

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЮЗЕЛЯЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА

Быкова И.С., Припадчев А.Д., Горбунов А.А.
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

Математическое моделирование занимает особое место в процессе инженерного анализа и проектирования воздушного судна (ВС). Под математической моделью фюзеляжа ВС будем понимать формально описанную систему, которая, отображая или воспроизводя объект исследования (фюзеляж), способна замещать его так, что ее изучение дает нам необходимую информацию об этом объекте.

После того, как четко сформулирована цель проектирования (определена целевая функция), необходимо составить наиболее полный перечень возможных решений. После этого составляется перечень существенных ограничений (летно-технические характеристики), которые должны быть учтены при принятии решения. Применение аналитических методов открыло широкую возможность для проведения параметрических исследований по определению влияния изменения проектных параметров и ограничений на технико-экономические характеристики ВС, это используется для решения задач по отысканию наивыгоднейших (оптимальных) параметров ВС, удовлетворяющих выбранному критерию оценки совершенства проектных решений. На вышеизложенных положениях основаны методы оптимального проектирования ВС [1]. При этом основной областью применения этих методов является не только общее проектирование ВС — определение основных параметров, аэродинамической схемы, компоновки, центровки и т.д., но и оптимизация отдельных агрегатов ВС — поиск наилучшей их "внутренней структуры", например, конструктивно-силовой схемы, его систем и т.п.

При оптимизации отдельно взятого агрегата возникает вопрос о правильном выборе критерия ее оценки.

В большинстве работ, посвященных оптимизации агрегатов, используются искусственные критерии оценки. Обычно в качестве такого критерия применяется минимум веса агрегата. При этом предполагается, что параметры, определяющие его форму и связь с другими агрегатами, неизменны. Однако можно показать, что во многих случаях это приводит к неверным результатам. Так, уменьшение веса фюзеляжа ВС за счет совершенствования его конструктивно-силовой схемы приводит к нарушению принятых условий неизменности: изменяются нагрузки на фюзеляж, характеристики пассажирского (или грузового) салона и т.д., установленные при оптимизации ВС в целом. Это требует изменения параметров, определяющих форму фюзеляжа, чего нельзя сделать, исходя из критерия минимума его веса.

Применение критерия оптимальности всего ВС для оптимизации агрегата вместо искусственного критерия требует оперирования математической моделью ВС в целом, учитывающей связи между отдельными его агрегатами и удовлетворяющей системе ограничений, вытекающих из заданных летно-технических характеристик. Использование при этом вместо приближенной математической модели агрегата (применяющейся при общем проектировании более точной, имеющей большее количество искомых параметров модели, которая и позволяет собственно оптимизировать "внутреннюю структуру" агрегата (например, основанной на методике конечного элемента), приводит к резкому увеличению времени решения подобных задач или вообще к возможности их реализации на современных электронно-вычислительных машинах (ЭВМ) [2].

Таким образом, после формализации на основе математического моделирования задача проектирования фюзеляжа может быть сведена к задаче нахождения глобального экстремума функции многих переменных (параметров) при ограничениях на эти параметры в виде заданных летно-технических характеристиках. Критерий после его установления не должен также требовать в процессе оптимизации частого обращения к общей математической модели ВС [3].

Построим схему математической модели всего ВС, рисунок 1.

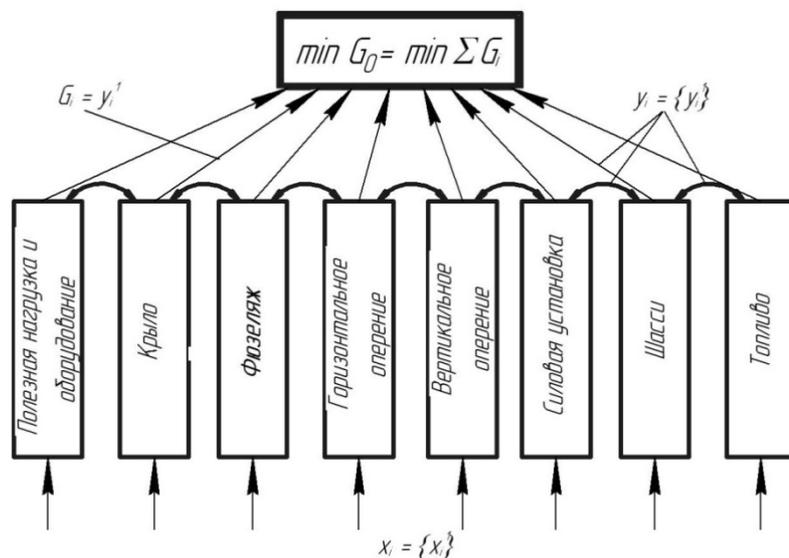


Рисунок 1 — Схема математической модели ВС

За критерий оценки ВС в этой модели принят минимум его взлетного веса ($\min G_0$), что позволяет при выбранной схеме ВС и заданных летно-технических характеристиках получить ВС, оптимальный и по другим критериям (себестоимость 1-го т-км, приведенные затраты и т.п.).

Принятая математическая модель воспроизводит ВС как сложную, двухуровневую иерархическую систему, на верхнем уровне которой находится ВС «в целом», представленный своим критерием оценки, а на нижнем — математические модели отдельных агрегатов (в том числе фюзеляжа). При этом

модель фюзеляжа характеризуется совокупностью своих выходных характеристик $y_i = \{y_i^1\}$ (весовых, функциональных и т.п., в частности, $G_i=y_i^1$), которые являются также зависимыми параметрами для других агрегатов (этим обеспечивается реализация в общей модели ВС взаимовлияния агрегатов). В то же время каждый агрегат имеет свою совокупность независимых параметров $x_i = \{x_i^1\}$ (абсолютные и относительные размеры и т.д.).

В дальнейшем будем предполагать, что известны функции, связывающие изменения выходных характеристик y с изменением независимых параметров x :

$$y_i = f_i(y, x_i), \quad (1)$$

а требования летно-технических характеристик, если они органически не вошли в математическую модель, представлены системой ограничений типа

$$g(y)=0. \quad (2)$$

При рассмотрении процесса проектирования фюзеляжа ВС необходимо выбрать те параметры, которые оказывают максимальное влияние на процесс проектирования этого агрегата, к которым относим конструктивно-геометрические, аэродинамические, массовые, прочностные, эргономические. Составляя математическую модель фюзеляжа ВС, невозможно исследовать одновременно в совокупности все отдельные множества вышеуказанных характеристик, поэтому подробнее их следует рассматривать отдельно.

Список литературы

1. *Егер С.М. Проектирование самолетов: учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. Под ред. С.М. Егера. – 4-е изд. – М.: Логос, 2005. – 648 с. – ISBN 5-98704-022-1.*
2. *Вопросы проектирования самолетов / под. ред. С.М. Егера: Тематический сборник научных трудов института. – Выпуск 394. – Москва, 1977. – 87 с.*
3. *Лэддон Л.С. Оптимизация больших систем. – Физматгиз, 1975.*