

А.И. Хурматуллин бакалавр 24.03.04 Авиастроение

Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева–КАИ,

институт авиации, наземного транспорта и энергетики,

кафедра Производство летательных аппаратов,

Казань, KhurmatullinAI@stud.kai.ru

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В САПР В СЛУЧАЕ ИХ ЗАТРУДНЕННОЙ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ

Рассмотрена методика геометрического моделирования компьютерной модели с затрудненной параметризацией в САПР Siemens NX на примере поверхности консоли крыла. Выведен комплекс формул, описывающий произвольную конфигурацию компьютерной модели, построенной по определенному алгоритму; комплекс занесен в электронную таблицу, считающую точки определенной конфигурации путем задания входных данных. Написана программа, использующая программный пакет NX Open, она содержит в себе алгоритм построения с учетом точек конфигурации, необходимые команды вызывает самостоятельно. В итоге удалось параметризовать исходную компьютерную модель с затрудненной параметризацией посредством автоматизации: расчета ее конфигурации в электронной таблице; построения по алгоритму, описанного в виде строк программного кода.

Ключевые слова: NX Open, параметризация компьютерной модели, модульное программирование.

Введение. Одной из актуальных задач является оптимизация процессов моделирования. Одним из решений является автоматизация алгоритмов

построения, ведь компьютерная модель описывается набором взаимосвязанных геометрических размеров, в множестве САПР есть возможность изменить построенную модель под новые размеры без необходимости повторения порядка построения за счет изменения значений путем параметризации размеров.

В NX существуют встроенные методы параметризации. Например, семейство деталей и функция WAVE (англ. WHAT IF ALTERNATIVE VALUE ENGINEERING). Модели с одинаковыми порядками построений, но разными размерами можно охарактеризовать как семейства.

Несмотря на эти возможности, встречаются случаи, когда вышеупомянутые инструменты не могут быть применимы к некоторым компьютерным моделям. Семейство деталей и технология WAVE основаны на ассоциативности, которую дерево построений некоторых компьютерных моделей не поддерживает. Также эти способы не подходят в случае изменений формы сечений. Во избежание ручного перестроения требуется самостоятельно вывести методику моделирования таких компьютерных моделей с поддержкой параметризации.

Методика задания поверхности консоли крыла с использованием базовых возможностей САПР NX. Работа осуществляется в системе координат консоли крыла $X_1Y_1Z_1$ с центром в начале корневой хорды. Где X_1Y_1 – плоскость симметрии, X_1Z_1 – строительная плоскость консоли крыла. Расположение относительно связанной системы координат указано на рис.1.

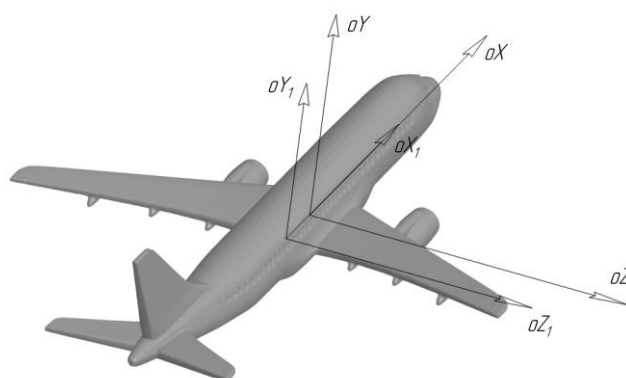


Рисунок 1 – Принятая система координат консоли крыла

Входные данные для данной компьютерной модели задаются: через угол стреловидности $\angle\alpha$ – угол между передней кромкой крыла и прямой, параллельной OZ_1 и проведенной из конца корневой хорды, вид сверху, рис.2; угол поперечного V $\angle\theta$ – угол между проекциями передней кромки крыла и OZ_1 на вид спереди, рис.3; $\angle\nu$ – угол между вспомогательными плоскостями: плоскостью хорд и плоскостью поперечного V; геометрическую схему консоли крыла в плане – проекцию консоли крыла на строительную плоскость консоли крыла OX_1Y_1 , рис.4.

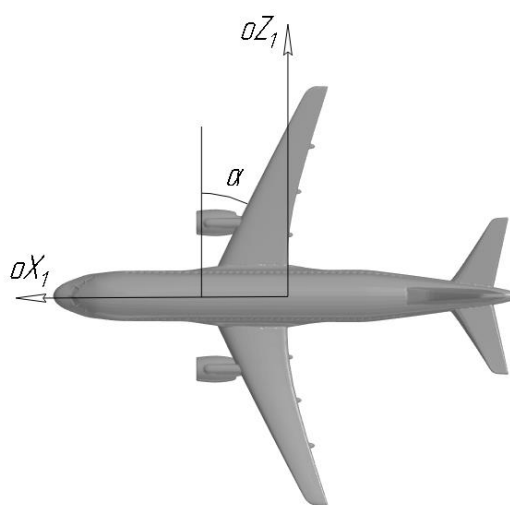


Рисунок 2 - Угол стреловидности

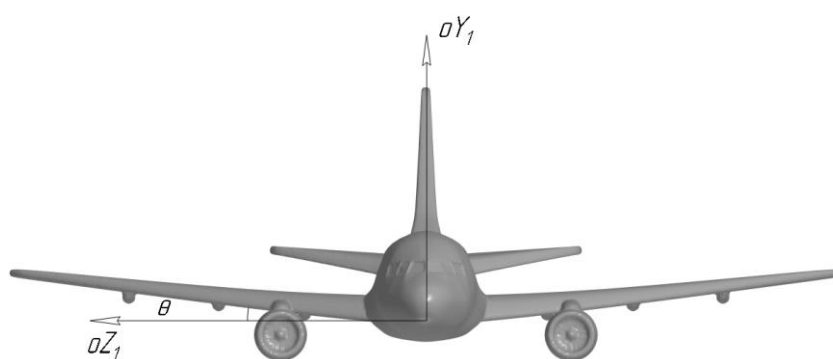


Рисунок 3 - Угол поперечного V

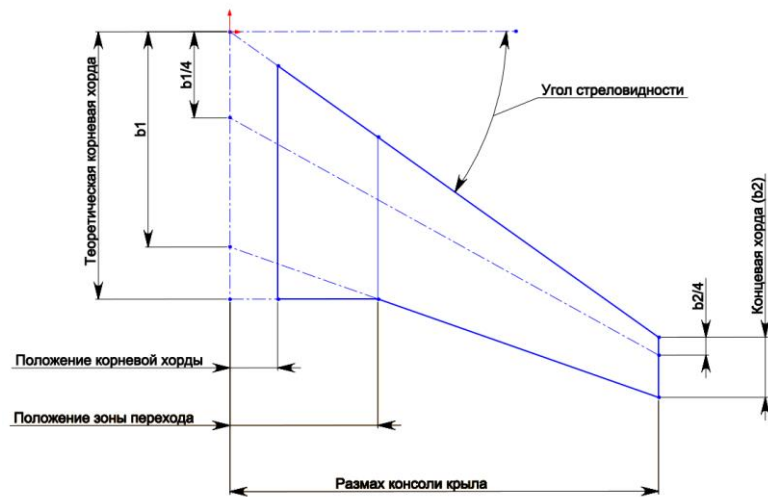


Рисунок 4 - Геометрическая схема консоли крыла в плане

После определения необходимых входных данных можно переходить к алгоритму построения компьютерной модели поверхности консоли крыла, стоит отметить, что встроенная параметризация невозможна, рис.7:

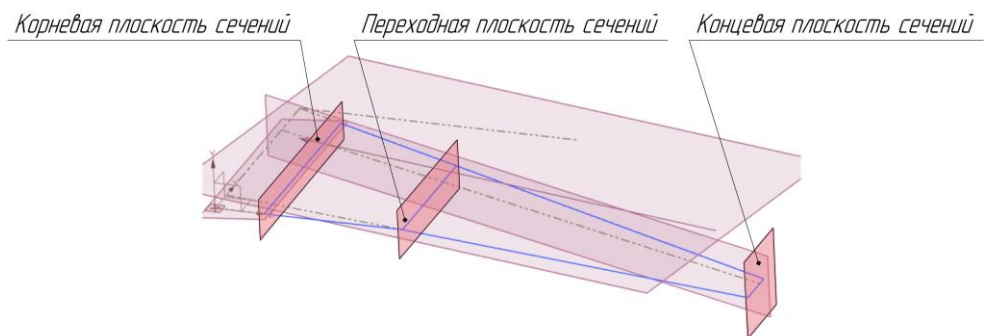


Рисунок 5 - Построение плоскостей сечений

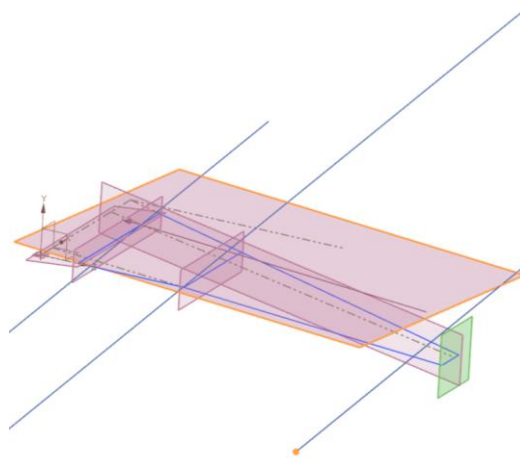


Рисунок 6 - Построение линий пересечения

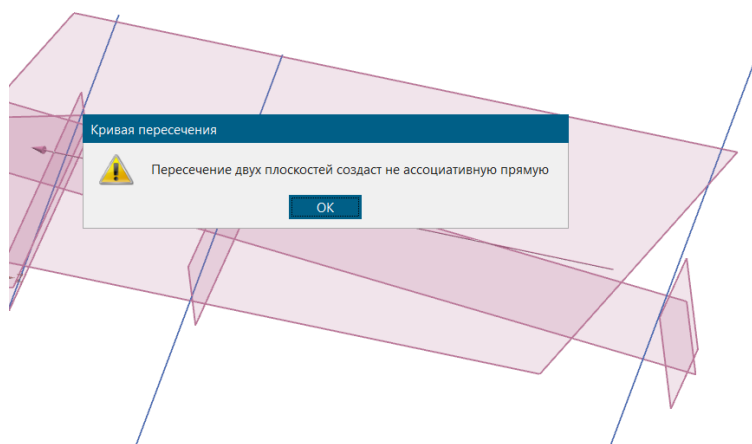


Рисунок 7 - Отсутствие ассоциативности в построении

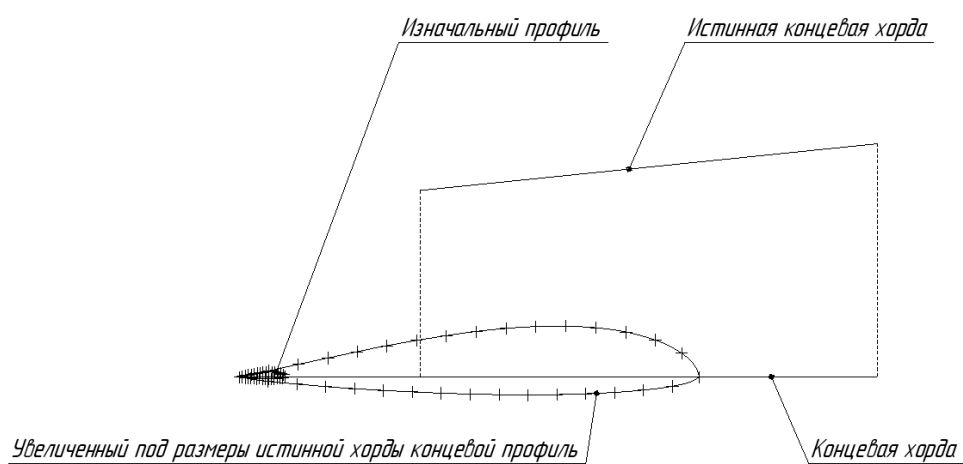


Рисунок 8 - Пример построения и масштабирования единичного аэродинамического профиля в плоскости сечения

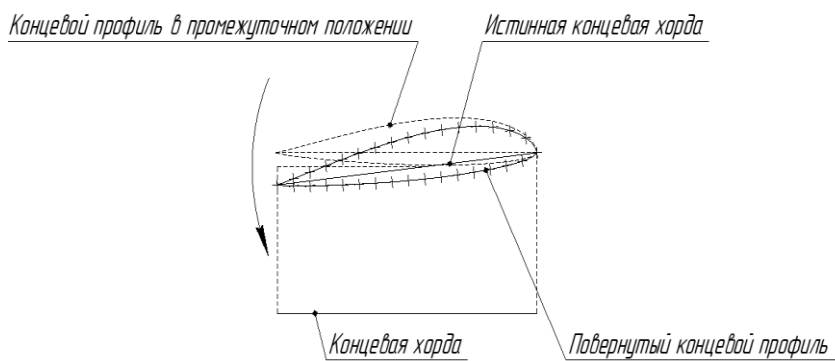


Рисунок 9 - Пример базирования аэродинамического профиля в плоскости сечения

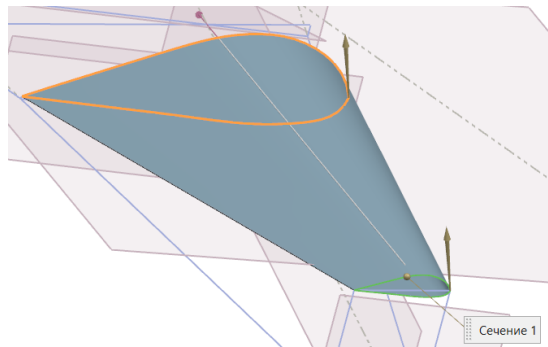


Рисунок 10 - Пример построения участка поверхности консоли

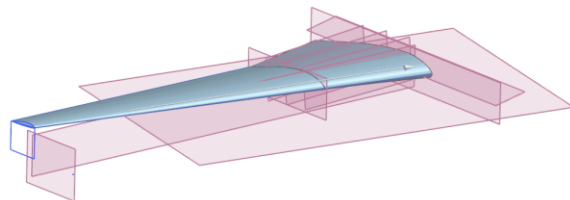
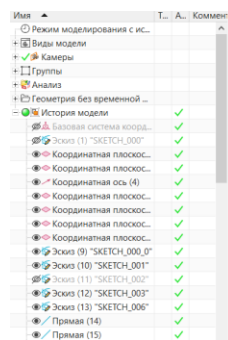


Рисунок 11 - Поверхность консоли крыла

Методика моделирования поверхности консоли крыла с параметризацией посредством ее аналитического описания и запуска пользовательского приложения, содержащего алгоритм вызовов необходимых команд для построения компьютерной модели без участия пользователя.

Данная методика осуществляется в виде последовательности:

1. Аналитическое описание. Вместо использования стандартных параметрических инструментов NX, которые не работают для не ассоциативных операций, вывод комплекса математических формул. Эти формулы на основе входных данных (углы стреловидности, поперечного V , геометрическая схема в плане) рассчитывают координаты всех ключевых точек будущей поверхности, рис.12.

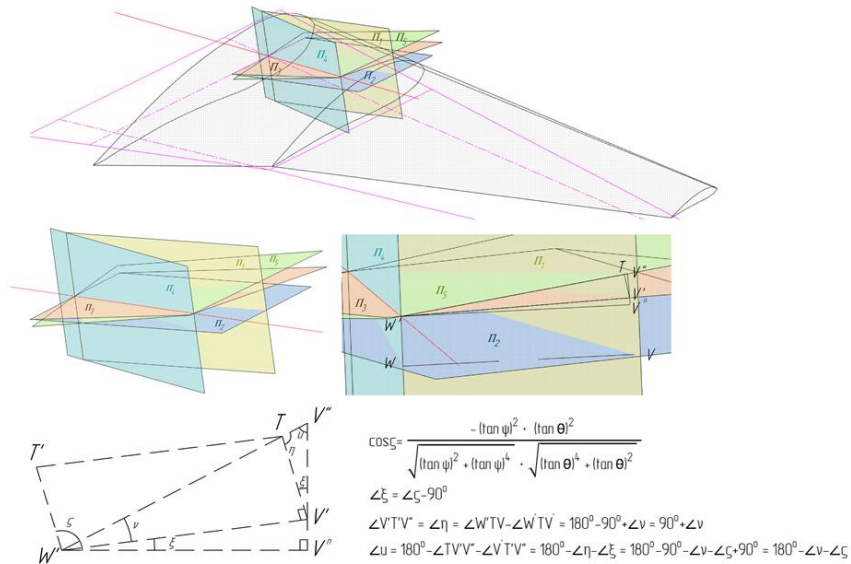


Рисунок 12 – Пример формул геометрической взаимосвязи произвольного участка с входными данными

2. Автоматизация расчетов. Полученный комплекс формул реализуется в электронной таблице (например, Excel). Пользователь задает входные параметры, а макросы в таблице автоматически рассчитывают и сортируют координаты точек, рис.13.

Задание углов и размеров проекции консоли крыла на строительную плоскость						Задание аэродинамического профиля					
Обозначения	Входные данные	Значение	Размерность	Верхняя дужка	Нижняя дужка	Верхняя дужка	Нижняя дужка	Верхняя дужка	Нижняя дужка	Верхняя дужка	Нижняя дужка
ВН	Размер консоли крыла	19250	мм	0	0	0	0	0	0	0	0
AA'	Положение корневой хорды	1700	мм	2,5	-4,6133	0	0	2,5	-3,3606	0	0
AD	Положение зоны перехода	6500	мм	5	6,9942	0	0	5	-4,4374	0	0
AB	Теоретическая корневая хорда	8000	мм	7,5	8,7982	0	0	7,5	-5,1991	0	0
EF	Концевая хорда	1500	мм	19	10,2161	0	0	19	-5,5648	0	0
α ₀	Угол стреловидности	24	градусы	15	12,2992	0	0	15	-6,0343	0	0
∠θ	Угол поперечного V	1,2	градусы	20	13,6503	0	0	20	-6,2513	0	0
α _V	Установочный угол атаки	1,7	градусы	25	14,5165	0	0	25	-6,2831	0	0
β ₁	Угол поперечного V	30	градусы	30	14,7882	0	0	30	-6,1313	0	0
β ₂	Угол поперечного V	40	градусы	40	14,3237	0	0	40	-5,468	0	0
β ₃	Угол поперечного V	50	градусы	50	12,6093	0	0	50	-4,482	0	0
β ₄	Угол поперечного V	60	градусы	60	10,0942	0	0	60	-3,5225	0	0
β ₅	Угол поперечного V	70	градусы	70	7,3527	0	0	70	-2,6498	0	0
β ₆	Угол поперечного V	80	градусы	80	4,8518	0	0	80	-1,7655	0	0
β ₇	Угол поперечного V	90	градусы	90	2,4275	0	0	90	-0,8331	0	0
β ₈	Угол поперечного V	95	градусы	95	1,2138	0	0	95	-0,4413	0	0
β ₉	Угол поперечного V	100	градусы	100	0	0	0	100	0	0	0

Рисунок 13 - Таблица расчета конфигурации поверхности консоли крыла

3. Автоматизация построения в NX. На языке C++ с использованием API NX Open пишется программа. Эта программа, используя модульный принцип и объектно-ориентированное программирование, автоматически вызывает команды NX для построения, рис.14:

-Прямых и сплайнов по рассчитанным точкам (создание «каркаса»)

-Поверхности по сетке кривых на основе созданного каркаса.

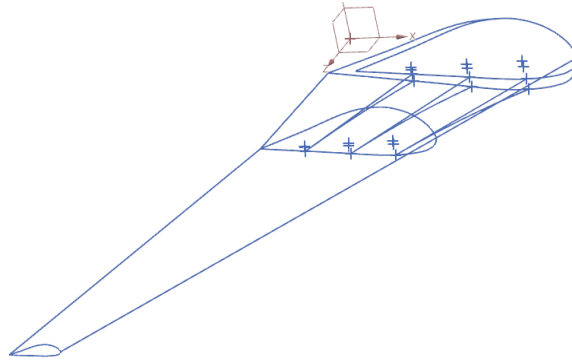


Рисунок 14 - «Каркас», построенный по данным рассчитанных точек

4. Результат. Пользователь вводит исходные параметры в таблицу, запускает программу в NX и через короткое время получает готовую компьютерную модель поверхности крыла нужной конфигурации, рис.15.

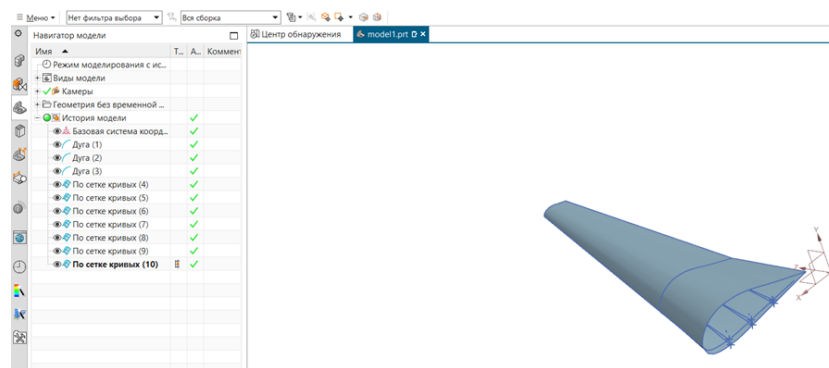


Рисунок 15 - Программа построила поверхность консоли крыла

Данный подход позволяет эффективно параметризовать изначально не поддающуюся параметризации модель.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игнатъев Ю.Г. Аналитическая геометрия. Учебное пособие. I семестр. - Казань: Казанский университет, 2013, - 184 с.
2. Гончаров П. С., Ельцов М. Ю., Коршиков С. Б., Лаптев И. В., Осюк В. А. NX для конструктора-машиностроителя + CD. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 504 с.: ил.
3. Сергеев, А.И. С 32 ISBN Разработка прикладных модулей для системы автоматизированного проектирования «Siemens NX» : учебное пособие / А.И. Сергеев ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ. – 2021. – 137 с.
4. Н.Н. Голованов, Геометрическое моделирование. Учебное пособие. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2016. – 400 с.