

УДК 514.85

Использование методов геометрического моделирования и средств компьютерной графики при проектировании авиационной техники

Пухов А.А., Маркин Л.В., Бирюков В.И., Нартова Л.Г.

Аннотация: В статье показано влияние геометрических параметров внешней поверхности проектируемой авиационной техники на ее потребительские качества. Все это требует разработки эффективной геометрической модели внешней поверхности. Использование параметрических моделей дает реальный базис для многокритериальной оптимизации поверхности и формы летательного аппарата. Показано, что технология полного электронного определения изделия предусматривает последовательное движение от внешних обводов к конструкции и системам изделия. Внешние обводы в этом случае являются ограничениями с различным уровнем приоритетов в случае необходимости доработки внешней поверхности изделия в ходе технологической проработки изделия.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, компьютерная графика, авиационная техника, внешние обводы, оптимизация поверхности и формы, параметрические модели, электронный макет.

Введение

Развитие вычислительной техники вызвало быстрый рост качества методов геометрического моделирования поверхностей, определяющих облик летательного аппарата. Еще сравнительно недавно самыми передовыми средствами моделирования обводов самолета было создание "лоскутных" математических моделей отдельных агрегатов самолета, которые иногда можно было собирать вместе и визуализировать с помощью специальных программ. Эти методы разрабатывались в самолетостроительных КБ и практически прекратили свое существование с "нашествием" зарубежных систем моделирования, которые дали сразу три основные возможности: параметризация, визуализация, анализ. Сегодня трудно вспомнить, как без этого проектировались обводы самолетов, как удавалось создать десятки, а иногда и сотни вариантов геометрии отдельных агрегатов, проверить их гладкость и вписываемость в требуемые формы, анализировать характеристики получае-

мой поверхности и оценивать результат на уровне всего самолета. Внедрение новых средств моделирования сегодня происходит настолько стремительно, что невозможно предугадать, чем эта гонка закончится, но уже сегодня можно реально "дотронуться" до виртуальной реальности, до электронных моделей объектов, на 90 - 95% соответствующих реальным образцам.

Современные информационные технологии проектирования

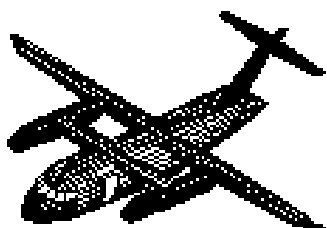
Использование современных информационных технологий влияет на ход всего процесса проектирования. Если раньше во главе угла создания электронных моделей была вспомогательная функция, выражающаяся как значительное подспорье в решении основной задачи, то сегодня технология полного электронного определения изделия (ПЭОИ) коренным образом меняет распределение функций при разработке самолета. Сейчас уже сама структура создаваемой модели определяет конструктивное и технологическое членение изделия, распределение рабочего пространства на зоны, сборки и под сборки. При построении логистических связей модели и наполнение ее элементов необходимыми атрибутами происходит тщательный анализ выходной документации, состав которой при этом также существенно преобразуется.

Основные преимущества этих изменений не только в том, что удается избавиться от рутинных операций или сократить излишнюю бюрократию, но и в существенном повышении качества работы. Сегодня эффективность самолета - это весь комплекс его потребительских качеств от летно-технических характеристик до гибкости в обслуживании и ремонте при эксплуатации. В силу специфики работы летательных аппаратов все потребительские качества базируются на их реальных размерах, формах и пропорциях, а, следовательно, начинаются с создания качественной геометрической модели внешней поверхности. Использование параметрических моделей дает реальный базис для многокритериальной оптимизации поверхности и формы летательного аппарата. Для самолета очень ценно, когда на одном техническом уровне параллельно удается оценить проектируемую поверхность с точки зрения аэродинамики, прочности, конструкции, веса и технологии изготовления с заданной точностью.

В качестве иллюстрации сказанного рассмотрим проектный цикл нового самолета на криогенном топливе, разработка которого была начата в 1996 году в ЦКБ им. А.Н.Туполева. Первоначально создаваемая модель объекта была слабо параметризована, и размеры, которыми можно было "безнаказанно" варьировать, относились в основном к профилировке крыла, дискриминантам образующих и опорным точкам каркасных сеток основных агрегатов внешней поверхности. При этом визуализация была затруднена, так

как не существовало единой проектной среды, в которой существовала модель. Каждая из составляющих оптимизацию дисциплин (аэродинамика, прочность, технология и др.) существовала в своем информационном пространстве, и требовались дополнительные усилия по сведению форматов данных, так чтобы адекватно представлять моделируемую поверхность. Если к этому положению вещей добавить необходимость многократного изменения одних и тех же зон при оптимизации, то возможность путаницы и повторяющихся ошибок при синхронной работе нескольких десятков людей становилась угрожающей и пугающей по масштабам. Выход был найден один - многократная перекрестная проверка данных на всех промежуточных этапах.

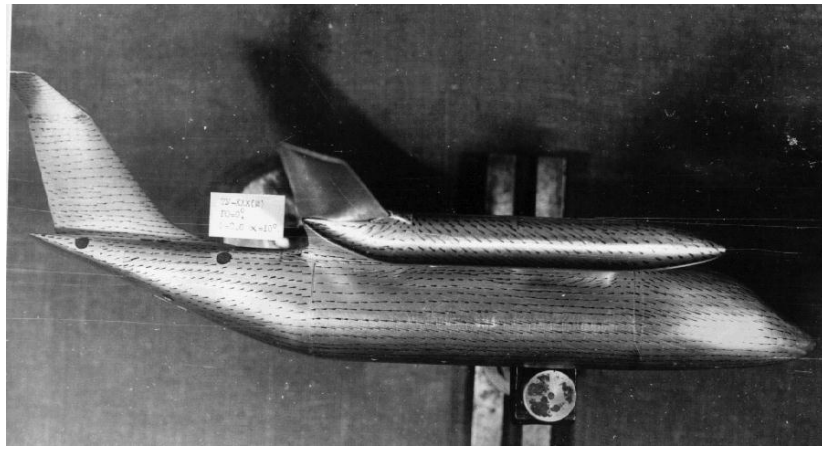
Тем не менее, по созданной геометрической модели, был выполнен ряд работ, который без ее существования имел бы в десятки раз большую трудоемкость и продолжительность (рисунок 1). К ним можно отнести в первую очередь проектирование и изготовление аэродинамических моделей. Особенностью существования геометрической поверхности на этом этапе разработки являлось то, что по результатам испытаний в аэродинамических трубах ОАО "Туполев", ЦАГИ и СибНИА модель поверхности непрерывно дорабатывалась и модифицировалась и к концу этой работы являла собой некий положительный интеграл, согласованный со всеми основными соисполнителями. Всего было создано и исследовано семь моделей и пройдено пять этапов экспериментов. Параллельно с этим создавался ряд тактических моделей для работы с Заказчиками и НИИ. Для этого также применялась мастер-геометрия изделия и было выполнено более тридцати тактических моделей в разных модификациях, окрасках и масштабах. Геометрическая модель напрямую была использована для создания расчетных сеток при оценке напряженно-деформированного состояния конструкции планера, которое рассчитывалось методом конечного элемента (МКЭ) в системе "Диана". Визуализация расчетной модели и результатов осуществлялась в системе "Диagen". Схема технологического и конструктивного членения, а также структура изделия в виде "дерева" входящих в него агрегатов, узлов и деталей была создана также на основе геометрической модели самолета (рисунок 2).



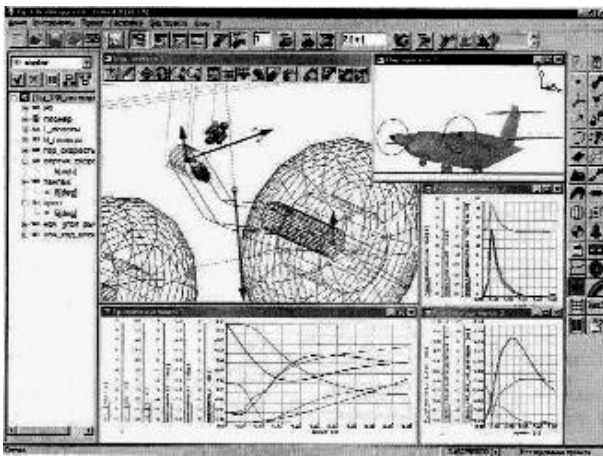
а)



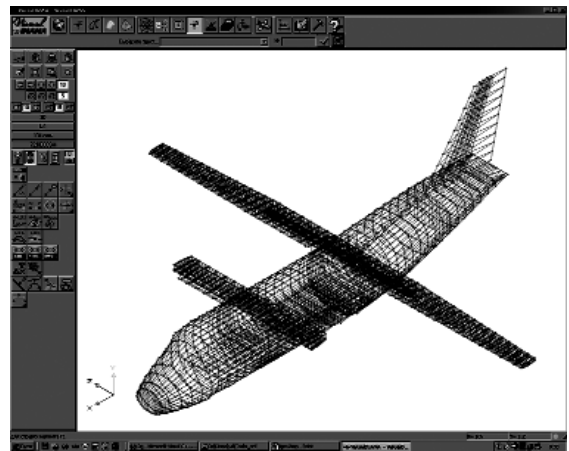
б)



В)



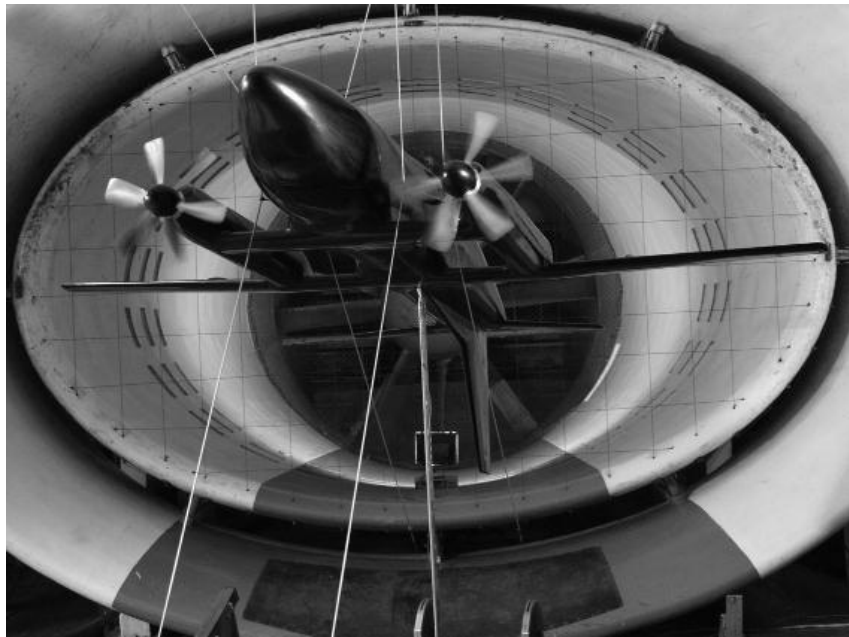
Г)



Д)



Е)



ж)

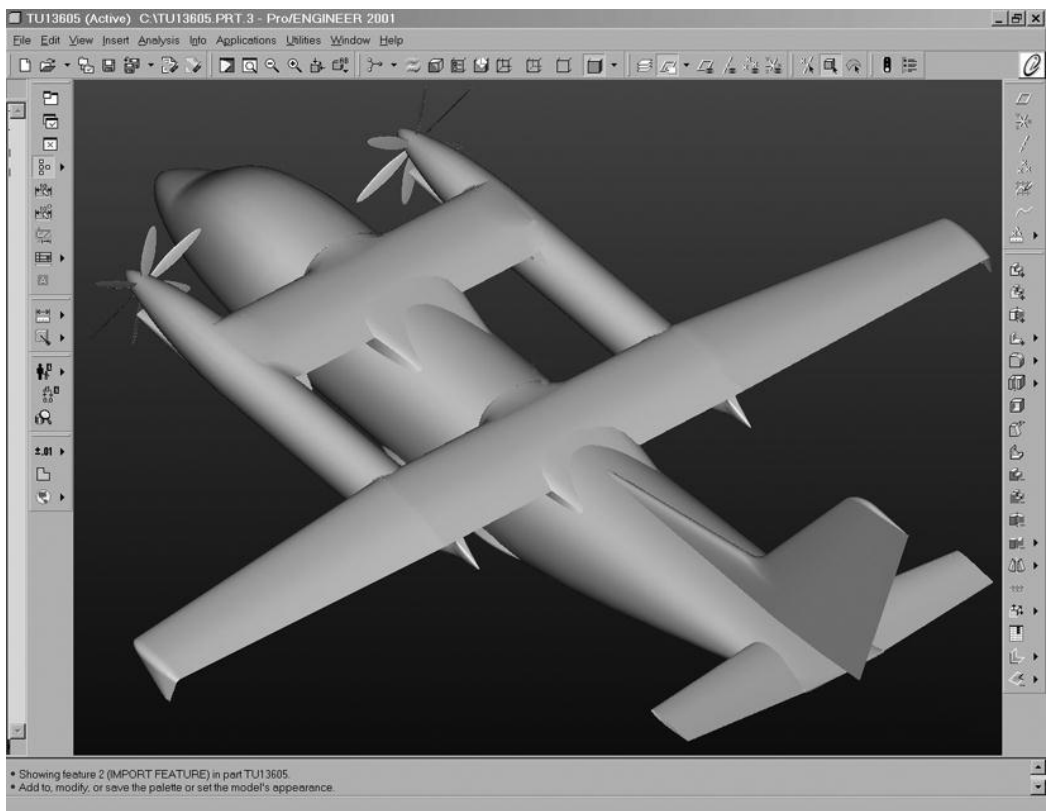


з)

Рисунок 1 - Разновидности геометрических и физических моделей, использованных при проектировании нового самолета: а - первоначальная "лоскутная" геометрическая модель самолета; б - визуализация модели в среде 3D Studio Max; в – физическая модель для испытаний в аэродинамической трубе ОАО "Туполев"; г- модель для динамического анализа в системе "Эйлер"; д - модель для расчетов по МКЭ "Диана"; е – физическая модель в трубе Т 102 ЦАГИ; ж – физическая модель в трубе Т 203 СибНИА; з – Оптимизированная по результатам испытаний в аэродинамических трубах физическая модель



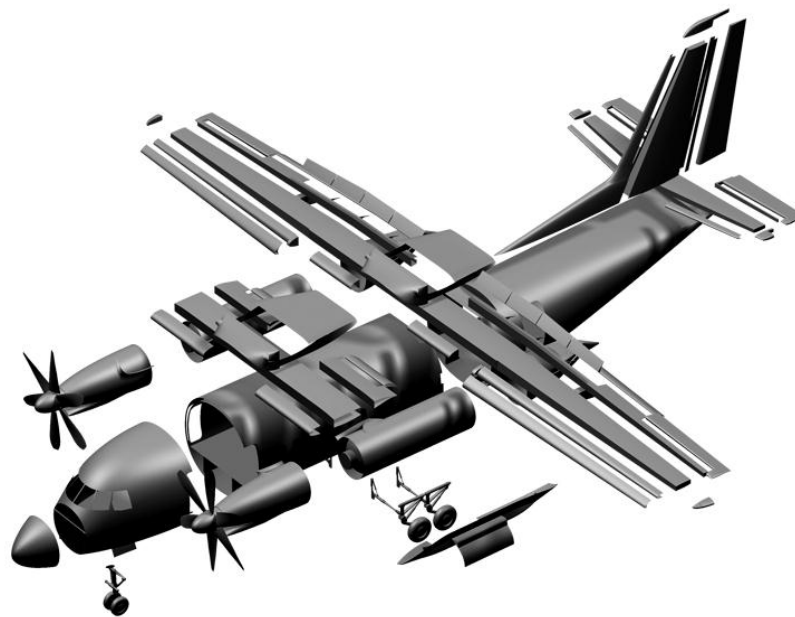
a)



b)



в)



г)

Рисунок 2 - Дальнейшая проработка и визуализация геометрической модели нового самолета: а – визуализированная тактическая модель; б – Мастер-геометрия в среде ProEngineer; в - кинематическая модель подвижных агрегатов самолета; г - модель технологического и конструктивного членения самолета

После успешной отработки первых этапов физического эксперимента в аэродинамических трубах было принято решение о постройке динамически подобной летающей модели самолета, и при этом в основе проектирования матриц, шаблонов и нивелировочной схемы была использована та же мастер-геометрия базового самолета (рисунок 3). При расчете динамики посадки самолета на критических режимах в системе динамического анализа сложных систем "Эйлер" модель мастер-геометрии была использована для визуализации перемещений агрегатов относительно друг друга. Для исследования характеристик эффективной поверхности рассеивания была создана и испытана специальная модель, учитывающая особенности компоновки с точки зрения заметности на радарх. Особенно эффективно мастер-геометрия самолета была использована при создании амфибийной модификации изделия. В производство модели для испытаний в гидроканале не было передано ни одного чертежа, так как вся информация, необходимая для проектирования и изготовления такой модели, была передана с мастер-геометрией самолета.



Рисунок 3 - Динамически подобная летающая модель самолета

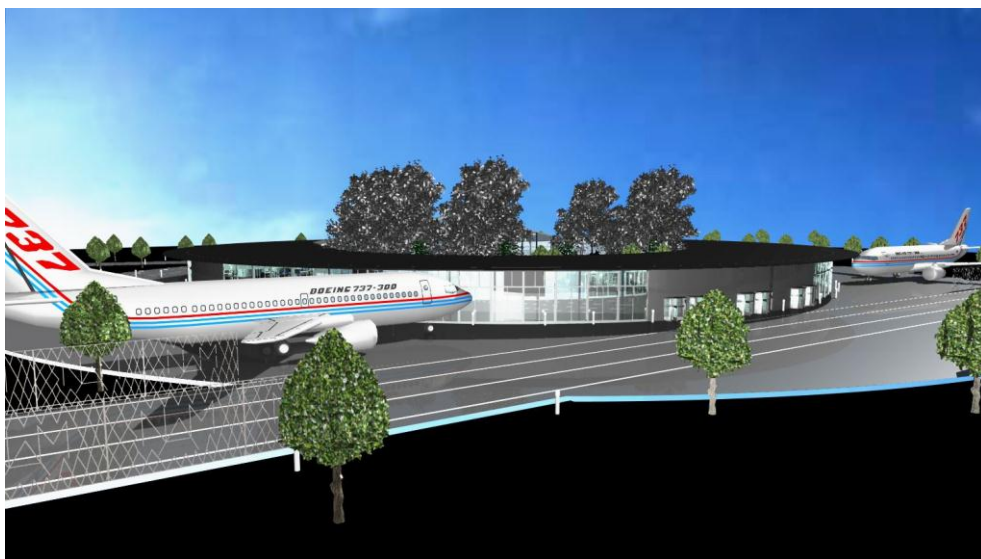
Технология полного электронного определения изделия предусматривает последовательное движение от внешних обводов к конструкции и системам изделия. В нашем проекте так же после тщательной отработки внешней поверхности было начато моделирование конструкции планера, систем и агрегатов. Внешние обводы при этом являются ограничениями с различным уровнем приоритетов. В ряде коллизий и компоновочных компромиссов незначительные изменения поверхности возможны, но, естественно, с поправками на все ранее проведенные работы и исследования (рисунок 4).



Рисунок 4 - Окончательный электронный макет изделия

Проектная логистика и прописанные параметрические связи модели мастер-геометрии позволяют четко расставлять приоритеты при необходимости доработки внешней поверхности изделия. После передачи полученной модели на производство, также возможны несущественные доработки мастер-геометрии в ходе технологической проработки и увязки с конкретными условиями изготовления и сборки агрегатов конструкции самолета.

Современные средства компьютерной графики позволяют осуществить геометрическое моделирование не только самолета, но и всей его инфраструктуры (рисунок 5).



а)



б)

Рисунок 5 – Моделирование инфраструктуры аэропорта: а – внешней; б – внутренней

В заключение можно отметить, что на стыке двух технологий (бумажной и электронной) создание актуальной геометрической модели является первоочередной по важности проблемой, так как от правильной организации ее структуры в дальнейшем зависит количество изменений и доработок в будущем.

Выводы:

1. В силу специфики эксплуатации летательных аппаратов их потребительские качества базируются на их реальных размерах, формах и пропорциях, и, следовательно, начинаются с создания качественной геометрической модели внешней поверхности.
2. Использование параметрических моделей дает реальный базис для многокритериальной оптимизации поверхности и формы летательного аппарата. Каждая из составляющих оптимизацию дисциплин (аэродинамика, прочность, технология и др.) существует в своем информационном пространстве, что требует дополнительных усилий по сведению форматов данных.
3. Технология полного электронного моделирования изделия предусматривает последовательное движение от внешних обводов к конструкции и системам изделия. Внешние обводы в этом случае являются ограничениями с различным уровнем приоритетов в случае необходимости доработки внешней поверхности изделия в ходе технологической проработки изделия.

4. Технология геометрического моделирования изделия предусматривает решение различных проектных задач и, следовательно, требует для своей реализации разных программных продуктов.

Библиографический список

1. Пухов А.А. Геометрическое моделирование в проектировании нового самолета // Прикладная геометрия, Инженерная графика, компьютерный дизайн, вып. № 2 (4), 2006, с.17-19.
2. Пухов А.А. Автоматизация проектирования дозвуковых пассажирских самолетов // Прикладная геометрия, Инженерная графика, компьютерный дизайн, вып. № 4 (6), 2006, с.6-12.
3. Мхитаров А.Н. Стоит ли внедрять цифровой макет? // Прикладная геометрия, Инженерная графика, компьютерный дизайн, вып. № 4 (6), 2006, с.20-22.

Сведения об авторах

1. Пухов Андрей Александрович, главный конструктор экранопланостроительного объединения «Орион», д.т.н., тел. 8-499-245-41-20; e-mail a.poukhov@gmail.com
2. Маркин Леонид Владимирович; профессор «Московского авиационного института (национального исследовательского университета)», к.т.н., доцент, тел. 8–915-138-40-55; e-mail markinl@list.ru
3. Бирюков Василий Иванович, профессор «Московского авиационного института (национального исследовательского университета)», д.т.н., доцент, тел. 8–910-463-62-19; e-mail aviatex@mail.ru
4. Нартова Лидия Григорьевна, профессор «Московского авиационного института (национального исследовательского университета)», д.п.н., профессор, тел. 8–915-251-65-10; e-mail info@mai-design.ru