
УДК 629.7

Общие подходы к мультипликации по теоретическому контуру параметрических моделей авиационных конструкций

Ерохин А. П.*, Денискин Ю. И.**

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ,
Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия*

**e-mail: a-erokhin@yandex.ru*

***e-mail: Yury.Deniskin@mai.ru*

Аннотация

Предложены общие подходы к построению параметрических моделей авиационных конструкций с учетом мультипликации по теоретическому контуру. Рассматривается параметризация геометрических моделей групп конструктивно и геометрически подобных деталей, содержащих криволинейные поверхности теоретического контура ЛА. Разработана схема определения размерных баз модели, позволяющая избежать сбоев перестроения геометрических элементов при изменении положения модели в конструкции агрегата, и получить модель, у которой параметризуется не только форма, но и положение в пространстве. Отмечается возможность разработки основанной на данной схеме методики построения параметрических моделей авиационных конструкций с учетом мультипликации по теоретическому контуру.

Ключевые слова: авиационные конструкции, теоретический контур, параметрическая модель

Введение

При проектировании авиационных конструкций построение геометрических моделей деталей, содержащих поверхности теоретического контура (ТК), представляет собой достаточно трудоемкий и длительный процесс. В настоящее время проектирование с использованием параметрических геометрических моделей считается основным методом повышения эффективности автоматизированного проектирования машиностроительных изделий.

Проблемой применения параметрических моделей для повышения эффективности проектирования занимались А. С. Батраков, Б. С. Воскобойников, В. П. Иванов, В. Н. Малюх, И. П. Норенков [1].

В практике проектирования общемашиностроительных изделий применение параметрических моделей рассмотрено в работах В. М. Кандаулова и А. О. Ерина. Вопросы параметризации при проектировании авиационных конструкций

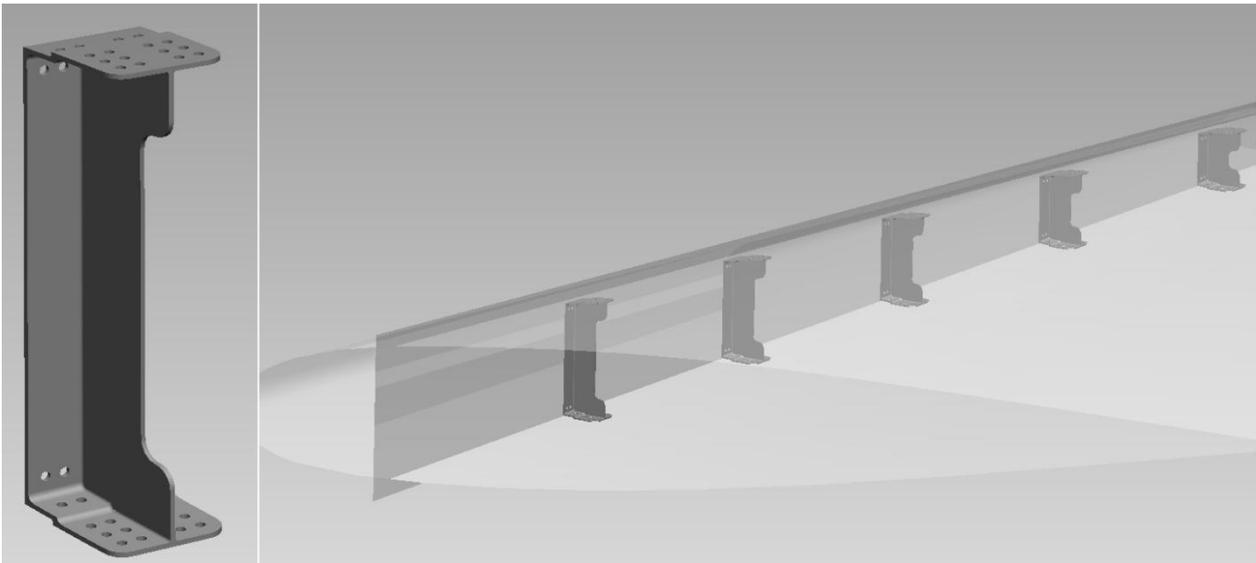
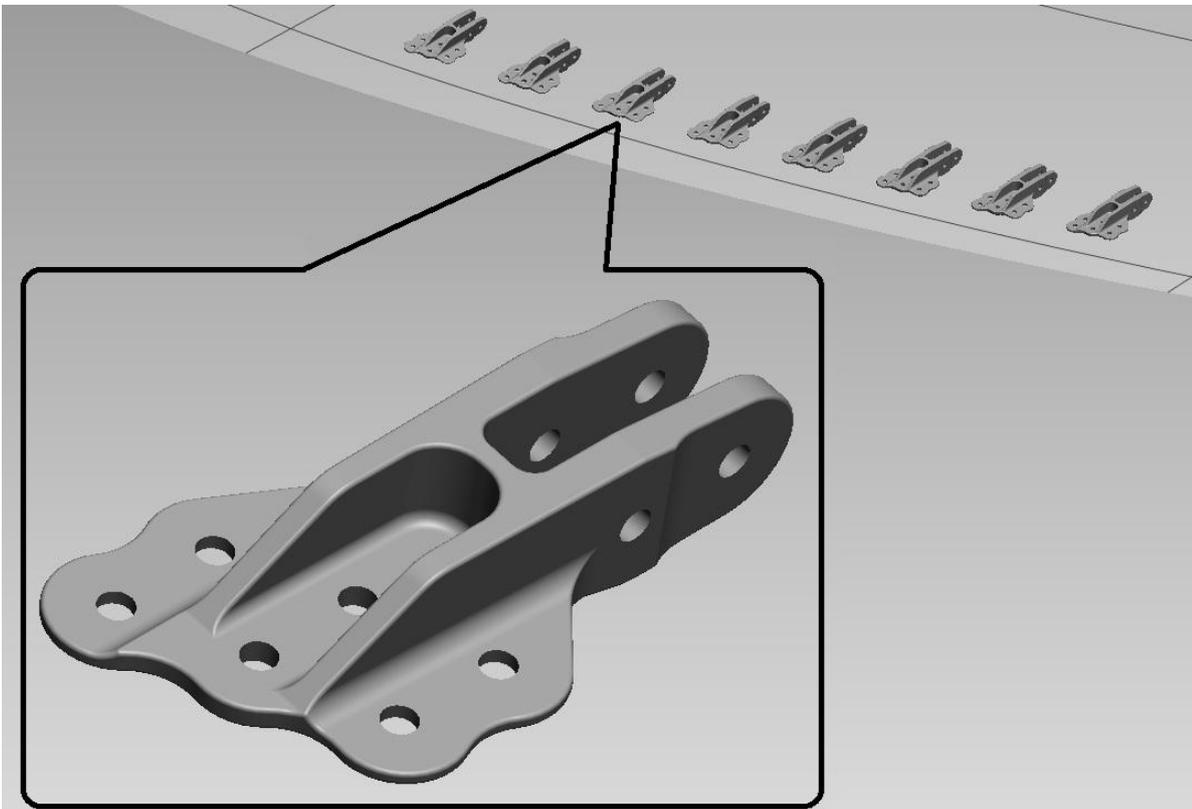


Рис. 1 Группа геометрически подобных фитингов стыковки нервюр с лонжероном



*Рис. 2 Группа геометрически подобных фитингов стыковки стрингеров с бортовой
нервюрой*

рассматриваются Ю. Ю. Викулиным, Е. Т. Василевским, А. Г. Гребенниковым, А. Ю. Ефремовым, Н. В. Ефремовой.

Однако, в настоящее время окончательно не решена проблема использования параметрических геометрических моделей на стадии рабочего проектирования авиационных конструкций. В частности, особый интерес представляет параметризация геометрических моделей деталей, содержащих криволинейные поверхности ТК летательного аппарата (ЛА).

Построение электронной модели каждой такой детали в системе геометрического моделирования (СГМ) само по себе трудоемко ввиду сложности ее формы. Помимо этого, в одном агрегате могут присутствовать многочисленные группы деталей рассматриваемого типа, имеющих между собой значительную степень конструктивного и геометрического подобия (например стрингера, пояса нервюр и т. п.). Различия в форме деталей таких групп вызваны в основном изменением формы ТК по размаху и хорде агрегата и вызванным им изменением строительной высоты. Примеры групп геометрически подобных деталей показаны на рис. 1 и 2.

Параметрическая модель одной из группы таких деталей позволила бы получить модели остальных деталей простым изменением значения требуемых параметров. Это снизит трудоемкость построения электронных моделей всех деталей данной группы прямо пропорционально числу входящих в группу деталей.

Современные СГМ предоставляют широкие возможности параметризации моделей, однако их реализации применительно к моделям деталей, имеющих выход на ТК, препятствует существенная методическая проблема.

В общем случае параметризованные модели, как правило, строятся в начале координат, а их расположение в конструкции изделия определяется размещением в соответствующей сборочной единице. Поскольку рассматриваемые модели привязаны к ТК, их следует строить сразу по их месту в конструкции. Построение других моделей группы, связано с изменением значений параметров и положения исходной модели в пространстве. При изменении положения модели в пространстве в соответствии с ТК и параметризации требуется обеспечить сохранение геометрических построений.

Для корректной постановки задачи и описания предлагаемого её решения рассмотрим основные общепринятые положения и понятия, описывающие электронное моделирование изделий машиностроения.

Электронные модели выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД, который предусматривает состав моделей, показанный на рис. 3.

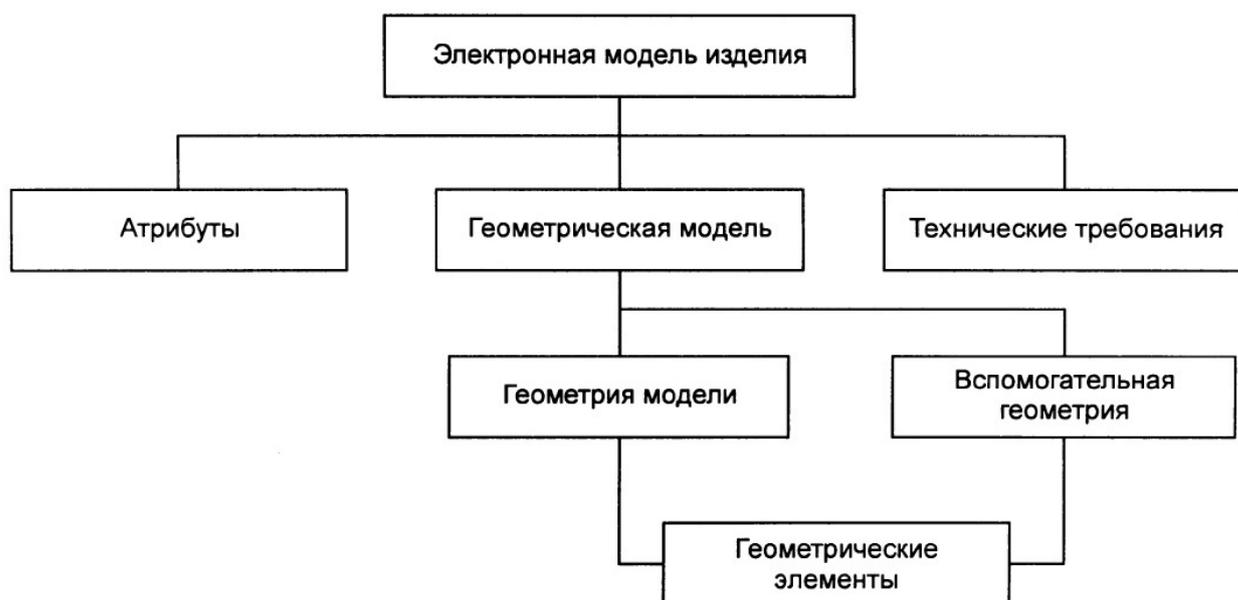


Рис. 3. Схема состава электронной модели изделия по ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД

При этом используются следующие термины и определения.

Электронная модель изделия (модель): Электронная модель детали (ЭМД) или сборочной единицы (ЭМСЕ)

ЭГМ — электронная геометрическая модель.

Электронная геометрическая модель (геометрическая модель): Электронная модель изделия, описывающая геометрическую форму, размеры и иные свойства изделия, зависящие от его формы и размеров.

Геометрия модели: Совокупность геометрических элементов, которые являются элементами геометрической модели изделия.

Вспомогательная геометрия: Совокупность геометрических элементов, которые используются в процессе создания геометрической модели изделия, но не являются элементами этой модели.

Геометрический элемент: Идентифицированный (именованный) геометрический объект, используемый в наборе данных.

Геометрическим объектом может быть точка, линия, плоскость, поверхность, геометрическая фигура, геометрическое тело.

Твердотельная модель: Трехмерная электронная геометрическая модель, представляющая форму изделия как результат композиции заданного множества геометрических элементов с применением операций булевой алгебры к этим геометрическим элементам.

Положения государственных стандартов применительно к авиационной промышленности уточняются во внутренних стандартах предприятий.

Так для построения ЭМД авиационных конструкций, в качестве

вспомогательной геометрии используется т. н. электронная мастер-геометрия соответствующих частей изделия.

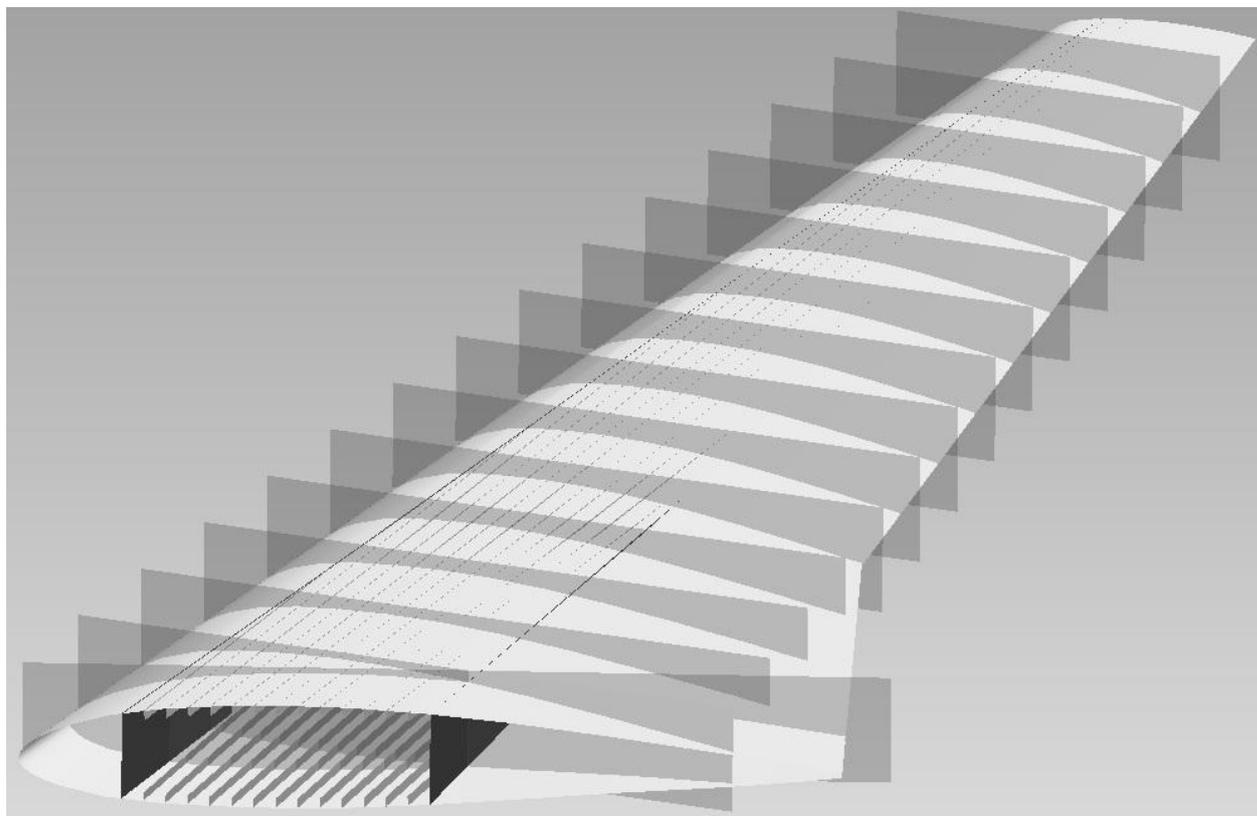


Рис. 4. Пример мастер-геометрии отъемной части крыла.

Электронная мастер-геометрия изделия (ЭМГ) содержит все данные, определяющие размеры, форму, конструктивно-силовую схему, взаимное расположение составных частей изделия, схему конструктивно-технологического членения, трассировку систем управления и коммуникаций. На рис. 4 показан пример ЭМГ отъемной части крыла (ОЧК). В частности в состав ЭМГ входят:

- базовые и строительные плоскости ЛА и его главных составных частей;
- поверхности теоретического контура (ТК);
- базовые и строительные плоскости и оси силового набора (нервюр, лонжеронов стрингеров и т.п.).

Определение «*вспомогательная геометрия*» имеет достаточно общий характер, поэтому для удобства работы введем термин «*привязка*». *Привязкой* будем называть геометрический элемент вспомогательной геометрии, служащий размерной базой для геометрической модели детали. Для рассматриваемого класса деталей привязками будут в первую очередь оси силового набора и поверхности ТК. Определение привязок при выполнении электронной модели производится путем импорта соответствующих геометрических элементов из ЭМГ в ЭМД.

Таким образом, построение модели начинается с определения привязок. Мультипликация моделей осуществляется между осевыми плоскостями и поверхностями конструктивно-силовой схемы (КСС) крыла, расположенными в пространстве дискретно. То есть при мультипликации требуется изменение части привязок.

В инженерной практике существует методика мультипликации моделей, содержащих поверхности ТК, которая предусматривает изменение положения модели путем замены геометрических элементов КСС, используемых в качестве привязок. Эта операция выполняется исключительно вручную, что делает невозможной полную параметризацию и автоматизацию проектирования. Ввиду дискретности расположения осевых плоскостей и поверхностей КСС, существующая методика предполагает смену положения модели посредством замены плоскости или поверхности, используемой в качестве привязки. В приведенном на рис. 5 примере плоскость нервюры, соответствующей исходному положению фитинга (поз. 1) заменяется плоскостью нервюры, соответствующей

следующему положению (поз. 2).

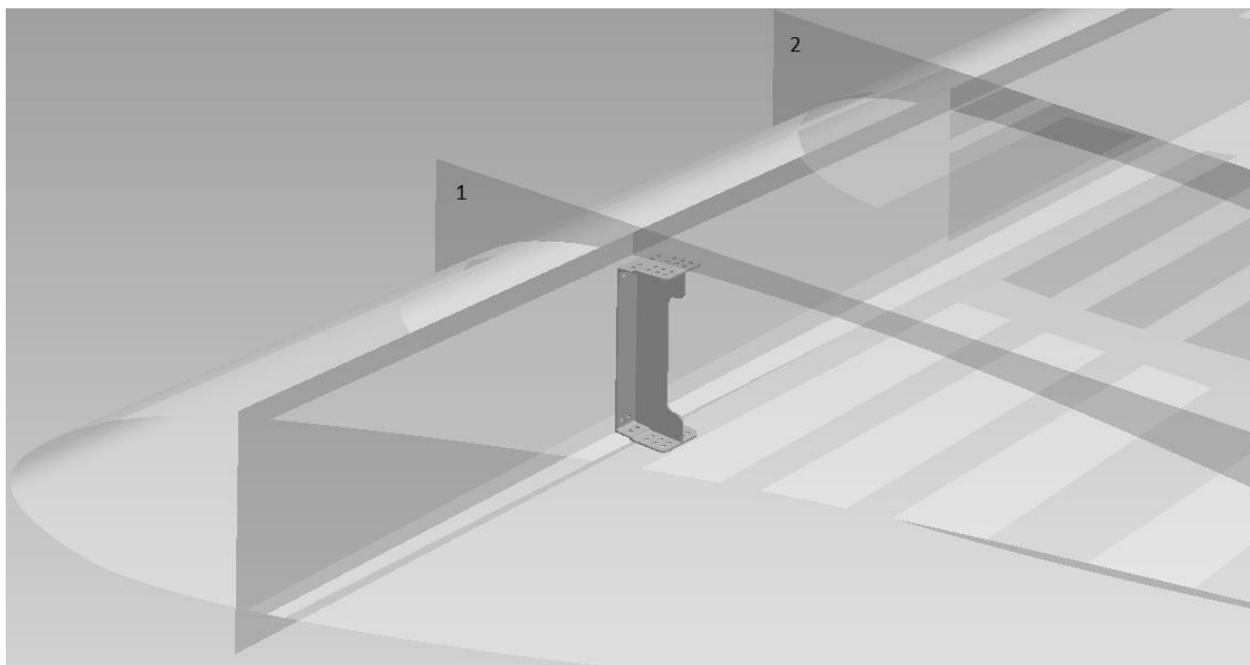


Рис. 5 Замена плоскостей нервюр: 1 – плоскость нервюры, соответствующей исходному положению модели; 2 - плоскость нервюры, соответствующей положению перестроенной модели

Методика мультиплицирования моделей не обеспечивает гарантированного перестроения модели на новое положение, т. к. в ряде случаев теряются геометрические элементы, по характеру построения зависящие от заменяемой плоскости или поверхности. Восстановление потерянных элементов, наряду с выполняемой вручную заменой привязок, требует дополнительных трудозатрат, что снижает эффективность мультипликации модели.

Необходимость поиска и устранения причин возникших сбоев, в сочетании с определенным психологическим дискомфортом, вызываемым системными сообщениями об ошибках, является причиной отказа от применения этой методики. Инженеры-проектировщики предпочитают выполнять каждую модель из группы

геометрически подобных заново, чтобы не сталкиваться с описанными проблемами.

Для обеспечения возможности полной параметризации моделирования и устранения перечисленных трудностей требуется разработка методики определения привязок, обеспечивающей сохранение геометрических построений при изменении положения модели.

Из описания традиционной методики следует, что причина сбоя перестроения геометрии заключается в замене привязок. Следовательно, требуется найти способ избежать их замены при изменении положения модели в конструкции.

Т. к. необходимость замены привязочных плоскостей и поверхностей обусловлена дискретностью расположения осей КСС в пространстве (рис.4), для устранения необходимости такой замены, следует перейти от дискретного к непрерывному способу определения осевых элементов, используемых в качестве привязок. Для обеспечения такой возможности, необходимо в рассмотрении конструкции моделируемого изделия перейти сразу на несколько уровней вверх: с уровня конкретной детали на уровень всего агрегата. В качестве наглядного примера такого агрегата используем ОЧК.

В ОЧК рассмотрим способ задания в пространстве дискретного расположения осей поперечного и продольного силового набора, поскольку мультипликация моделей рассматриваемого типа в большинстве случаев осуществляется в одном из этих двух направлений, либо сразу в обоих. В продольном силовом наборе целесообразно рассмотреть способ задания осевых поверхностей стрингеров, а в поперечном силовом наборе - способ задания осевых плоскостей нервюр.

Осевые плоскости поперечного силового набора расположены в пространстве дискретно (рис.6). В большинстве случаев они задаются параллельным смещением с определённым шагом от некоторой исходной плоскости. В этом примере исходной является плоскость 2-й нервюры. Параллельным смещением от нее задаются плоскости нервюр с 3-й по 15-ю.

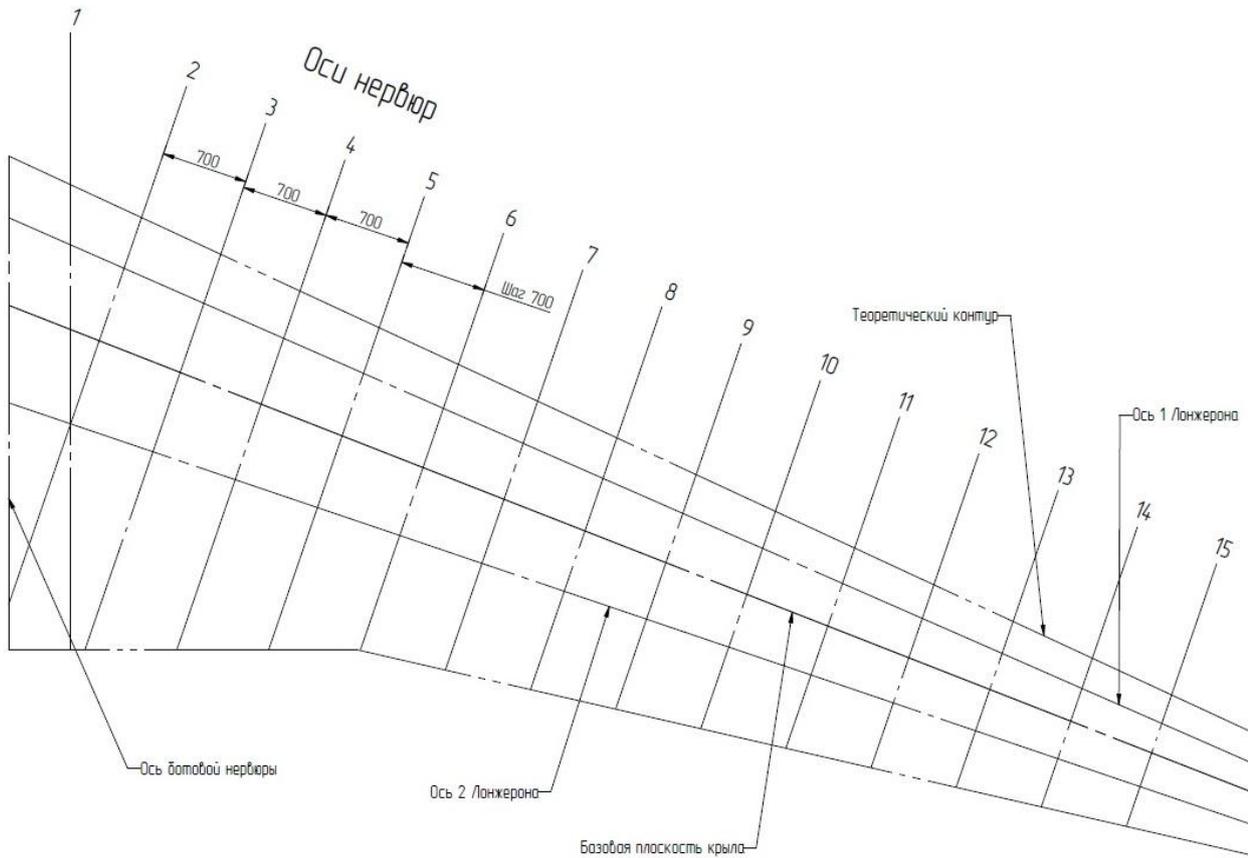


Рис. 6. Пример задания положения осей нервюр

На рис. 7 показан распространённый вариант задания дискретного расположения осевых поверхностей стрингеров. Между осями лонжеронов перпендикулярно к строительной плоскости крыла (СПК) располагается т. н. базовая плоскость крыла (БПК). От БПК параллельным смещением с определенным шагом задается ряд плоскостей. Строится линия пересечения этих плоскостей с

поверхностью ТК. Поверхности, проходящие через эти линии по нормали к ТК, и будут осевыми поверхностями стрингеров.

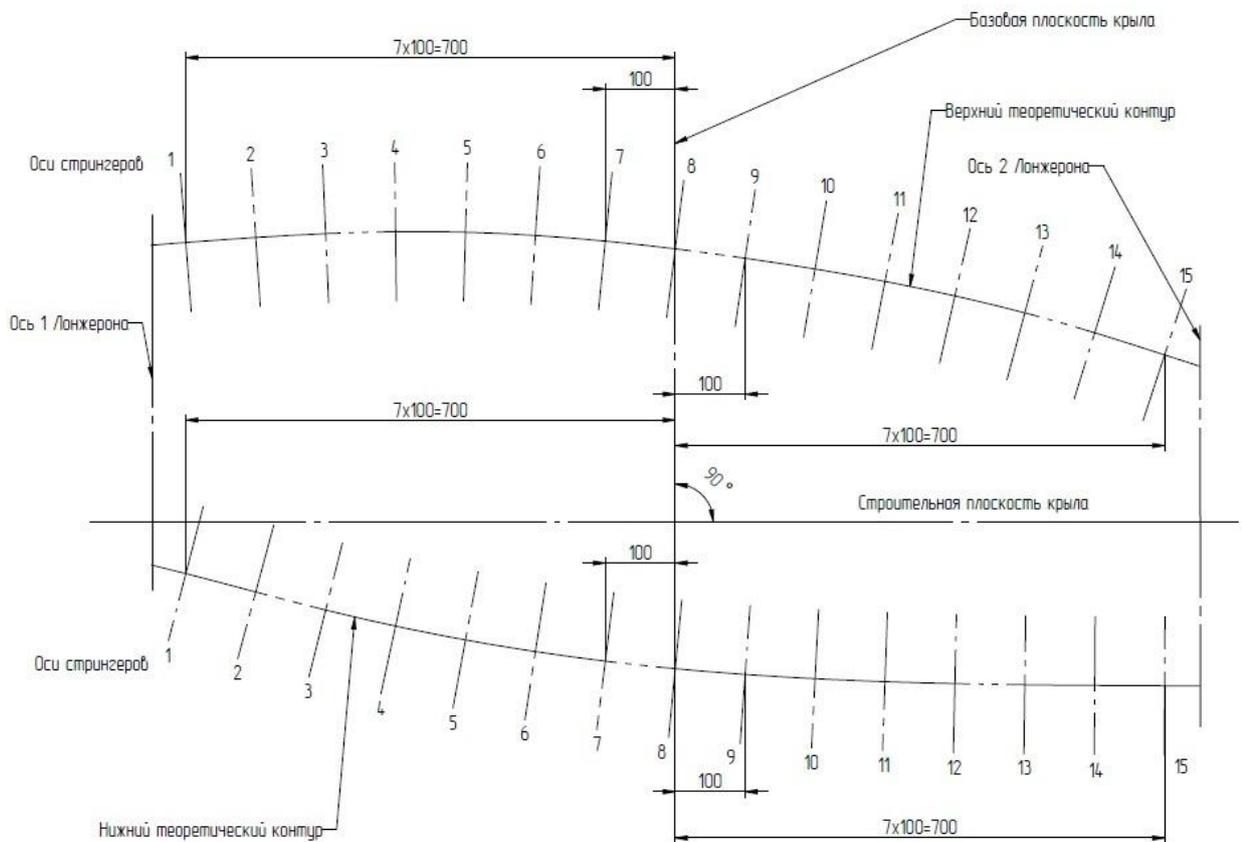


Рис. 7 Пример задания положения осей стрингеров

Таким образом, для задания осевых поверхностей также применяется параллельное смещение плоскостей от некоторой исходной плоскости.

Учитывая описанные закономерности задания осей КСС, предлагается использовать в качестве привязок не сами оси силового набора, а элементы, служащие для них размерными базами. В этой связи целесообразно ввести еще один термин «*базовые привязки*».

Тогда привязки модели можно получать построением внутри модели на основе имеющихся базовых привязок, а не импортировать из мастер-геометрии. Такая схема определения привязок позволит обойтись без их замены при изменении

положения модели. Достаточно будет изменить численное значение параметра, определяющего положение привязки относительно базовой привязки.

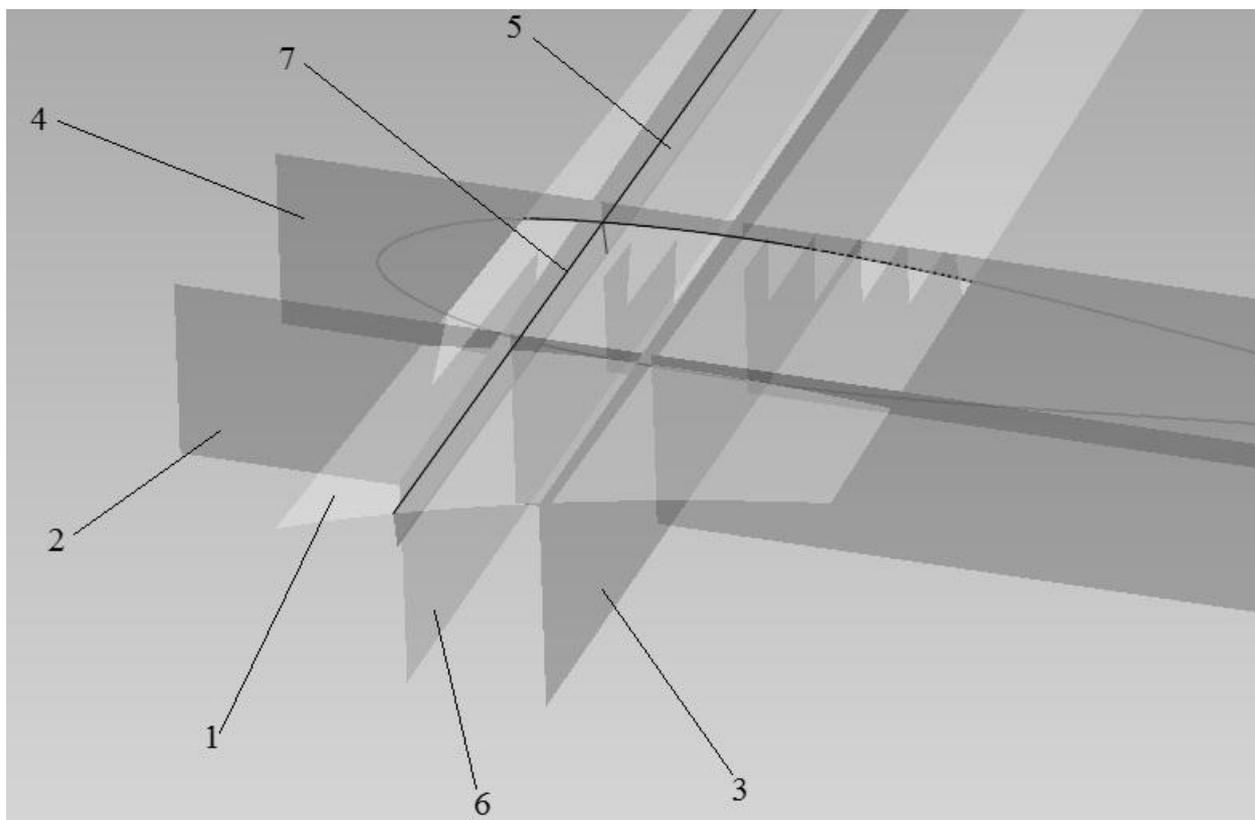


Рис. 8 Разработанная схема определения привязок: 1 - привязка к ТК; 2 и 3 – базовые привязки – плоскость нервюры 2 и БПК; 4 и 5 – построенные привязки – плоскость нервюры 3 и осевая поверхность стрингера 3; 6 и 7 – вспомогательные элементы для построения поверхности стрингера – плоскость, параллельная БПК, и линия её пересечения с ТК

Разработанная схема определения привязок модели позволит избежать сбоя перестроения геометрических элементов при изменении положения модели в конструкции агрегата. Кроме этого она позволит получить модель, у которой параметризуется не только форма, но и положение в пространстве.

Таким образом, на основе данной схемы возможна разработка методики

построения параметрических моделей авиационных конструкций с учетом мультипликации по теоретическому контуру. Ожидается, что такая методика позволит устранить вышеописанные трудности построения параметрических моделей. Разработка такой методики позволит снизить трудоемкость построения электронных моделей групп геометрически подобных деталей прямо пропорционально числу деталей в группе.

Библиографический список

1. Ерин А. Реальная параметризация // САПР и графика. 2007. - №4. - с. 38-46.
2. Василевский Е. Т., Гребенников А. Г., Ефремов А. Ю., Ефремова Н. В. Метод интегрированного проектирования, конструирования и моделирования высокоресурсного фитингового стыка крыла с центропланом самолета транспортной категории // Открытые информационные и компьютерные технологии. 2010. - №46. с. 277-293.
3. ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД Электронная модель изделия. Общие положения. – Введен 01.09.2006 – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.