

ХII Всероссийская научно-практическая конференция

*Математические модели современных экономических процессов,
методы анализа и синтеза экономических механизмов.*

Глуспенко С.Ф., Сопляков А.С. Методика моделирования и исследования технологических систем сборочного производства летательных аппаратов по критерию минимизации ресурсов / С.Ф. Глуспенко, А.С. Сопляков // Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России: сб. ст. ХII Всерос. науч.-практ. конф. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук.; Самар. нац. исслед. ун-т им. С.П. Королева, под ред. Д.А. Новикова – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2018. - С. 91–96.

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМИЗАЦИИ РЕСУРСОВ

Глуспенко С.Ф., Сопляков А.С.

*Российская Федерация, г. Самара,
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва*

Аннотация: разработана методика оптимизации производственных функций для предприятия в условиях ограничения производственных ресурсов. Предложен способ задания производственных функций по трудовым ресурсам в зависимости от топологических схем технологических потоков. Разработан метод системного анализа динамики агрегатно-сборочного производства летательных аппаратов и построения оптимальных в основном по быстродействию расписаний технологических потоков по отдельным переходам и операциям, а также разработан метод построения различных по назначению и по степени эффективности технологических схем с учетом вариативности пространства критериев, вида и диапазона их значений по заданным граничным условиям.

Ключевые слова: технологическая система, целевая функция, варианты оценок, критерии оптимальности, структурно – алгоритмические методы анализа и синтеза, математическое моделирование.

Математическую модель технологической системы агрегатно-сборочного производства в базовом варианте рассмотрим в виде:

$$\sum_M \sum_X \{ \{M\}, \{x\}, F \},$$

где $\sum_M \sum_X$ – модель системы; \sum_M – совокупность элементов в ней; $\{x\}$ – совокупность связей; F-характерная функция или новое свойство системы.

По задаваемому критерию постановка и решение задач заключается в распределении производственных требований между технологическими переходами таким образом, чтобы обеспечить минимальное время t_{\min} выполнения n -требований при заданных ограничениях.

Без учета времени поступления требований и при отсутствии ограничений необходимо разбить $N=\{1,2,\dots,n\}$ на k непересекающихся подмножеств K_j ($j = 1,2,\dots,k$) к упорядочению внутри каждого из них. В качестве основного критерия разбиения, обеспечивающего оптимальность процессов обработки требований по быстродействию, выбираем:

$$\max T_j \rightarrow \min, \quad (5)$$

где $T_j = \sum t_{ij}$ – общее время загрузки j -го рабочего места при условии: $i \in e_j$; $t_{ij} > 0$, $i = 1,2,\dots, n$; $j = 1,2,\dots, K$

$$K_r \cap K_e = \emptyset, r, e = 1,2,\dots, K; r = e \quad (6)$$

$$\cup K_j = N, \quad |K_j| < \tau_j; 0 \leq \tau \leq n, \text{ или } T_j \leq T_{j\text{доп}}, \quad (7)$$

где $|K_j|$ – число элементов подмножества K_j ;

τ_j – ограничение на число требований, назначаемых на j -рабочее место;

$T_{j\text{доп}}$ – ограничение на временную загрузку j -рабочего места.

Необходимо разработать вариативные методы решения с допустимой степенью точности таких целочисленных задач, в том числе и как задач минимизации суммарного и максимального запаздывания в обслуживании технологических требований. Для построения оптимальных в основном по быстродействию расписаний также разработаны различные по назначению и по степени точности схемы с применением метода "ветвей и границ" применительно к агрегатно-сборочному производству летательных аппаратов (АСП ЛА), в отличие от более общих ситуаций. Соответственно в данной работе рассмотрен алгоритм точного решения с использованием в том числе как метода ветвей и границ, так и древовидных порядков и методов тензорного

вычисления, реализованных на комплексе ЭВМ с построением комплекса прикладных методик следующего содержания.

Допустим, что $y < n$ требований распределены по рабочим местам, и $K_{jy} \{j = 1, 2, \dots, K\}$ – частично сформированные подмножества, при этом загрузка производственного участка составит:

$$T_{jy} = \sum t_{ij}, \text{ где } j = 1, 2, \dots, K; \quad i \in K_j \quad (8)$$

Далее полагаем, что если каждое из оставшихся $n-y$ требований будет выполнено с максимальной для него производительностью, при этом $v_i = \min t_{ij}$, $i = y+1, y+2, \dots, n$, а также требования будут распределены с учетом оптимальной загрузки рабочих мест, когда обеспечивается в том числе и равномерность их загрузки, то номера рабочих мест для требований $n-y$ определяются первыми членами последовательности $\gamma(j_1, j_2, \dots, j_k)$, отвечающей последовательности:

$$T_{j_1 y} \leq T_{j_2 y} \leq \dots \leq T_{j_s y} \leq \dots \leq T_{j_k y},$$

$$\text{при этом: } \delta = k, \text{ если } y \leq (n - k), \text{ или } (n - y), \text{ если } y \geq n \quad (9)$$

Тогда условное время занятости при указанных предположениях для каждого из рабочих мест составит:

$$T_y = (\sum T_{isy} + \sum v_i). \quad (10)$$

Для любого реального распределения справедливо соотношение:

$$\max T_j \geq \max \{T_y, T_{jn}\}; \quad K_{jy} \in K_j. \quad (11)$$

Также дополнительно в силу целочисленности задачи:

$$\max T_j \geq \max v_i \quad (12)$$

Полученные после вычислений зависимости использовались для оценки нижней границы решения в зависимости от распределения первых y требований, а сама оценка имеет вид

$$T_{yj} = \max \{T_y; T_{jny}; \max v_i\}; \quad y+1 \leq i \leq n \quad (13)$$

где наибольшая из величин T_y ; T_{jny} определяет общее время загрузки производственного участка с заданными параметрами по начальным условиям, а T_{yj} является нижней границей варианта распределения, в котором у-требование назначено на j рабочее место [1].

Зависимость (12) позволяет установить начальную нижнюю границу T_0 всего множества планов. Для этого необходимо и достаточно положить, что $y=0$; ($\delta=k$), тогда:

$$T_0 = \max \sum v_i; \quad (14)$$

Поиск оптимального решения состоит в направленном движении по вершинам дерева вариантов } распределения требований. Полученные варианты оцениваются по (13), а вершина, соответствующая варианту с наименьшей оценкой, определяется

$$T_{ур} = \min T_{yj}, 1 \leq i \leq k. \quad (15)$$

Такая вершина выбирается в качестве активной составляющей для дальнейшего ветвления. Оптимальным признается такое решение, когда дерево вариантов не имеет концевых вершин со следующими оценками:

$$T_{ij} < T^*, \text{ при } j = 1, 2, \dots, k \quad (16)$$

где $T^* = \max T_j$ – оптимальное значение целевой функции по задаваемым граничным условиям и критериям.

Для ускорения процедуры проверки может быть введено дополнительное ограничение вида:

$$v = t_{ij}, \text{ при } t_{ij} \geq T^* - T_{jy}, i = y+1, y+2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, K.$$

Таким образом, в условиях возрастающей сложности всех компонент технологических систем производства летательных аппаратов при заданных ресурсах повышается эффективность использования существующих структурно – алгоритмических методов анализа и синтеза интегрированных

систем различного уровня, удовлетворяющих требуемым показателям оптимальности технологических систем и эффективности производства.

Список литературы

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.
4. Кузнецов, Б.Т. Инновационный менеджмент : учебное пособие / Б.Т. Кузнецов, А.Б. Кузнецов. - М. : Юнити-Дана, 2015. - 364 с. :

METHODS OF MODELING AND RESEARCH OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF ASSEMBLY PRODUCTION OF AIRCRAFT ON THE CRITERION OF MINIMIZING RESOURCES

S.F. Plustenko, A.S. Sopyakov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Abstract: the technique of optimization of production functions for the enterprise in the conditions of limitation of production resources is developed. The proposed method of specifying production functions in manpower depending on the topology process flow diagrams. The developed method of systemic analysis of the dynamics of Assembly production of aircraft and the construction of optimal mainly on the performance schedules of the process streams for the individual transitions and operations, and developed a method of constructing a different purpose and according to the degree of efficiency of the technological schemes with consideration of variability in the space of criteria, the type and range of values for the given boundary conditions.

Keywords: technological system, target function, variants of estimates, optimality criteria, structural and algorithmic methods of analysis and synthesis, mathematical modeling.

References

1. Rakov D.L., Sinev A.V. Structural Analysis of New Technical Systems Based on the Morphological Approach in Conditions of Uncertainty // Problems of Mechanical Engineering and Automation. 2014. №3. Pp. 60-66.
2. Ul'yanov MV Resource-efficient computer algorithms. Development and analysis. Moscow: Fizmatlit, 2008. 304p.
3. Intriligator M. Mathematical methods of optimization and economic theory / trans. With the English. Moscow: Iris Press, 2002. 576p.
4. Kuznetsov, B. T. Innovation management : textbook / B. T. Kuznetsov, A. B. Kuznetsov. - Moscow: Unity-Dana, 2015. - 364 p. :