

# К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Спиридонов А.Н., Горбунов А.А.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

На сегодняшний день ярко выражено стремление сократить процесс от планирования до проектирования и запуска на производстве, с целью удовлетворения потребительского спроса. С целью повышения эффективности процессов производства пользуются спросом системы компьютерной графики (Computer Graphics) и системы автоматизированного проектирования (Computer Aided Design). Для проектирования моделей, имеющих сложный контур, такие как поверхность крыла, фюзеляжа, стабилизатора и т.п., на компьютере, существуют следующие способы [1]:

- твердотельное моделирование;
- поверхностное моделирование.

Под твердотельным моделированием понимается построение модели пошагово, используя производные элементы (окружность, многоугольник и др.), которые заложены в программе.

Поверхностное моделирование отличается от твердотельного тем, что используются множественные алгоритмы такие, как алгоритм Безье, NURBS-поверхности и т.п., для выполнения различных операций (соединение поверхностей и т.д.). Посредством многократного использования данных операций происходит построение сложной модели.

При проектировании летательного аппарата (ЛА) важную роль играют аэродинамические характеристики, которые достигаются за счет точности построения несущих аэродинамических поверхностей, в особой степени крыльев. Крылья – наиболее характерные авиационные конструкции, как по внешним формам, так и по внутреннему устройству. При их разработке используются достижения практически всех авиационных дисциплин: аэродинамики, строительной механики, аэроупругости, материаловедения, производственных технологий, методов математического моделирования, методов оптимизации и многих других. При всей своей сложности, несущие поверхности всегда были и остаются предметом пристального внимания ученых различных специальностей [2].

Проработка конструкции крыла производится на начальных этапах разработки и проектирования, когда известны только первоначальные характеристики будущего летательного аппарата ЛА и по прототипам или эскизам конструктора при помощи системы геометрического моделирования создается внешний облик в виде математической модели поверхности. Но уже на данном этапе проектирования необходимо с достаточной степенью точности воссоздать внешний вид поверхности крыла, с последующей 3D-печатью или фрезерной обработкой. От точности изготовления модели зависят полученные

аэродинамические показатели в аэродинамических трубах или численные расчеты по конечным элементам.

Для конструктивной проработки следует использовать точную математическую модель поверхности крыла, полученную путем определения достаточных геометрических параметров: форма в плане, удлинение, сужение, стреловидность.

Удлинение крыла  $\lambda_{кр}$ , безразмерный параметр, вычисляется по формуле

$$\lambda_{кр} = \frac{l^2}{S_{кр}}, \quad (1)$$

где  $l$  – размах крыла;  $S_{кр}$  – площадь крыла в плане.

Возрастание удлинения ведет к возрастанию аэродинамического качества крыла, но понижает критерий его жесткости. У современных ЛА удлинение крыла находится в пределах от 2 до 10.

Аэродинамическое качество определяется как отношение подъемной силы  $Y$  к лобовому сопротивлению  $Q$  или дальности планирования  $L$  к высоте полета  $H$ , на которой произойдет отказ всех двигателей:

$$K = \frac{Y}{Q} = \frac{L}{H} \quad (2)$$

Сужение крыла вычисляется по формуле (3):

$$\eta = \frac{b_{корн}}{b_{конц}}, \quad (3)$$

где  $b_{корн}$  – корневая хорда крыла;  $b_{конц}$  – концевая хорда крыла.

Сужение обычно находится в пределах от 2 до 4,5. Увеличение сужения ведет к уменьшению массы крыла, но увеличивает склонность к концевым срывам потока, особенно на больших углах атаки.

Стреловидность крыла определяется углом, замеряемым между линией фокусов (1/4 хорд) и перпендикуляром к плоскости симметрии ЛА.

Все многообразие крыльев ЛА по форме в плане может быть сведено к трем основным типам: прямые, стреловидные, треугольные. Каждый тип крыла имеет разновидности.

Прямые крылья характеризуются малым (до  $15^\circ$ ) углом стреловидности, могут быть прямоугольной либо трапециевидной формы в плане.

Стреловидные крылья широко применяют на ЛА, летающих на околозвуковых и сверхзвуковых скоростях. В то же время стреловидные крылья по сравнению с прямыми имеют меньшие значения коэффициентов подъемной силы, что приводит к ухудшению взлетно-посадочные характеристики ЛА.

Треугольные крылья применяют на ЛА больших сверхзвуковых скоростей. Они имеют стреловидность по передней кромке более  $60^\circ$ , малое удлинение от 1,5 до 2 и большое сужение. Треугольные крылья обладают основными достоинствами стреловидного крыла[3]. Классификация крыльев по форме в плане представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация крыльев по форме в плане

Разработка САПР аэродинамических несущих поверхностей ЛА позволит повысить точность расчетов на ранних стадиях проектирования, которое в свою очередь позволит сократить многочисленные корректировки и снизить материальные и временные ресурсы (рисунок 2) [4].

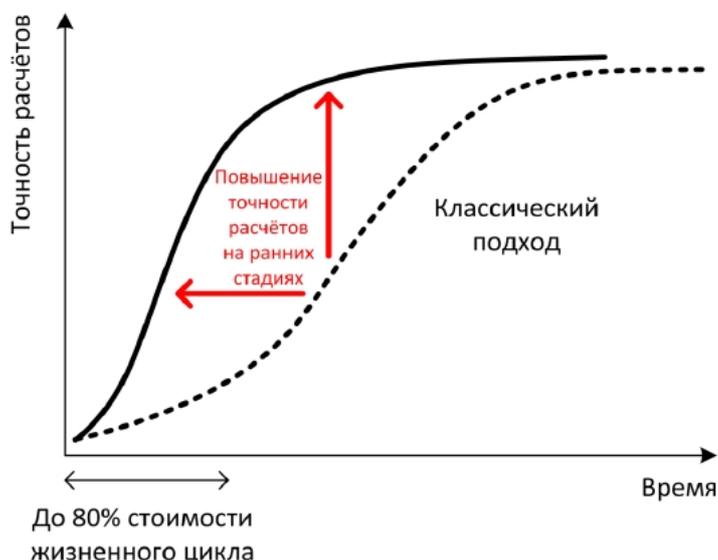


Рисунок 2 - Применение САПР в проектировании ЛА

#### Список литературы

1. Давыдов Ю.В., Злыгарев В.А. Геометрия крыла: Методика и алгоритмы проектирования несущих поверхностей. – М.: Машиностроение. 1987. – 136 с.
2. Болдырев, А.В. Проектирование крыльев летательных аппаратов с использованием 3D-моделей переменной плотности, учеб. пособие / А.В. Болдырев, В.А. Комаров; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т) □ Самара, 2011. □ 175 с.

3. *Корнеев В.М. Конструкция и эксплуатация воздушных судов для пилотов и бортинженеров. Конспект лекций. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2006.*
4. *Кузнецов, А.С. Выбор геометрических параметров самолёта интегральной схемы на основе высокоточного математического моделирования [Текст] / А.С. Кузнецов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.*