

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СБОРКИ САМОЛЁТОВ

Тлустенко С.Ф.

*Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва*

Аннотация: разработаны методы моделирования и синтеза интегрированных систем производства летательных аппаратов на базе топологического описания технологических потоков. Показан метод поиска оптимального решения при численном решении задачи по целевой функции, которая в общем виде может быть нелинейной и многоэкстремальной. Предложен подход к поиску оптимальных решений, предполагающий использование генетических алгоритмов на основе некоторой совокупности допустимых решений, с учетом неоднородности пространства критериев, вида и диапазона значений граничных условий.

Ключевые слова: топологическое описание, критерии оптимальности, структурно – алгоритмические методы, технологическая сборка, математическое моделирование.

Проблемы и специфика функционирования предприятий аэрокосмической промышленности в настоящее время объективно связаны, с одной стороны, с возрастающей сложностью всех компонентов систем, с другой стороны – ограниченностью при заданных условиях финансирования не только материальных, но и интеллектуальных ресурсов. Существующие структурно – алгоритмические методы анализа и синтеза интегрированных систем различного уровня иерархии удовлетворяют требуемым показателям оптимальности технологических систем, как правило, лишь по определённым показателям (надежность, качество, конкурентоспособность и др.).

Поиск оптимального решения при численном решении задачи связан с ее размерностью и видом оптимизируемой (целевой) функции, которая в общем виде может быть нелинейной, недифференцируемой и многоэкстремальной. Другие подходы к поиску оптимальных решений, например, использование генетических алгоритмов на основе некоторой совокупности допустимых решений, с учетом неоднородности пространства критериев, вида и диапазона значений граничных условий не всегда приводят

к упрощению решений задач при заданной точности получаемых результатов.

В качестве эффективного и наглядного (легко моделируемого) способа решения задач оптимизации в процессах синтеза организационно-технических структур и поддержки инновационных проектов предлагается метод топологического описания вариантов технологических структур как системного множества непересекающихся классов их образующих с определенными свойствами (признаки, значения, связи и др.). Такой подход связан с построением однородного графа исследуемой системы, вместо графа общего вида, для устранения неоднозначности топологического описания системы при ее оптимизации в процессе решения задач поиска экстремума адекватных аналитических функций.

Построим смешанный и обобщенный сигнальный графы исследуемой технологической системы (ТС), не содержащей задающих источников. Получаем возможность отождествления с исходным базисом проектных параметров технологической системы любых отображений получаемых решений в задачах оптимизации в указанных смешанном и обобщенном сигнальных графах. Тогда искомая передаточная функция в путях графа имеет вид:

$$T_{kl} = \frac{X_k}{g_l} = \frac{\sum_s P_{kl}^{(s)} \cdot \Delta^s}{\Delta_e},$$

где T_{kl} - передаточная функция,

X_k, g_l – переменные,

Δ_e - определитель однородности графа,

$P_{kl}^{(s)}$ – вес S-го пути в вершину X_k от вершины X_e ,

$\Delta^{(s)}$ - определитель графа, не относящегося к S- пути.

После ряда подстановок и преобразований, получим топологическую формулу для расчета относительной чувствительности передаточной функции T_{kl} к вариации параметра ω :

$$S = \frac{\partial T_{kl}}{\partial \omega} \cdot \frac{\omega}{T_{kl}} = \frac{\Delta_o}{\Delta} = \frac{\left[\sum_s P_{kl}^s \cdot \Delta^{(s)} \right]_o}{\sum_s P_{kl}^{(s)} \cdot \Delta^{(s)}}.$$

Дальнейшим развитием этого метода является интегральное представление компонент ТС как сложных компонент на всех этапах исследования. Например, рассмотрим детерминированный вариант двухуровневой ТС, состоящей из центрального органа управления ТС и некоторого количества “n” исполнительных элементов (ИЭ). В этом случае центральный орган в ТС координирует работу ИЭ с помощью генерации адекватных воздействий в виде технологических заданий X_i , а управляемые ИЭ осуществляют их реализацию, используя свои программные функциональные возможности после поступления на их вход сигналов управления для решения задач оптимизации соответствующих функций цели. По характеру воздействия ИЭ на работу ТС оценивается качество управления технологическими процессами.

Для построения математической модели варианта детерминированной двухуровневой системы опишем в формализованном виде модель функционирования ИЭ, состоящей из модели ограничений и целевой функции. Модель ограничений описывает производственные возможности ИЭ, определяемые технологическими и материальными ресурсами. Каждый ИЭ должен определять такие значения производственных параметров ТС r_i , ($i=l, r$) из множества их допустимых значений $Y_i(n)$, ($i=l, n$), которые оптимизируют его функцию цели. Параметры r_i принадлежат заданному множеству ($i=1, n$) и характеризуют специфику функционирования ТС (нормы расхода, технологические режимы, материальные ресурсы и другие параметры ТС).

Пусть целевыми функциями для каждого элемента являются функции вида $f_i(r_i, y_i)$, ($i=l, n$), величины, которые характеризуют степень соответствия наблюдаемых результатов поставленным целям и отражают качество срабатывания элементов в системе управления. В качестве целевой функции

может быть качество, ритмичность работы ТС, устойчивость, надёжность и др.

После формулировки содержания целевой функции при заданном множестве допустимых значений её состояний модель функционирования ИЭ будет иметь вид:

$$f_i(r_i, y_i) \rightarrow \max_{y_i \in Y(r_i)} \quad (i=1, n) \quad (1)$$

Активность ИЭ в процессе ритмичной работы ТС, как следует из модели, проявляется в выборе таких y_i , которые могли бы обеспечить максимальное значение целевой функции.

Обозначим через $P_i(z_i, f_i)$, $(i=1, n)$ множество производственных параметров i -го элемента, на котором достигается максимум его целевой функции:

$$P_i(n, f_i) = \text{Arg max}_{y_i \in Y_i(r_i)} f_i(r_i, y_i),$$

Примем, что $g_i(r_i, y_i)$, $(i=1, n)$ представляют собой значения целевых функций элементов при $y_i \in P_i(r_i)$, $(i=1, n)$:

$$g_i(r_i, f_i) = \text{Arg max}_{y_i \in Y_i(r_i)} f_i(r_i, y_i), \quad (2)$$

Величины $g_i(r_i, f_i)$ представляют собой максимальные значения показателей эффективности функционирования ИЭ, которых они могут достичь при заданных критериях и заданных материальных и технологических ресурсах. Эти состояния, выбранные ИЭ на основании своих локальных критериев $f_i(r_i, y_i)$, могут отличаться от состояний, определенных на основании критерия f_0 , характеризующего эффективность всей ТС в целом. В связи с этим в иерархической производственной системе возникает противоречия и снижается эффективность ее работы, что требует разработки программ управления ТС, построенных на принципе функционирования с контролем в системе обратной связи

Речь идет о том, что программа управления, построенная на принципе обеспечения эффективности функционирования ТС в целом, по принципу

работы в системе обратной связи управляет в динамике работой всех элементов ТС. Таким образом, обеспечивается реализация в производстве конкретной целевой функции, соответствующей плановым заданиям каждому из элементов ТС.

Пусть x_i , $(i=l, n)$ - плановые задания управляющего центра для элементов, а $f_i(x_i)$, $(i=l, n)$ - значения их целевых функций при реализации этих заданий. Сравнивая значения целевых функций $g_i(n, f_i)$, $(i=l, n)$, определяемых в соответствии со значениями $f_i(r_i, x_i)$, $(i=l, n)$ для каждого ИЭ, можно сделать вывод о наличии противоречий в управляющей системе. Так, если анализируемая величина имеет следующее значение:

$$\Delta g_i(x_i) = g_i(r_i, f_i) - f_i(r_i, x_i) > 0, (i=1, n), \quad (3)$$

то целевые функции i -го элемента системы или i -го ИЭ при реализации заданий программы управления уменьшатся на величины $\Delta g_i(x_i)$. Таким образом, необходимым условием сбалансированности работы ТС по критериям обеспечения заданных значений целевых функций ИЭ и центра управления является условие достижения для каждого элемента $\Delta g_i(x_i)$, $(i=l, n)$ отрицательного значения, т.е.:

$$\Delta g_i(x_i) \leq 0 \quad (4)$$

Разность $\Delta g_i(x_i)$, $(i=l, n)$, определяемая в соответствии с (3), является количественной мерой противоречивости (несоответствия) между задаваемыми параметрами управляющей системой и фактическими параметрами функционирования ТС по достигаемым значениям целевых функций для каждого ИЭ.

Следовательно, при этом обеспечивается возможность формирования некоторых системных множеств допустимых значений произвольных параметров $Y_i(r_i)$ и параметров достигаемых уровней разных значений целевой функции i -го ИЭ. Это позволяет формировать базы данных по характеристикам ИЭ вида:

$y_i = \text{Arg max } f_i(r_i, y_i)$ - локально-оптимальные значения показателей i -го элемента;

$x_i = (x1_i, x2_i)$ - программные задания центра;

$Y_i(r_i)$ - множество допустимых состояний i -го элемента.

Исследуем ситуацию, когда каждому элементу со стороны центра заданы значения технологических показателей $x_i = (x1_i, x2_i)$, реализация которых обеспечивает достижение им в текущий момент времени значения целевой функции, равного $f_i(r_i, x_i)$, в то время как реализация оптимальных состояний $y_i = (y0_1, y0_2)$ позволяет получить большие значения на величину $\Delta g_i(x_i)$ целевой функции $f_i(r_i, y0_i)$, что создает противоречивую ситуацию в ТС, заключающуюся в необходимости ведения непрерывного контроля и управления режимами работы ТС со стороны АСУ ТП, что требует теоретического обоснования процессов выбора критериев работы ТС в конкретных условиях производства и величин их значений.

Для этого будем называть производственные задания $x_i, (i=1, n)$ согласованными для каждого элемента ТС, если имеет место выполнение неравенства (4). Таким образом, под согласованной организацией и упорядочиванием взаимодействий понимается такое состояние ТС, когда реализация плановых управляющих воздействий в соответствии со сформулированной задачей обеспечивает максимальное значение целевых функций ИЭ ТС.

Из этого следует, что для обеспечения согласованного взаимодействия управляющего центра и элементов ТС должно выполняться следующее условие:

$$x_i \in P_i(r_i, f_i), (i=1, n). \quad (5)$$

Таким образом, множество согласованных производственных параметров, каждое значение которого в случае его реализации ИЭ обеспечивает максимум целевой функции, имеет вид:

$$S_i = \{x_i \in Y_i(r_i, x_i) / \Delta g_i(x_i) \leq 0\}, (i=1, n). \quad (6)$$

Список использованных источников

1. Раков Д.Л., Синёв А.В. Структурный анализ новых технических систем на базе морфологического подхода в условиях неопределённости//Проблемы машиностроения и автоматизации. 2014. №3. С.60-66.
2. Ульянов М.В. Ресурсно-эффективные компьютерные алгоритмы. Разработка и анализ. М.: Физматлит , 2008. 304с.
3. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория / пер. с англ. М.: Айрис-пресс, 2002. 576с.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR SOLVING PROBLEMS OF ORGANIZATION OF INTERACTION BETWEEN STRUCTURAL COMPONENTS OF THE TECHNOLOGICAL SYSTEM OF AIRCRAFT ASSEMBLY

S.F. Tlustenko

Russia, Samara University

Abstract: methods for modeling and synthesizing integrated production systems for aircraft based on a topological description of technological flows have been developed. A method is shown for finding the optimal solution for the numerical solution of the problem by the objective function, which in general can be nonlinear and multiextremal. An approach to the search for optimal solutions suggesting the use of genetic algorithms based on a certain set of feasible solutions, taking into account the heterogeneity of the criteria space, the type and range of values of the boundary conditions, is proposed.

Keywords: topological description, optimality criteria, structural algorithmic methods, technological assembly, mathematical modeling.