

ХII Всероссийская научно-практическая конференция

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

Глустенко С.Ф., Сопляков А.С. Математическое моделирование и анализ технологических систем в авиастроении на базе матричного представления затрат по отдельным модулям сборочной единицы / С.Ф. Глустенко, 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. 84–91.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АВИАСТРОЕНИИ НА БАЗЕ МАТРИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗАТРАТ ПО ОТДЕЛЬНЫМ МОДУЛЯМ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

Глустенко С.Ф., Сопляков А.С.

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

Аннотация: представлены результаты моделирования и исследования технологической системы агрегатно-сборочного производства летательных аппаратов с разработкой методики матричного представления затрат по специфическим технологическим модулям, соответствующих рациональным техническим решениям в пределах конкретной сборки. Элементы матрицы в этом случае можно суммировать системно в пределах допустимых значений параметров вариантов исполнения процессов при нормированных ресурсах производства в зависимости от количественного значения заданных ограничений на схему сборочного пространства в зависимости от условий постановки технологических задач

Ключевые слова: математическое моделирование, матрицы, модель, параметры проекта, сборочное пространство, структура, оптимизация.

Выбор оптимальной структуры технологической системы (ТС) агрегатно-сборочного производства летательных аппаратов (АСП) и базовых технологических процессов связан, в частности, с оценкой их эффективности при некотором количестве допустимых вариантов исполнения при нормированных ресурсах. В предлагаемой методике оптимизация ресурсов многономенклатурного сборочного производства разрабатываемой модели ТС определим множество значений характерных параметров j -го изделия с точки зрения затрат производственных ресурсов, рассмотрим вариант

формализованного представления одного из методов его оптимизации. На этапе технологического анализа целесообразно введение матричного представления затрат по отдельным модулям, сопутствующих подбору рациональных технических решений в пределах некоторой сборки.

Элементы матрицы в этом случае можно суммировать лишь построчно (потребление ресурсов одного вида). Для i -й строки имеем:

$$\{ n_{ij} \}_l = n_{11} + n_{12} + \dots + n_{ij} + m_i = m_i + \sum_{j=1}^l n_{ij}, \quad (1)$$

где n_i - величина i -го ресурса на j -ый элемент сборки, а m_i - на всю сборку.

После суммирования элементарных затрат по всем строкам получим сводную матрицу затрат :

$$\|N_{ij}\| = \begin{bmatrix} m_1 & + & \sum_{j=1}^{\ell} n_{1j} \\ m_2 & + & \sum_{j=1}^{\ell} n_{2j} \\ \dots & & \dots \\ m_k & + & \sum_{j=1}^{\ell} n_{kj} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Перемножим элементы матрицы (2) на соответствующие им элементы матрицы весовых коэффициентов $\{ n_{ij} \}_l$ согласно условию (1):

В результате получим матрицу производственных затрат (3):

$$\left\| \overline{N}_{ij} \right\| = \begin{bmatrix} a_1 m_1 + a_1 \sum_{j=1}^{\ell} n_{1j} \\ a_2 m_2 + a_2 \sum_{j=1}^{\ell} n_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ a_k m_k + a_k \sum_{j=1}^{\ell} n_{kj} \end{bmatrix}$$

Тогда с учётом формализованного представления всех видов ресурсов, включая ресурсы на межоперационном хранении и на паллетах с компонентами сборок, придаём элементам матрицы общую, одинаковую для всех видов ресурсов размерность. При этом элементы матрицы-столбца, выраженные в одних и тех же единицах, могут быть просуммированы:

$$\left\| \overline{N}_{ij} \right\| = \sum_{i=1}^k a_i m_i + \sum_{i=1}^k a_i \sum_{j=1}^l n_{ij} \quad (4)$$

После преобразований (4) получим: $\left\| \overline{N} \right\| = \overline{M} + \sum_{j=1}^l \overline{n}_j$. Также:

$$\overline{M} = \sum_{i=1}^k a_i m_i; \quad \overline{n}_j = \sum_{i=1}^k a_i n_{ij}.$$

В общем случае условием получения частного решения вычисления суммарных затрат $\sum_{i=1}^k N_{ij}$ при изготовлении многокомпонентного изделия является условие:

$$I = 1, j = l, N_{ij} = n_1 + n_2 + \dots + n_l + m \overline{M} \quad (5)$$

Полученная зависимость при некоторых преобразованиях расчётов может характеризовать приведённые ресурсы по всем позициям, что позволяет при необходимости уточнять результаты анализа зависимости роста

затрат от интенсивности производства. Также обеспечивается возможность установления границы допустимой области множества возможных значений анализируемых параметров проекта технологической системы с учётом задаваемых ограничений и критериев эффективности при ограниченных ресурсах, когда в зависимости от реальных условий функционирования АСП имеется возможность варьировать параметры ограничений по определенной методике. Для построения такой методики рассмотрим ограничения, позволяющие оценивать производительность при сопоставимых ресурсах проектируемой ТС АСП по отношению к производительности альтернативных или смежных ТС по применяемому оборудованию.

Для определения производительности j -й группы оборудования при обработке i -х деталей по k -му технологическому маршруту W_{ij}^k в модель введём ограничения следующего вида:

$$y_{m+2} \sum_{l=1}^{M_j} \theta_{ijl}^k - W_{ij}^k t_{ij}^k = 0, i = 1, \dots, L, j = 1, \dots, J_i^k, k = 1, \dots, K \quad (6)$$

Сумма $\sum_{l=1}^{M_j} \theta_{ijl}^k$ в каждом из этих ограничений определяет количество оборудования j -го типа, на котором могут включаться в сборку i -е детали по k -му технологическому маршруту. Это, в свою очередь, определяет количество деталей i -го типа, которые одновременно могут обрабатываться на нем по k -му технологическому маршруту.

Тогда отношение количества одновременно обрабатываемых деталей

(сумма $\sum_{l=1}^{M_j} \theta_{ijl}^k$) ко времени выполнения сборки одной детали t_{jl}^k будет определять максимальную производительность данной группы оборудования по обработке этих деталей W_{ij}^k .

Производительность проектируемой системы при обработке деталей i -го типа по k -му технологическому маршруту \tilde{W}_i^k определяется минимальным значением W_{ij}^k ($j \in J_i^k$). Поэтому для определения в модель вводятся ограничения

$$W_{ij}^k - \tilde{W}_i^k \geq 0, i = 1, \dots, L, j \in J_i^k, k = 1, \dots, K_i \quad (7)$$

а в максимизируемый функционал следующая сумма:

$$\sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^{K_i} \tilde{W}_i^k$$

Производительность проектируемой системы по сборке деталей i -го типа \check{W}_i определяется с помощью следующего ограничения:

$$\check{W}_i - \sum_{k=1}^{K_i} \tilde{W}_i^k = 0, i = 1, \dots, L \quad (8)$$

Производительность создаваемой системы по обработке основных типов деталей \check{L} целесообразно согласовывать с производительностью смежных линий технологических систем. Поэтому в модель вводятся ограничения:

$$\hat{W}_i^0 \check{W}_i + u_i^0 - v_i^0 = 0, i \in \check{L}, \quad (9)$$

$$\tilde{\beta}_i \hat{W}_i^* - \check{W}_i + u_i^* - v_i^* = 0, i \in \check{L} \quad (10)$$

где \hat{W}_i^0 - производительность технологической системы, после выполнения сборочной операции на которой i -е детали поступают в проектируемую систему, \hat{W}_i^* - производительность системы, на которую должны поступать детали согласно схемы сборки в проектируемой системе,

$\tilde{\beta}_i$ – коэффициент, равный количеству деталей i -го типа, которые используются для сборки одного изделия, $\tilde{\beta}_i=1$, если технологическая система, на которую поступают i -е детали, не является сборочной), $\tilde{\beta}_i u_i^0, v_i^0, u_i^*, v_i^*$ – вспомогательные переменные, которые минимизируются в максимизируемом функционале. Здесь вспомогательные переменные так же, как и в (2), обеспечивают вариативное по точности выполнение ограничений-равенств (7) и (9).

Результаты расчётов позволяют планировать необходимые площади для хранения заготовок и обработанных деталей в современных ТС на автоматизированных складах. Запас заготовок и возможность размещения на складе обработанных деталей должны обеспечивать ритмичную работу проектируемой системы и в определенной мере компенсировать сбои в работе смежных производств. Объем склада ТС целесообразно рассчитывать, исходя из предположения, что склад должен обеспечивать возможность автономной работы проектируемой системы в течение некоторого интервала времени \hat{T} , т.е. работы без поступления заготовок и транспортировки собранных узлов на другие участки. Время \hat{T} задается в проекте ТС сборки с учетом конкретных производственных условий сборки, для которых проектируется данная система. Объем склада ТС при таком предположении определяется с помощью следующего соотношения

$$\bar{W} \hat{T} + \check{K} - U + u_c - v_c = 0 \quad (11)$$

где \bar{W} – производительность системы по сборке заданного типа деталей, которые определены в проекте, \check{K} – количество резервных мест, которые также определяются в проекте, u_c и v_c – вспомогательные переменные, которые

минимизируются в функционале модели. \bar{W} определяет максимальную производительность проектируемой ТС. В этом случае величина \bar{W} определяется с помощью следующих ограничений

$$\bar{W} - \check{W}_i \geq 0, i = 1, \dots, L$$

Таким образом, обеспечивается возможность постановки и решения задач проектирования схем сборки в агрегатно-сборочном производстве летательных аппаратов, которые связаны с оптимизацией технологических процессов и развитием информационной базы системы автоматизированного проектирования технологических процессов.

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

MATHEMATICAL MODELING AND ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS IN THE AIRCRAFT INDUSTRY ON THE BASIS OF THE MATRIX REPRESENT THE COSTS OF INDIVIDUAL MODULES SPECIFIC ASSEMBLY UNITS

S.F. Plustenko, A.S. Soplyakov

Samara National Research University, Samara, Russia

Abstract: the paper presents the results of modeling and research of technological system of Assembly production of aircraft with the development of methods matrix represent the costs of specific technological modules corresponding rational technical solutions within a specific Assembly. The elements of the matrix in this case can be summarized systematically in the range of admissible values of embodiments of processes using normalized resource production depending on quantitative values of the given constraints on the schema assembly space depending on the setting of technological problems

Key words: mathematical modeling, matrix, model, project settings, build the space, structure, optimization

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. :