

УДК 656.7

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЛИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Припадчев А.Д., Межуева Л.В., Султанов Н.З.

*ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург,
e-mail: aleksejj-pripadchev@rambler.ru*

В статье предложены концептуальные основы, принципы построения и функциональные решения формирования облика летательного аппарата на этапе формализации проектной задачи. Определены основополагающие критерии, позволяющие на каждом иерархическом уровне расчленения системы объективно оценивать результаты проектирования с учетом построения математической модели и выбора оптимальности целевой функции на данном этапе, а также переменных и ограничений. В качестве одного из рассматриваемых критериев предлагается критерий прямых эксплуатационных расходов, т.к. процесс проектирования и не только связан с расходами. Что говорит о связи с конструктивно-геометрическими характеристиками проектируемого летательного аппарата, а они непосредственно влияют и на другие характеристики, такие как режимные, энергетические, технологические, прочностные и т.д. Сформулированная концепция описана на языке теории множеств.

Ключевые слова: летательный аппарат, облик, проектирование, экономическая эффективность

THE CONCEPTUAL BASES AIRCRAFT FIGURE DESIGNING

Pripadchev A.D., Mezhueva L.V., Sultanov N.Z.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: aleksejj-pripadchev@rambler.ru

The conceptual bases, constructing principals and functional decisions the aircraft design forming on the stage design ing task formalization are proposed. The basic principals are determined allowing deviation of the system on each hieratic level to estimate the design results including the construction of mathematical model, the choice of final optima function on the given stage and variable and restrictions too. The criterion of direct exploitation expenses is proposed as one of the considered criteria because designing process is connected not only with expenses. It explains the connection with constructive-geometrical characteristics of the aircraft design. Though they directly influence on the other ones such as regime, energetic, technological, durability and etc. The formulated conception is described by the language of multiplicity theory.

Keywords: aircraft, figure, desing (ing), economic effect

Обеспечение эффективного выполнения традиционных для летательных аппаратов (ЛА) функций является целью проектирования нового ЛА. Данную цель можно достичь с помощью решения проектных задач. Решение этих задач осуществляется в процессе аэродинамической компоновки ЛА на основе процедур с применением автоматизированных средств проектирования.

Успех автоматизации проектирования в значительной мере зависит от возможности и умения проектировщика корректно поставить задачу проектирования и дать заверченный алгоритм ее решения, т.е. формализовать ее. При этом необходимо учитывать, что три составляющие инженерного проектирования – изобретательство, анализ и принятие решений – не в одинаковой степени поддаются формализации. Это обстоятельство делает невозможным создание полностью автоматических систем проектирования, оставляя в качестве единственно возможного пути создание человеко-машинных систем автоматизированного проектирования.

В основе анализа и принятия решений, которые в значительно большей степени, чем изобретательство, подвержены формализации, лежит математическое и фи-

зическое моделирование. Математическое моделирование базируется на известных физических законах, описывающих отдельные аспекты проектирования ЛА. Физическое же моделирование направлено на исследование новых закономерностей, либо непредсказуемых теоретически, либо требующих экспериментальной проверки для подтверждения выдвигаемых гипотез. При этом, когда разрабатывается новый облик ЛА, базирующийся на еще не апробированных технических концепциях, роль и объем имитационного и физического моделирования возрастает, а следовательно, уменьшается возможная степень автоматизации проектирования облика ЛА.

Постановка проектной задачи

Задача проектирования облика ЛА формулируется следующим образом: найти такой вектор параметров, характеризующих форму, структуру и размеры ЛА, который бы обеспечивал удовлетворение требований и ограничений, предъявляемых к проектируемому облику ЛА, и достижение минимума (максимума) целевой функции.

При проектировании ЛА применяется символьное (числовое) представление их облика набором (вектором) параметров.

Число параметров, с достаточной степенью подробности характеризующих структуру, архитектуру и размеры ЛА и подлежащих определению в процессе формирования облика, достаточно велико. Вместе с тем, как показывает практика и теоретические исследования, наряду с такими показателями, как схема ЛА (нормальная, «утка», «бесхвостка» и т.д.), схема силовой установки (тип двигателей и воздухозаборников и т.д.), основными размерными параметрами, определяющими облик ЛА, являются проектное значение взлетной массы ЛА, площадь крыла и стартовая тяга двигателей. Таким образом, облик – это комплексная качественная характеристика, отражающая наиболее общие признаки объекта. Для ЛА такими общими признаками являются [1, 2]:

– компоновочная схема, определяющая взаимное расположение узлов, панелей, секций, отсеков, агрегатов и бортовых систем ЛА;

– аэродинамическая схема;
– конструктивная схема;
– тип полезной нагрузки, отражающей целевое назначение ЛА.

Вышеперечисленные составляющие облика имеют отношение ко всем типам ЛА.

При формализации процесс проектирования облика ЛА описывается математической моделью, которая позволяет перейти от решения отдельных задач к проектированию единой сложной системы. Взаимодействие всех параметров, связанных с идентификацией процесса проектирования, невозможно указать в математической модели, в связи с чем могут быть использованы имитационные и физические модели.

Имитационное моделирование представляет собой процесс, направленный на изучение свойств и поведения модели [5] (рис. 1).

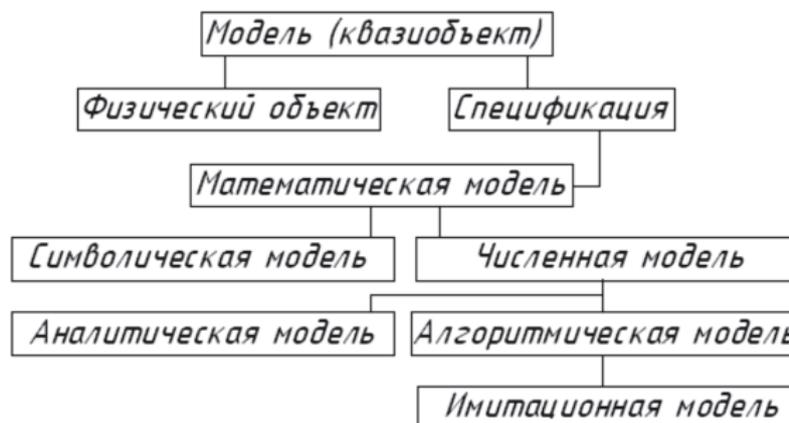


Рис. 1. Классификация моделей, используемых при автоматизированном проектировании

Применение имитационного моделирования дает возможность проводить вычислительные эксперименты на основе разработанной модели, позволяющей проследить изменение ее поведения в течение времени при заданных начальных условиях. В результате применения имитационного моделирования в автоматизированном проектировании облика ЛА получим экспериментальные данные, по которым можно проследить поведение модели с изменением времени, определить требуемые параметры при заданных конструктивно-геометрических и аэродинамических характеристиках, а также изучить свойства модели при заданной геометрии. Целью применения имитационного моделирования в рамках автоматизированного проектирования облика ЛА является определение аэродинамических характеристик ЛА при конструктивно-геометрических параметрах, заданных на этапе эскизного проектирования.

Под физическим моделированием облика ЛА понимается метод экспериментального изучения разработанных и построенных моделей путем продувок в аэродинамической трубе. Аэродинамическая труба – установка, создающая поток воздуха или газа для экспериментальных исследований, направленных на изучение явлений, сопровождающих обтекание тел.

В зависимости от постановки задачи проектирования отдельные параметры могут переходить в категорию ограничений, а ограничения могут переходить в параметры. Тем не менее разделение всех переменных по категориям – необходимый этап формализации проектной задачи.

Решение проектной задачи

Определение критериев, позволяющих на каждом иерархическом уровне расчленения системы объективно оценивать результаты проектирования, находить для каждо-

го элемента подсистемы такие параметры, которые обеспечивают высокую эффективность системы в целом, – важный этап формализации проектной задачи.

В качестве критериев оптимальности – целевой функции $F(x)$ для ЛА – на рассматриваемом этапе могут быть приняты прямые эксплуатационные расходы (ПЭР), себестоимость тонно-километра, топливная эффективность и т.д. Выбор того или иного из них определяется назначением проектируемого ЛА и постановкой задачи.

Всякий эффект связан с расходами, они многообразны и характеризуются набором затрат – $C_k, k = \overline{1, l}$. Таким образом, в процессе формирования облика ЛА его конструктивно-геометрические характери-

стики находятся в определенном взаимодействии с параметрами эффекта (показатели, дающие оценку результативности процесса пассажирских перевозок или выполнению работ) – производственные расходы, в т.ч. расход топлива, производительность ЛА, интенсивность движения на линии, которые устанавливаются взаимосвязью с Э – экономической эффективностью [4]. В качестве наглядности геометрическое представление этих характеристик как элементов соответствующих пространств можно представить в соответствии с рис. 2, в каждом из этих пространств существуют области допустимых значений, выделяемые всякого рода ограничениями физического, технического, экономического или какого-либо другого характера – W^0, X^0, C^0 [3].

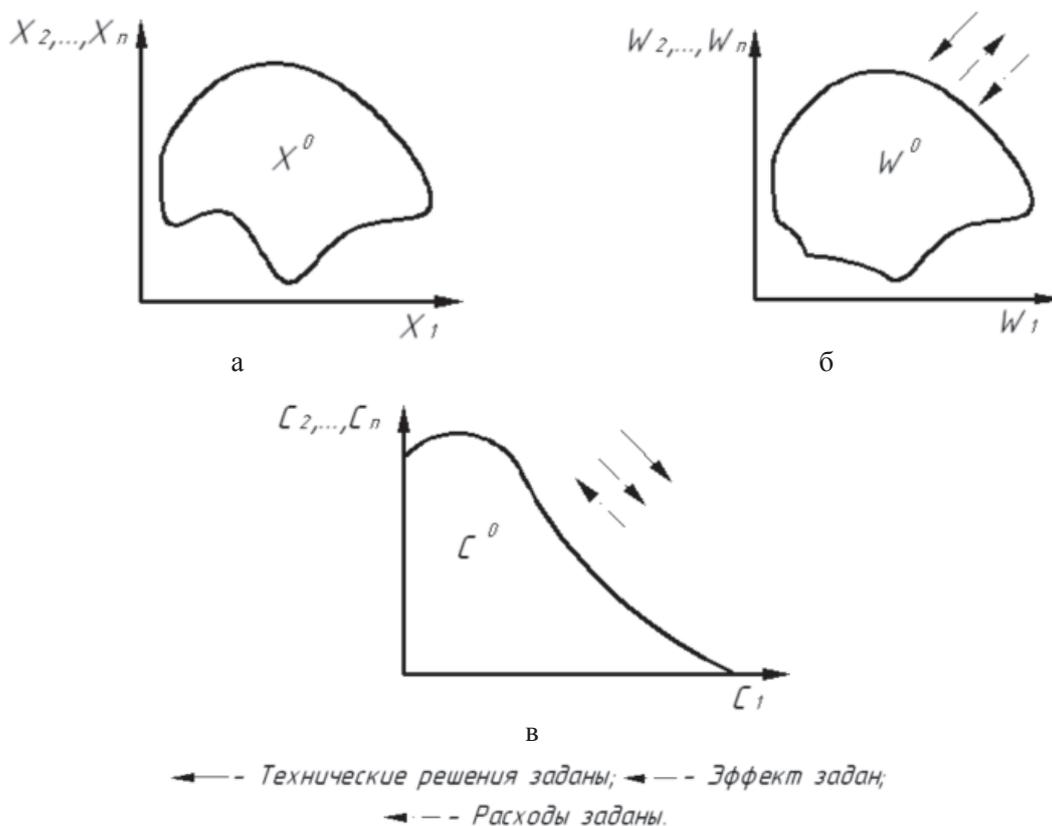


Рис. 2. Пространства области допустимых значений:
а – физические ограничения; б – технические ограничения; в – экономические ограничения

Согласно проведенному анализу исследований, комплексно задачу по автоматизированному проектированию облика ЛА и рационального использования ЛА не рассматривали, в связи с чем предлагаем следующую концепцию.

Под концепцией понимаем систему взглядов и перечень основных принципов проектирования (построения) ЛА (технических решений), принимаемых в процессе ее формирования. Описание концепции удобно

проводить на языке теории множеств. Поскольку множество может быть задано перечислением – списком своих элементов, рассмотрим, как должен формироваться такой список.

Для «полного» описания концепции достаточно указать n ее составляющих (признаков), и пусть i -я составляющая имеет m_i альтернативных реализаций (альтернатив). Тогда полный список, включающий перечень альтернатив, определит допустимое множество концепций K^0 (рис. 3).

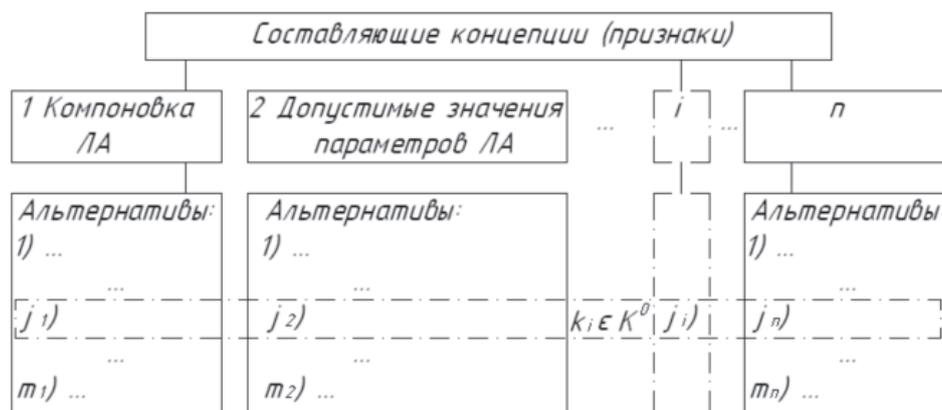


Рис. 3. Допустимое множество концепций

Рассмотрим одну из конкретных концепций $k_j \in K^0$, содержащихся в множестве концепций (рис. 3). С этой целью для каждой составляющей зафиксируем одну из возможных альтернатив. В результате конкретную концепцию можно определить как вектор по формуле

$$k_j = (j_1, j_2, \dots, j_n), \quad (1)$$

где j_i – альтернатива, соответствующая первому признаку.

Формула (1) означает, что первому признаку соответствует альтернатива j_1 , второму – j_2 и т.д., т.е. каждое j_i есть просто цифра, соответствующая порядковому номеру альтернативы.

Рассмотрим вопрос о количестве концепций, содержащихся в нашем списке. На основе теоремы о мощности множества вычисляем по формуле

$$N = \prod_{i=1}^n m_i. \quad (2)$$

Все вышеизложенное позволяет выделить следующие отличительные особенности рассмотренного подхода, реализация которого предоставляет новые возможности при решении задачи проектирования и проектирования облика ЛА.

1. Показана необходимость концептуального подхода в этапах проектирования ЛА, где основополагающими являются характеристики, влияющие на экономическую эффективность нового ЛА.

2. В результате вышесказанного мы формализовали понятие концепции, ввели описание для допустимости множества концепции и получили формулу для общего числа концепций.

Работа выполнена в рамках соглашения № 14.В37.21.0409 от 06.08.2012 г. ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Список литературы

1. Егер С.М. Проектирование самолетов: учеб. для вузов. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 616 с.

2. Матвеев А.М. Самолеты и вертолеты. Т. IV–21. Проектирование, конструкции и самолетов и вертолетов : энциклопедия. – кн. 2. – М.: Машиностроение, 2004. – 752 с.

3. Нестеров В.А. Основы проектирования ракет класса «воздух-воздух» и авиационных катапультных установок для них: учеб. – М.: Изд-во МАИ, 1999. – 792 с.

4. Припадчев А.Д. Определение оптимального парка воздушных судов : монография. – М.: Академия Естествознания, 2009. – 246 с.

5. Припадчев А.Д. Применение метода линейного программирования при автоматизированном проектировании дополнительных аэродинамических поверхностей / А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов // Программные продукты и системы. – 2012. – № 4. – С. 203–206.

References

1. Eger S.M. Aircrafts Designing: Textbook for High Educational Institution. The third Edition. M.: Engineering, 2007. 616 p.

2. Matveyenko A.M. T.IV–21. Designing, Constructions of Aircrafts and Helicopters: Encyclopedia. book 2. M.: Engineering, 2004. 752 p.

3. Nesterov V.A. Basis of Rocket Designing class «Air-Air» and Aviation Catapult Units for them. M.: Publishing House MAI, 1999. 792 p.

4. Pripadchev A.D. The Determination of optim Flying Stock: monography. M.: Natural History Academy, 2009. 246 p.

5. Pripadchev A.D., Gorbunov A.A. Use the linear programming for cad designing of additional aerodynamic surfaces. M.: Programmnye produkty I sistemy, 2012. 280 p.

Рецензенты:

Кушнаренко В.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой деталей машин и прикладной механики, ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Поляков А.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ТММСК Аэрокосмического института, ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Дмитриев В.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой точного приборостроения, Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.

Бошнятов Б.В., д.т.н., ведущий научный сотрудник, ФГБУ Институт прикладной механики РАН, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 16.04.2013.