

Автоматизация аэродинамической оценки самолёта на этапе технических предложений на основе разрабатываемой параметрической 3D модели

Д.Н. Дмитриев,
Факультет летательных аппаратов
Самарский государственный
аэрокосмический университет имени
академика С.П. Королёва (национальный
исследовательский университет)
Самара, Россия
e-mail: dmitrievdeni@mail.ru

Ан.А. Громов,
Факультет летательных аппаратов
Самарский государственный
аэрокосмический университет имени
академика С.П. Королёва (национальный
исследовательский университет)
Самара, Россия
e-mail: gomer191@gmail.com

Аннотация¹

Рассматриваются вопросы аэродинамической оценки облика самолёта на основе параметрической 3D модели самолёта и автоматизация этого процесса. Представлена картина обтекания параметрической 3D модели самолёта традиционной схемы в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks с изменяемыми параметрами основных агрегатов самолёта.

1. Введение

Проектирование таких сложных технических систем как самолёт сопряжено с выполнением многочисленных и зачастую противоречивых требований [1, 2]. Решить подобную задачу позволяют различные технологии автоматизированного проектирования. Однако опыт применения САПР показывает, что важнейшие задачи начальных стадий разработки, относящиеся к группе задач структурного синтеза, как правило, оказываются вне сферы действия САПР. Начальные этапы разработки, хотя и являются наиболее ответственными, остаются неохваченными средствами автоматизации [5].

Широкое применение средств автоматизации на ранней стадии проектирования сдерживается сложностью анализа большого количества получаемых при этом данных, которые к тому же могут быть переменными во времени.

Таким образом, разработка программ на основе традиционных методик позволит определить оптимальное для конкретного аппарата сочетание

проектных параметров, обеспечивающих выполнение технического задания [6].

2. Цель исследования

Целью исследования является изучение аэродинамической оценки модели самолёта в автоматическом режиме с помощью разработанной параметрической 3D модели. В результате автоматизации будет выполняться адекватное и непротиворечивое определение аэродинамических характеристик самолёта на основе параметрической 3D модели, являющейся частью разрабатываемой на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ интеллектуального помощника проектанта, условно названного «Робот-конструктор самолёта» [8].

Анализ публикаций [3-7] показывает, что в настоящее время недостаточно проработанными остаются процедуры автоматического формирования 3D модели самолёта в различных системах САПР на ранних этапах проектирования. Процессу решения этого вопроса мешает отсутствие общепринятых стандартов в данной предметной области, так как на данный момент проектирование ведётся только с частичным применением программных комплексов.

3. Подготовка модели

Основные этапы подготовки разрабатываемой параметрической 3D модели к аэродинамическому анализу включают: придание толщины поверхностям самолёта, созданным в САД САТИА, и преобразование модели в формат stp.

3.1. Начальные и граничные условия

При подготовке к аэродинамическому анализу 3D модели самолёта учитываются: скорость и давление (статическое, динамическое, окружающей среды); температура, параметры турбулентности; различные типы стенок (в том числе шероховатые), коэффициент теплоотдачи и параметры условной

¹Труды второй международной конференции "Интеллектуальные технологии обработки информации и управления", 10 - 12 ноября, Уфа, Россия, 2014

среды на стенках, не граничащих с реальной текучей средой; источники тепла (объёмные и поверхностные), виртуальные тепловентиляторы; возможность задания зависимости граничных условий, параметров от времени и координат; симметрия относительно базовых плоскостей и периодическая симметрия.

3.2. Расчетная сетка и управление вычислительной процедурой

Моделирование воздушной среды выполняется с помощью расчётной сетки. Генерация расчётной сетки выполняется непосредственно по модели в SolidWorks. С её помощью становится возможным: автоматическое создание расчётной области и генерация сетки в области твёрдого тела и области течения; автоматическая адаптация сетки в зависимости от геометрических характеристик модели и поля решения; задание целей моделирования (интересующих параметров на поверхностях или в объемах) и их мониторинг в ходе расчёта; предварительный просмотр полей течения в заданных сечениях без остановки расчёта; существование критериев автоматической остановки расчёта.

3.3. Возможности моделирования

Представленная аэродинамическая модель позволяет вести исследования при стационарном и нестационарном режимах течения, одно- и многокомпонентных течениях без химического взаимодействия и разделения фаз, ламинарных и

турбулентных режимах течения (с учётом ламинарного/турбулентного перехода), внешнем и/или внутреннем течении, течениях в пористых средах с учётом теплопроводности стенки, свободной, вынужденной или смешанной конвекции; позволяет вести расчёты в сжимаемых и несжимаемых средах при до-, транс- и сверхзвуковых скоростях, идеальных и реальных газах, неньютоновских жидкостях, при конвективном теплообмене; позволяет проводить совместный расчёт течения жидкости или газа и теплопередачи внутри твёрдого тела без наличия границы раздела газ-жидкость, "замораживание" течения для разделения "быстрых" и "медленных" процессов, учёт шероховатости стенки, радиационный теплообмен с управлением прозрачностью стенок и разделением свойств стенок для теплообмена излучением и солнечной радиации, расчёт траекторий твердых частиц и капель в потоке, расчёт двумерной (2D) задачи.

Одним из важнейших этапов при численном моделировании движения жидкости является построение расчётной сетки. Качественная сетка должна быть достаточно мелкой для того, чтобы выявить в процессе проведения расчёта все основные особенности течения и, таким образом, обеспечивать достаточную точность результатов расчётов. В SolidWorks применяется неструктурированная локально-адаптивная сетка с преобладанием шестигранных ячеек. На рис. 1. представлена довольно грубая сетка третьего уровня, необходимая для проведения дальнейших расчётов.

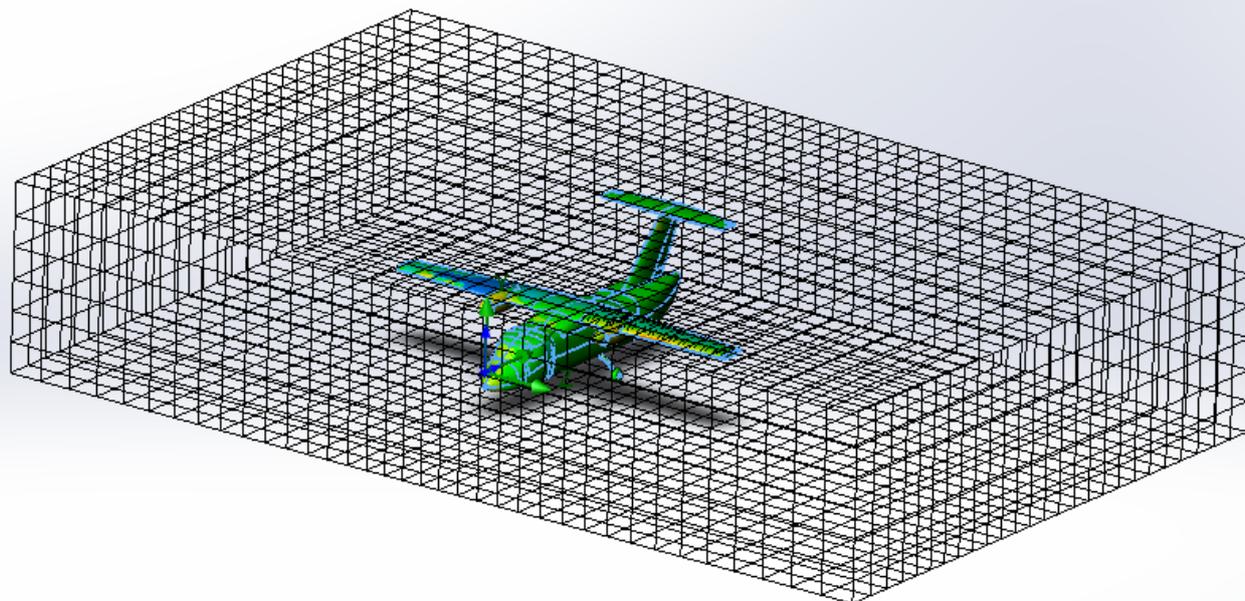


Рис. 1. Разбиение расчётной сетки

На рис. 2. изображены изолинии, показывающие картину обтекания самолёта.

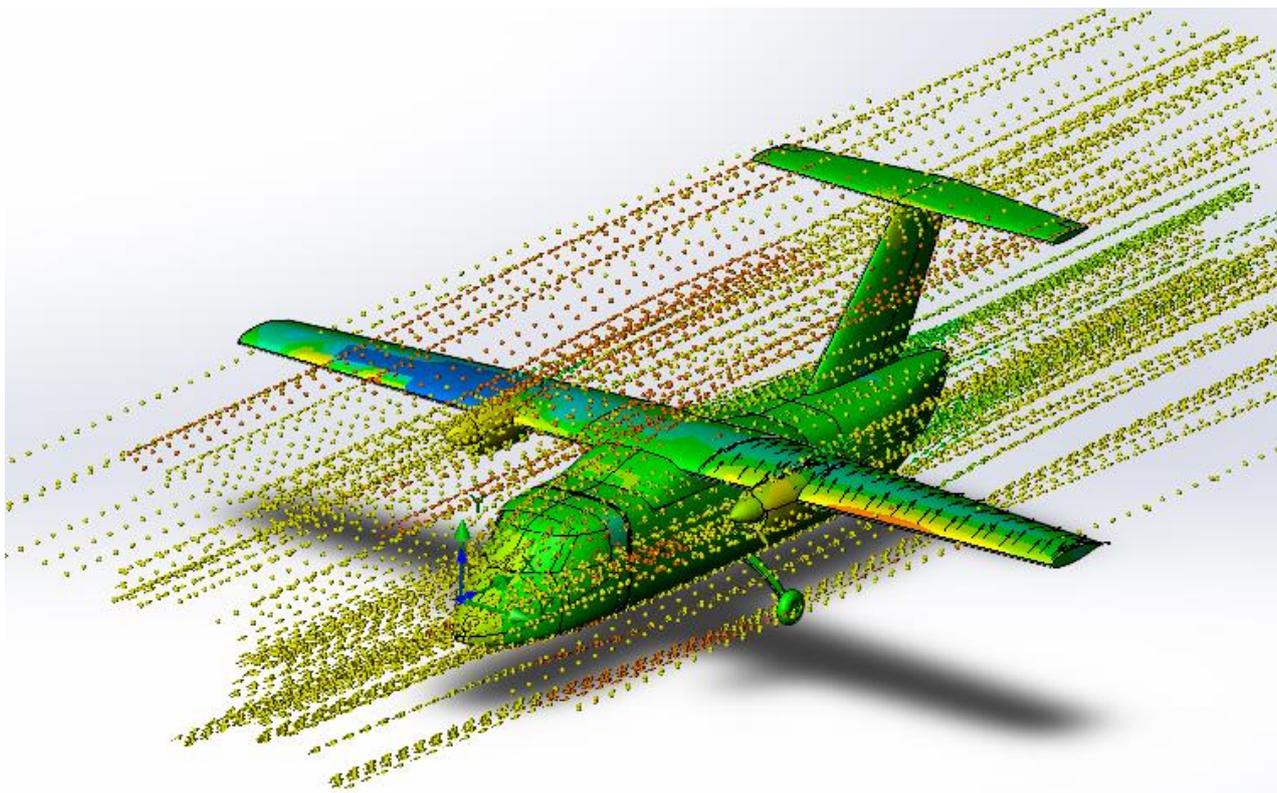


Рис. 2. Формирование изолиний

На рис. 3. наблюдается характерная картина обтекания самолёта, а именно уменьшение давления на верхней поверхности крыла с увеличением давления на нижней поверхности крыла, с последующим разгоном воздушного потока на

верхней поверхности крыла. Наибольшая скорость потока наблюдается в зоне максимальной толщины аэродинамического профиля. В этой зоне скорость потока достигает своего пикового значения равного 120 м/с.

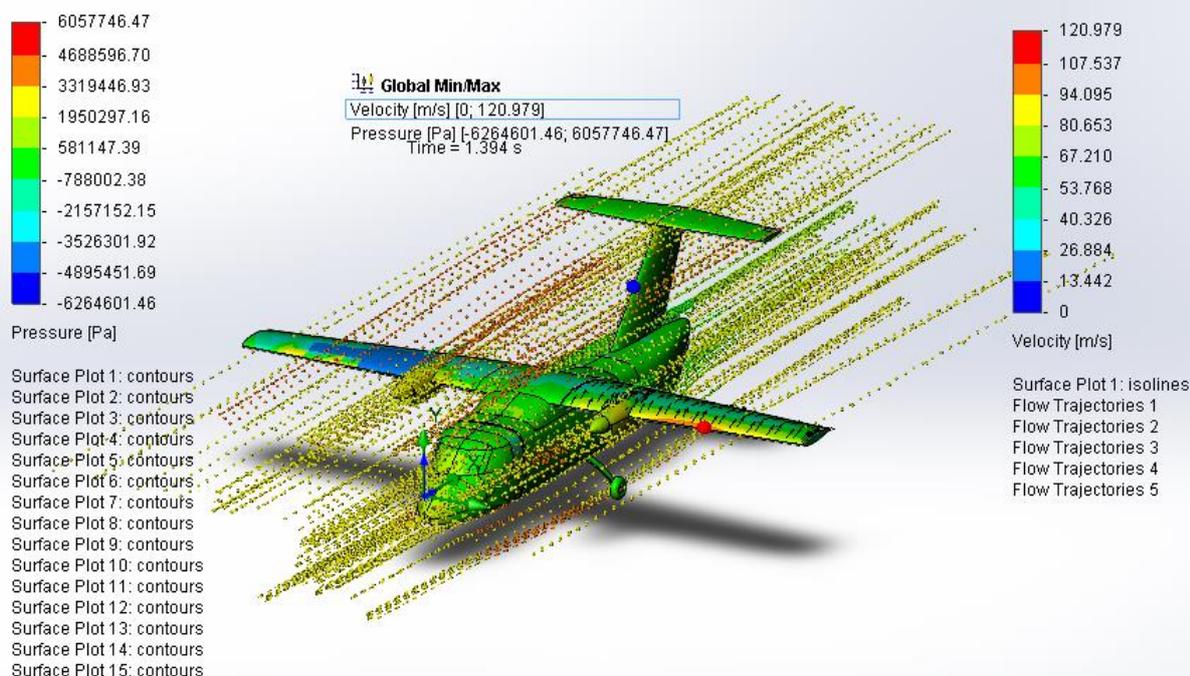


Рис. 3. Картина обтекания самолёта

4. Заключение

В рамках разработанной параметрической 3D модели самолёта для аэродинамической его оценки были апробированы и получены возможности вывода исследуемой функции на любой плоскости или поверхности самолета в виде цветowych эпюр, векторов и изолиний, отображение результатов с помощью изоповерхностей; вывода основных расчётных и интегральных величин в файл формата MS Excel. Для облегчения визуального восприятия была создана анимация результатов обтекания. Стали возможными расчёт характеристик потока в точках, определяемых пользователем, распределение любой характеристики вдоль любой кривой и передача данных в файл формата MS Excel, а также автоматическое создание отчёта.

Список используемых источников

1. Егер, С.М. «Основы автоматизированного проектирования самолётов». М.: Машиностроение, 1984.
2. Комаров В.А., Боргест Н.М., Вислов И.П., Власов Н.В, Козлов Д.М., Корольков О.Н, Майнсков В.Н. «Концептуальное проектирование самолёта». Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2011.
3. Черепашков, А.А. «Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении». Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2009.
4. Боргест Н.М., Громов А.А., Громов А.А. и др. «Робот-проектант: фантазия и реальность». *Онтология проектирования* 2012; 4:73-95.
5. Боргест Н.М., Громов А.А., Аксаян П.А., Алеев Р.Х. «Автоматизированное формирование 3D модели самолёта на этапе технических предложений». *Вестник* 2012; 4:139-147.
6. Ledermann C. «Associative parametric CAE methods in the aircraft pre-design» *Aerospace Science and Technology* 2005; 9: 641–651.
7. Hwang H.Y. «Multidisciplinary aircraft design and evaluation software integrating CAD, analysis, database, and optimization» *Advances in Engineering Software* 2006; 37: 312–326.
8. Боргест, Н.М., Чернов Р.В., Шустова Д.В. «Разработка интерфейса интеллектуального помощника проектанта» *Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2012*» Минск: БГУИР, 2012.