

**К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЛИКА
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТ САМОЛЕТНОЙ СХЕМЫ**

© 2013 А.В. Гордиенко, А.Д. Припадчев

Оренбургский государственный университет

Поступила в редакцию 26.09.2013

В представленной статье рассматриваются некоторые вопросы формирования облика беспилотного летательного аппарата (БЛА) самолетной схемы с применением систем автоматизированного проектирования, основанных на разработанном открытом программном обеспечении. В процессе рассмотрения вопросов был предложен подход использования САЕ-систем, как инструмент проектирования и верификации получаемых данных на всех этапах проектирования, с возможностью проработки одновременно сразу нескольких вариантов облика БЛА. Выделены наиболее значимые характеристики, влияющих на формирование облика БЛА.

Ключевые слова: облик, беспилотный летательный аппарат, открытое программное обеспечение, система автоматизированного проектирования.

Проектирование беспилотного летательного аппарата (БЛА) является сложной научно-технической задачей, решаемой поэтапным и многоуровневым процессом на основании имеющейся в техническом задании (ТЗ) информации.

Одним из важных этапов проектирования является формирование облика БЛА, так как облик – наиболее важная характеристика летательного аппарата, отражающая его схему, общий вид, структуру, принципы устройства и функционирования.

Традиционный вид проектирование БЛА представляется в виде несколько этапов [1, 2]:

- на первом этапе формируется предварительный облик БЛА – задача выбора аэродинамической схемы. Выбор производится на основе анализа уже существующих и перспективных вариантов схем. Помимо этого, выбирается тип двигательной установки, состав целевой нагрузки, системы управления, бортовое оборудование, конструктивно-силовая схема планера, массовые и геометрические параметры БЛА. В конце первого этапа БЛА приобретает некоторые реальные очертания, массово-габаритные, технические и эксплуатационные характеристики, которые уточняются на последующих этапах проектирования;

- на втором этапе осуществляется аэродинамическое проектирование ЛА, с помощью которого уточняют уже полученный предварительный облик и различные параметры. Уточнение проводится за счет количественных оценок, в ос-

нове которых лежит математическая модель БЛА. Формирование математической модели и ее решение является главным содержанием второго этапа [3]. Физическая модель отражает БЛА, который представляется как средство транспортировки полезной нагрузки при заданных условиях полета. Необходимая для полета энергия, обеспечивается двигателем. Взаимосвязь между характеристиками движения БЛА и расходуемой энергией отражают уравнения движения. Их решение позволяет рассчитать летно-технические характеристики БЛА, уточнить массовые характеристики, проверить достаточность запаса топлива для полета и оптимизировать наиболее важные параметры БЛА;

- на третьем этапе проводятся проверочные расчеты функциональных возможностей БЛА. На этом этапе исследуют и уточняют аэродинамические характеристики. В итоге определяют экономическую эффективность БЛА и, если она не является приемлемой, процесс проектирования начинают с самого начала.

При таком походе к проектированию БЛА одновременно можно проработать только один вариант облика, т.к. масштаб задачи слишком велик и обработка сразу нескольких вариантов не представляется возможным.

На сегодняшний день, средства инженерного анализа (Computer Aided Engineering – САЕ) – это разнообразные программные продукты, позволяющие при помощи расчётных методов (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объёмов) оценить, как поведёт себя компьютерная модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Помогают убедиться в работоспособности изделия, без привлечения больших затрат времени и средств [4].

*Гордиенко Александр Викторович, аспирант Аэрокосмического института ОГУ. E-mail: gordienko.av@yandex.ru
Припадчев Алексей Дмитриевич, доктор технических наук, доцент кафедры летательных аппаратов.
E-mail: apripadchev@mail.ru*

Современные CAE–системы применяются либо совместно с CAD–системами, либо интегрируются в них и образуют гибридные CAD/CAE–системы.

Наиболее известной интегрированной платформой для численного моделирования в мире свободного программного обеспечения является SALOME. В основе данной платформы лежит технология OpenCascade, которая используется во многих коммерческих продуктах, например, таких как Catia. SALOME предназначена для организации связи между различными этапами процесса проведения инженерных расчетов: подготовка исходных данных, расчет и анализ результатов. В платформе реализованы драйверы работы с такими инженерными форматами представления данных как I-DEAS IGES, BREP, HDF и MED, которые являются на сегодня стандартами де-факто и это позволяет использовать модели, разработанные с помощью других программных средств. Платформа SALOME является полностью модульной: в основе лежит ядро, написанное на языке C++ и обеспечивающее доступ к основным функциям с помощью архитектуры CORBA, что позволяет запускать отдельные компоненты на различных компьютерах и организовать распределенную среду вычислений. Все остальные модули (модуль работы с геометрией, модуль графического интерфейса, модуль построения расчетной, модуль визуализации и прочие) используют ядро для обмена информацией и выполнения своих собственных задач. Важной особенностью является возможность использования макро-языка Python для получения доступа ко всем операциям платформы – таким образом, любой набор инструкций может быть записан в файл выполнен надлежащее число раз с различными исходными параметрами без вмешательства оператора, либо, наоборот, любая последовательность действий пользователя может быть сохранена в файл.

Особую роль в проектировании любого летательного аппарата играют системы, включающие средства вычислительной гидродинамики (Computational fluid dynamics, CFD) – подраздела механики сплошных сред, состоящих из совокупности физических, математических и численных методов, предназначенных для вычисления характеристик потоковых процессов. Данные системы позволяют провести верификацию данных проектирования в области исследования аэродинамики летательного аппарата.

В качестве расчетного модуля платформы SALOME может выступать открытая интегрируемая система для численного моделирования механики сплошных сред OpenFOAM [5]. Код этой системы, разработан в Великобритании в

компании OpenCFD, Limited, и используется многими промышленными предприятиями более 12 лет. Свое название и идеологию построения код берет от предшественника FOAM (Field Operation And Manipulation), который является закрытым и продолжает развиваться параллельно с OpenFOAM.

В основе кода лежит набор библиотек, предоставляющих инструменты для решения систем дифференциальных уравнений в частных производных. Рабочим языком кода является C++. В терминах данного языка большинство математических дифференциальных и тензорных операторов уравнений в программном коде (до трансляции в исполняемый файл) может быть представлено в удобочитаемой форме, а метод дискретизации каждого оператора выбирается пользователем в процессе расчета. Таким образом, в коде полностью разделяются понятия расчетной сетки (дискретизации пространства и времени), дискретизации основных уравнений и методов решения алгебраических уравнений.

Данная платформа позволяет решать следующие задачи:

- прочностные расчеты;
- гидродинамика ньютоновских и неньютоновских вязких жидкостей как в несжимаемом, так и сжимаемом приближении с учётом конвективного теплообмена и действием сил гравитации. Для моделирования турбулентных течений возможно использование RANS-моделей, LES- и DNS-методов. Возможно решение дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых задач;
- задачи теплопроводности в твёрдом теле;
- многофазные задачи, в том числе с описанием химических реакций компонент потока;
- задачи, связанные с деформацией расчётной сетки;
- сопряжённые задачи;
- некоторые другие задачи, при математической постановке которых требуется решение дифференциальных уравнений в частных производных в условиях сложной геометрии среды;
- распараллеливание расчета как в кластерных, так и многопроцессорных системах.

Помимо этого, в платформе SALOME могут быть встроены модули средств визуализации и анализа данных - мультиплатформенный программный продукт с открытым исходным кодом ParaView, с его помощью можно создавать изображения данных, пригодные для презентации без дополнительной обработки.

Мы предлагаем использовать CAE-систему в качестве инструментов проектирования, а также для верификации получаемых данных, позволяющую с самого начала в режиме реального времени коррек-

тировать процесс проектирования на всех этапах. Кроме того, при таком подходе возможна проработка сразу нескольких вариантов облика БЛА с последующим выбором наиболее приемлемого.

Предлагаемый подход можно представить в виде следующих этапов:

- выбор параметров формирования облика БЛА;
- проектировочные расчеты основных параметров БЛА;
- построение геометрических моделей первого приближения;
- продувка вариантов в CFD-системе;
- определение основных аэродинамических характеристик;
- анализ результатов.

Основные этапы работы по проектированию БЛА следующие:

1. Выбор несколько вариантов предварительного облика БЛА и расчет их параметров.
2. Создание геометрической модели.
3. Создание в платформе SALOME расчетной сетки продувочной области.
4. Передача полученных данных в расчетный модуль OpenFOAM.
5. Представление результатов продувки в системе ParaView.
6. Анализ результатов, принятие решений.

При выборе вариантов, следует учитывать, что лишь часть характеристик оказывает существенное влияние на формирование облика БЛА. Наиболее значимыми являются:

Конструктивно-геометрические характеристики БЛА, включающие:

- конструктивно-геометрические характеристики крыла (удлинение λ , средняя относительная толщина крыла c , форма срединной поверх-

ности y_{cp} , объем крыла W);

- конструктивно-геометрические характеристики фюзеляжа (длина l_f , диаметр d_f , площадь миделевого сечения $S_{м.ф}$, удлинение фюзеляжа λ_f);
- конструктивно-геометрические характеристики оперения (статический момент площади горизонтального оперения $A_{z,o}$, статический момент площади вертикального оперения $A_{y,o}$, относительная площадь горизонтального оперения S).

ВЫВОДЫ

1. При данном подходе показана возможность проработки нескольких вариантов облика БЛА одновременно.

2. Предложена возможность формирования облика БЛА с использованием численного анализа его аэродинамических характеристик.

3. Предложен обзор свободного программного обеспечения для твердотельного моделирования и решения задач гидро-газодинамики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев И.С., Янкевич Ю.И. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты). М.: МАИ, 2006. 350 с.
2. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. [под ред. С.М. Егера]. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2007. 616 с.
3. Припадчев А.Д. Определение оптимального парка воздушных судов. Монография. М.: Академия Естествознания, 2009. 246 с.
4. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 336 с.
5. OpenFOAM (The Open Source CFD Toolbox): User Guide, Version 1.4 // OpenCFD Limited, April 2007.

THE QUESTION OF COMPUTER AIDED DESIGN SHAPE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE THE AIRPLANE SCHEME

© 2013 A.V. Gordienko, A.D. Pripadchev

Orenburg State University

In the present article discusses some of the issues of forming shape of unmanned aerial vehicle (UAV) aircraft's circuits using computer-aided design, developed based on open source software. In considering the question was proposed approach of using CAE-systems as a tool for the design and verification of the data at all stages of design, with the ability to simultaneously study several variants of the UAV shape. We select the most important characteristics that influence on the formation of UAVs.

Key words: shape, unmanned aerial vehicle, open source software, computer-aided design.

Alexandr Gordienko, Graduate Student at the Aerospace Institute OSU. E-mail: gordienko.av@yandex.ru

Alexey Pripadchev, Doctor of Technics, Associate Professor at the Aircraft Department. E-mail: apripadchev@mail.ru