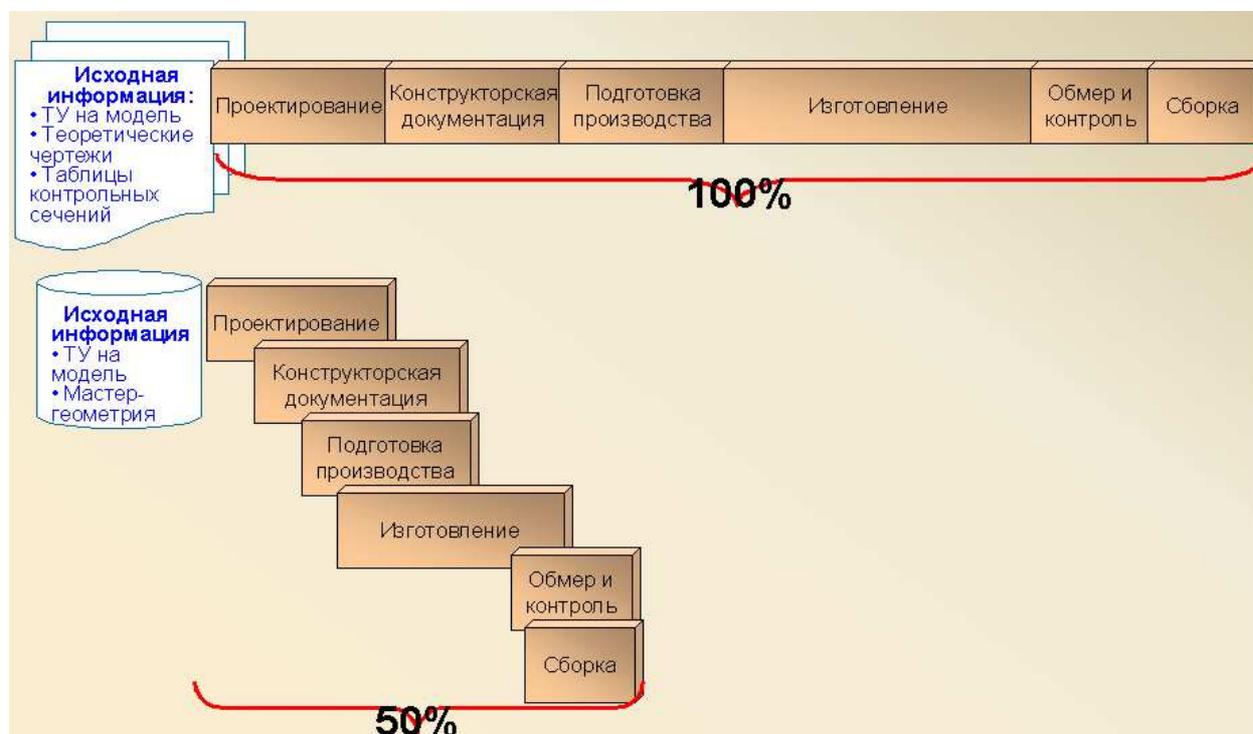


Рис. 2. Изменение процесса создания аэродинамической модели при переходе от традиционных методов проектирования к проектированию с применением компьютерных информационных технологий

Применение компьютерных информационных технологий позволяет получить принципиально новые возможности при проектировании и производстве аэродинамических моделей.

Создание трехмерных моделей деталей дает возможность конструктору при выборе конструктивных решений более полно проработать вопросы членения изделия на сборочные единицы, выбора оптимальных схем сборки, методов базирования и базовых поверхностей, способов соединения и т.п. с учетом требований технологии, производства и экономии затрат. Все эти вопросы могут быть своевременно учтены и согласованы с конструктивными требованиями и решениями на ранних этапах проектирования и не только сократят количество доработок, но и определяют в дальнейшем рабочий технологический процесс изготовления изделия.

Моделирование сборок позволяет оценить правильность положения и взаимодействия деталей в изделии, а также вести параллельное проектирование отдельных узлов и агрегатов несколькими конструкторами одновременно, отслеживая все изменения конструкции на разных этапах разработки.

Для проведения прочностных расчетов очень удобной является возможность определения геометрических, массовых и инерционных характеристик детали по ее математической модели.

Немаловажным фактором является наличие параметрической истории модели, которое зачастую определяет оперативность проведения доработок деталей по тем или иным причинам, в том числе и при изменении теоретических обводов.

Но для конструктора, работающего в КИТ, появился целый ряд дополнительных функций: плазовика, технолога, производственника.

Следует отметить, что в современном автоматизированном производстве необходимо использовать математическую модель детали всеми технологическими службами на всех этапах подготовки производства, изготовления и доводки опытного образца изделия.

За последние пять лет сделан значительный шаг в технологической подготовке производства. Отделом ОПУ накоплен значительный опыт в разработке программ по обработке деталей аэродинамических моделей, что позволило более 90% деталей, имеющих теоретические обводы, изготавливать на станках с ЧПУ.

В целом система CADDS5/Optegra, применяемая на АНТК им. О.К. Антонова, с её технологическим модулем дает возможность подготовку управляющих программ (УП), кроме постпроцессирования, в кодах имеющихся станков с ЧПУ по сложной трехмерной модели детали.

Освоенная система CADDS5/Optegra с её корпоративной сетью позволяет сократить цикл подготовки УП, а вместе с тем и трудоёмкость, в два – пять раз, по сравнению с другими ранее используемыми на предприятии системами автоматизированного проектирования. Наличие пятикоординатных станков с ЧПУ дает возможность расширить номенклатуру обрабатываемых деталей аэродинамических моделей, например: детали дренированные, колёса и лопатки ИМД. Система CADDS5 имеет модуль подготовки УП для пятикоординатной обработки, который можно эффективно использовать. В течение 2000-2004 гг. бригадой из восьми конструкторов в системе трехмерного проектирования CADDS5/Optegra были спроектированы, программистами ОПУ подготовлены УП для станков с ЧПУ и модельным цехом изготовлены 15 аэродинамических моделей

самолетов Ан-148, Ан-3 и тематические модели перспективного регионального самолета. Переход от кульмана к автоматизированному проектированию осуществлялся в процессе создания аэродинамической модели самолета Ан-148, изготавливаемой на этапе предварительного проектирования (рис. 3).

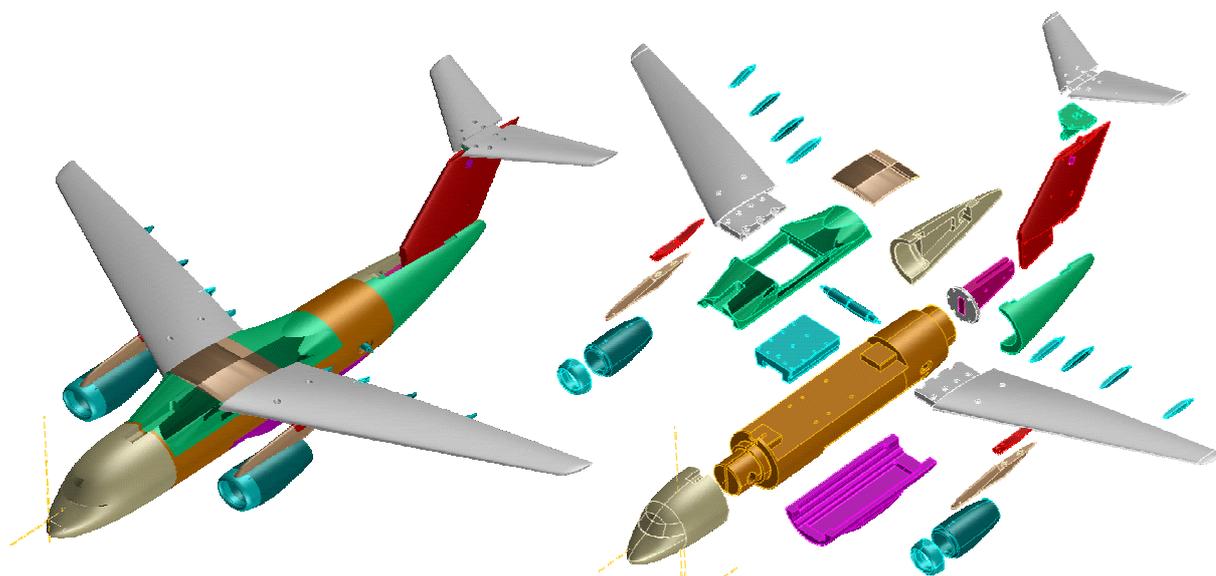


Рис. 3. Аэродинамическая модель самолета Ан-148 в крейсерской конфигурации

Многовариантная модель обеспечила возможность оперативно менять компоновку. Принятое направление – изготовление максимального количества деталей, имеющих теоретический контур, на станках с ЧПУ позволило изготовить с минимальными трудозатратами при высоком качестве аэродинамическую модель в следующих компоновках:

- 5 вариантов крыла;
- 15 вариантов зализа крыла с фюзеляжем;
- 5 вариантов обтекателя шасси;
- 4 варианта компоновки мотогондол и пилонов;
- 5 вариантов носовой части фюзеляжа;
- 3 варианта горизонтального оперения;
- 4 варианта хвостовой части фюзеляжа.

Проектирование в CADDS5 трехмерных моделей деталей позволило технологам-программистам оперативно разработать программы обработки деталей на станках с ЧПУ. Теоретические поверхности фюзеляжа, зализа крыла, обтекателя шасси и обтекателей монорельсов после чистовой обработки на станках с ЧПУ имели гребешки высотой не более 0,1 ... 0,15 мм, что дало возможность при слесарной обработке, выглаживая поверхность, обеспечить требуемую точность без применения шаблонов.

Возможность объемной увязки элементов при проектировании в CADDS5 позволила в условиях ЦАГИ (Россия) обеспечить доработку модели с высоким качеством и требуемой точностью в различных конфигурациях при минимальных затратах времени.

В дальнейшем были спроектированы в CADDS5 и изготовлены три отсека крыла самолета Ан-148 для испытаний в аэродинамических трубах АТ-1 (АНТК им. О.К. Антонова), Т-106М (ЦАГИ, Россия), Т-6 (НАКУ «ХАИ»).

На моделях отсеков крыла впервые были реализованы все основные этапы разработки аэродинамических моделей в условиях КИТ (рис. 4):

- формирование математической модели поверхности;
- проектирование;
- выпуск конструкторской документации;
- программирование обработки на станках с ЧПУ;
- контроль точности изготовления на контрольно-измерительной машине (КИМ) по 3-D модели контролируемого агрегата.

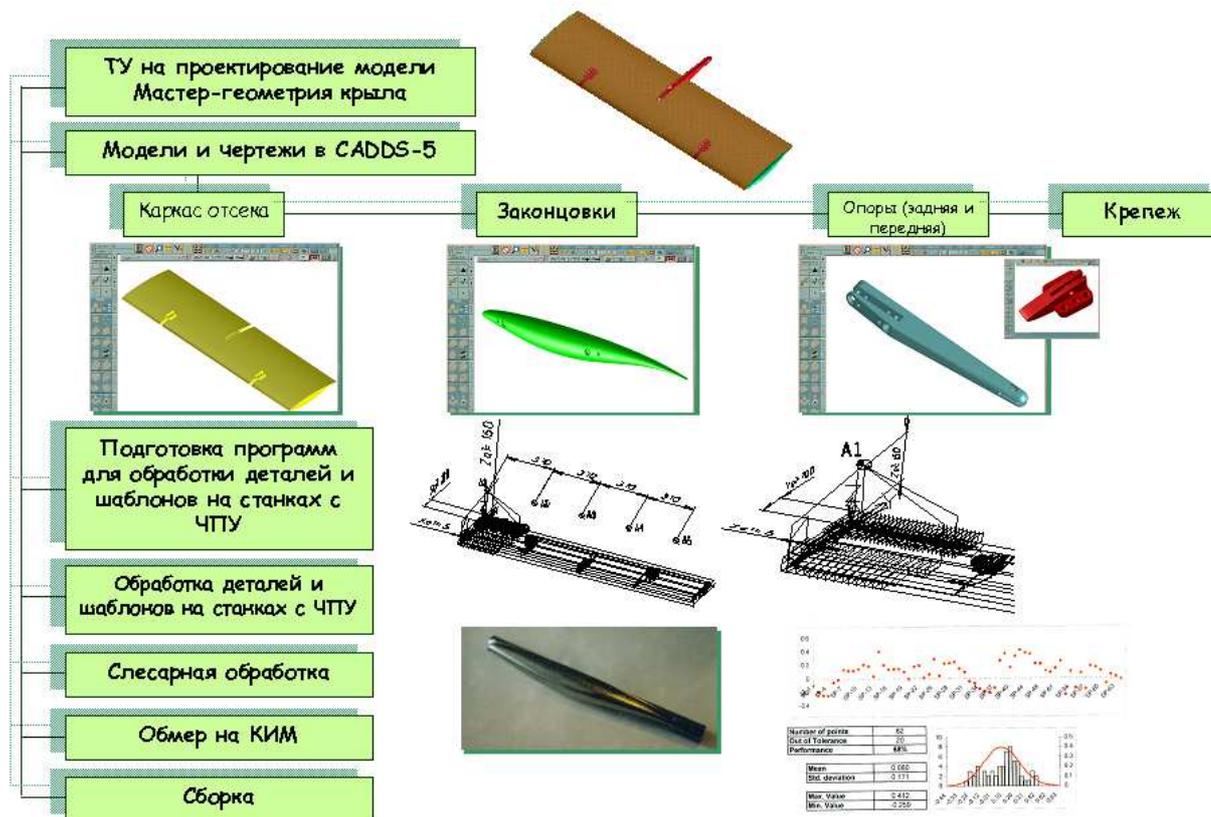


Рис. 4. Схема проектирования и изготовления модели отсека крыла

Применение новых технологий и приобретенный опыт проектирования и производства аэродинамических моделей с использованием CADD55 позволило в сжатые сроки спроектировать и изготовить две сложные модели перспективного регионального самолета:

- модель в крейсерской конфигурации для испытаний в Т-106 и Т-128 (ЦАГИ);
- механизированную модель с имитаторами двигателей и дренированным крылом, пилонами и мотогондолами двигателей в АТ-1 АНТК им. О.К. Антонова.

Изготовление деталей механизации крыла, пилонов и мотогондол двигателей на станках с ЧПУ с применением методов скоростного фрезерования и инструментом со сменными твердосплавными пластинами, дало возможность изготовить детали, практически не требующие слесарной обработки, и значительно снизить общую трудоемкость изготовления модели.

При проектировании крупномасштабной (1:5) модели механизированного изолированного хвостового оперения самолета Ан-148 (рис.5) использование

CADD55 позволило также оптимизировать весовые показатели модели, регламентируемые весоизмерительным устройством аэродинамической трубы АТ-1.

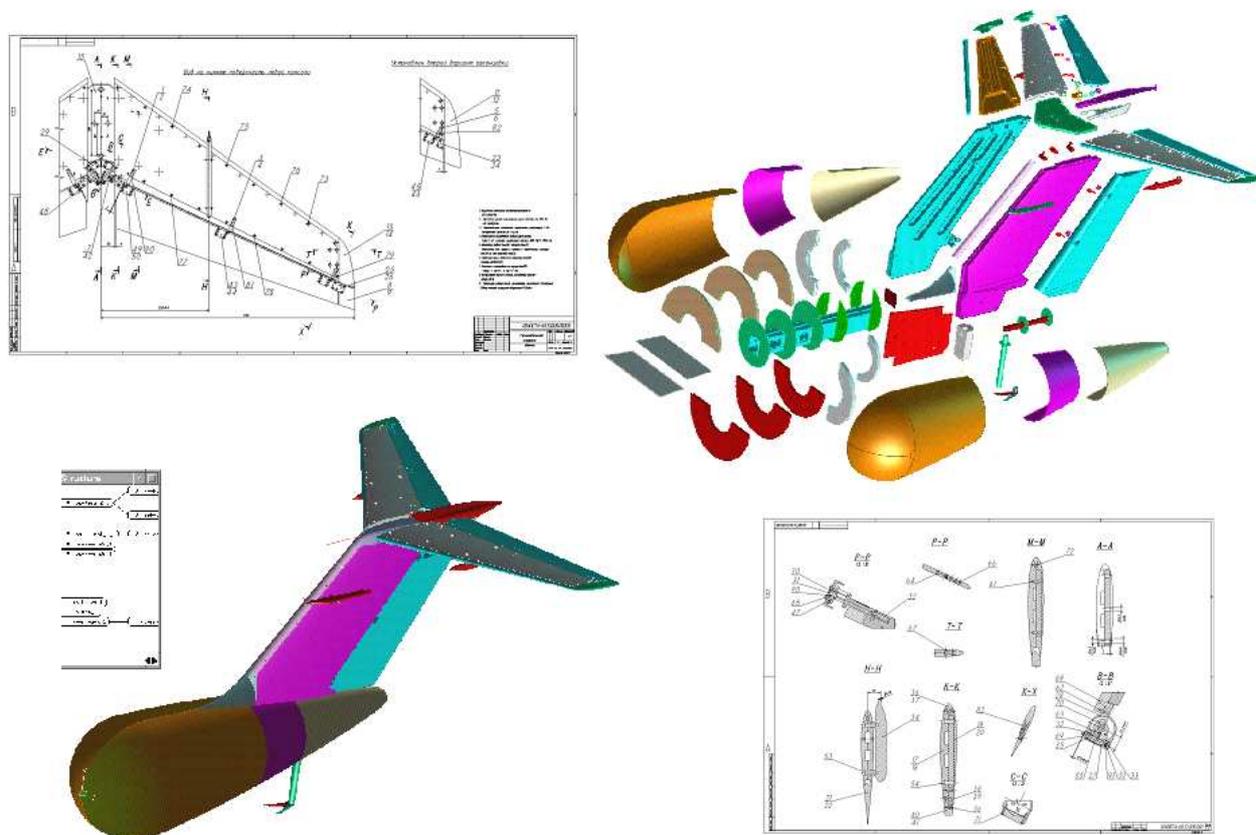


Рис. 5. Модель изолированного хвостового оперения самолета Ан-148

При проектировании механизированной модели самолета Ан-148, содержащей 340 оригинальных математических моделей деталей, не считая элементов крепежа, был использован накопленный опыт работы в системе CADD55. Проявились все преимущества объемной увязки при условии обеспечения сложного пространственного положения большого количества деталей, содержащих поверхности двойной кривизны.

При проектировании механизации крыла были оперативно проработаны варианты механизации задней кромки от начала их эскизного проектирования до получения окончательно принятой мастер-геометрии на самолет. На модели воспроизведены все элементы механизации крыла, рулевые поверхности крыла и оперения, стойки шасси, а также имитаторы двигателей с двумя вариантами реверсивных устройств.

Имитатор двигателя представляет собой модель силовой установки с турбовентиляторным агрегатом, работающим на сжатом воздухе высокого давления до 40 атм. В качестве привода вентилятора используют высокооборотную (до 60000 об/мин) воздушную турбину мощностью до 180 кВт. Все этапы эскизного и рабочего проектирования ИМД и его систем, 100% конструкторской документации и расчетов выполнены в КИТ.

Разработка комплекса программ по расчету газодинамических

характеристик вентилятора и турбины, определения прочности элементов ИМД с помощью системы MathCAD и проектирование в CADD5 позволили значительно ускорить процес создания и получения оптимальных характеристик ИМД, что в свою очередь, обеспечило надежность и безопасность его работы.

Для проведения работы имитаторов внутри модели располагают систему подвода и регулирования расхода сжатого воздуха. Моделирование сборки в CADD5 позволяет оптимально расположить агрегаты воздушной системы модели, тем самым обеспечив минимальное влияние на показания аэродинамических весов, значительно упрощает прокладку трубопроводов высокого давления (до 100 атм) и дает возможность точно определить их геометрию, что сокращает трудоемкость изготовления системы.

Применение контрольно-измерительной машины и CADD5 позволило решить задачу воспроизведения поверхностей модели при доводке местной аэродинамики в процессе эксперимента.

Так, например, был выполнен обмер слепка модифицированной поверхности зализа крыла КИМ с применением программного обеспечения DELCAM, затем по результатам обмера создана математическая модель поверхности в CADD5.

### **Выводы**

Применение полного электронного определения изделия при проектировании, подготовке производства и изготовлении аэродинамических моделей позволило решить задачу комплексной автоматизации процесса создания аэродинамической модели самолета, включая:

- формирование мастер-геометрии поверхности и аэродинамической компоновки;
- информационное обеспечение расчетных исследований и модификации поверхности модели в соответствии с результатами расчетов и эксперимента;
- разработку конструкции модели;
- подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ;
- измерение изготовленной аэродинамической модели и контроль точности производства.

В результате повысилось качество проектной документации и достигнуто сокращение времени создания моделей в среднем в два раза.

Для повышения эффективности автоматизации процесса создания аэродинамических моделей самолета необходимо внедрение системы управления проектом и дальнейшее техническое и технологическое перевооружение производственных подразделений предприятия.

**Рецензент:** канд. техн. наук Е.Т. Василевский, АНТК, Киев

Поступила в редакцию 17.12.09

## **Проектування та виробництво аеродинамічних моделей літаків з використанням стратегії повного електронного визначення виробу**

Відображені дослідження і аналіз ефективності використання комп'ютерних технологій (КІТ), а також стратегії повного електронного визначення виробу (ПЕВВ) при проектуванні та виготовленні аеродинамічних моделей на основі досвіду використання CADD5/Optegra на АНТК ім. О.К. Антонова.

**Ключові слова:** КІТ, аеродинамічна модель, математична модель, ІМД, теоретична поверхня, ПЕВВ, верстат із числовим програмним керуванням (ЧПК).

## **Design and manufacture of wind-tunnel models of aircraft with use of Electronic Product Definition Strategy**

The article investigates and analyzes effectiveness of information technologies (IT) and Electronic Product Definition (EPD) when applied in wind-tunnel models design and production based on the implementation of CADD5/Optegra at Antonov ASTC .

**Keywords:** IT, wind tunnel model, mathematical model, mid-flight engine simulator, theoretical surface, EPD, computer numerical controlled (CNC) machine.