

## **МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СБАЛАНСИРОВАННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПО ВЫПУСКУ ЛЕГКИХ ЦЕЛЬНОКОМПОЗИТНЫХ САМОЛЕТОВ**

В статье рассматривается формирование производственной программы, оценка сбалансированности взаимодействия между центром и элементами (вертикальная балансировка интересов) и оценка сбалансированности между «узкими» местами и остальными элементами «производственной цепи». На этой основе формируется механизм сбалансированного взаимодействия между центром и элементами производственной системы.

**Ключевые слова:** производственная система, производственная программа, координационное воздействие, сбалансированное взаимодействие элементов.

### **Введение**

Обеспечение производственной программы машиностроительного предприятия во многом определяется системой организации и управления производством. Целевым результатом функционирования системы является эффект системы, выражающийся в обеспечении ее гибкости, продуктивности, эффективности системы.

Целевым результатом функционирования производственной системы (ПС) является эффект ПС в целом  $G$ , выражающийся в выполнении производственной программы по выпуску продукции, отвечающей требованиям потребителей. Критериями производственной программы являются производительность и качество.

На первом этапе реализации методологии необходимо сформировать производственную программу, выраженную через количественные параметры: объем и номенклатуру выпускаемой продукции; стоимость и затраты на выпуск продукции; сроки и длительность выполнения заказа на производство продукции.

Для обеспечения производственной программы формируется «производственная цепь». Для этого проводится анализ характеристик элементов «производственной цепи» и выявляются «узкие» места, обуславливающие производительность производственных процессов. «Узкие» места определяют наименьший возможный эффект  $g_c$  по сравнению с эффектами остальных элементов  $g_i$ , при этом справедливо неравенство  $g_c < g_i$ .

Следующим этапом проводятся оценка сбалансированности взаимодействия между центром и элементами (вертикальная балансировка интересов) и оценка сбалансированности между «узкими» местами и остальными элементами «производственной цепи».

Проведенная оценка сбалансированности позволяет сделать заключение о необходимости координационного воздействия на элементы ПС.

---

\* © Гришанов Г.М., Колычев С.А., 2015

*Гришанов Геннадий Михайлович* (ssau\_ivanov@mail.ru), *Колычев Сергей Александрович* (ssau\_ivanov@mail.ru), кафедра экономики, Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королева (национальный исследовательский университет), 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

## 1. Постановка задачи

Для обеспечения сбалансированности при взаимодействии элементов ПС и центра необходимо вводить координационные параметры  $r$ , воздействующие на элементы ПС.

Координационный параметр  $\Delta r$ , обеспечивающий сбалансированное взаимодействие элементов ПС и центра, вычисляется как

$$\Delta r_i(x_i, y_i) = \begin{cases} r_i + \Delta r_i(x_i) > 0, & \text{если } y_i \neq x_i \\ 0 & \end{cases} \quad (1.1)$$

Механизмы координационного управления оптимальным состоянием сбалансированности элементов ПС определяются кортежем:

$$Q = \langle (PF, Pf, P^r) \rangle, \quad (1.2)$$

где **PF** – процедура формирования целевой функции ПС в целом; процедура **Pf** – процедура формирования целевых функций элементов ПС; **P<sup>r</sup>** – процедура формирования координационных параметров для обеспечения сбалансированности элементов ПС.

Формирование координационных параметров для «узкого» места производственной цепи, обеспечивающих сбалансированность взаимодействия элементов между собой и элементов по отношению к центру, находится по формуле:

$$\Delta r_c(x_c, y_c) = r_c + \Delta r_c(x_c, y_c), \quad (1.3)$$

где  $\Delta r_c(x_c, y_c)$  – координационный параметр (прирост), обеспечивающий получение оптимального целевого значения «узкого» места ПС.

При этом целевая функция для  $i$ -го элемента ПС, учитывающая сбалансированное взаимодействие в системе, будет определяться как

$$f_i(r_i, x_i, y_i) = f_i(r_i, y_i) + \Delta f_i(\Delta r_i, x_i, y_i). \quad (1.4)$$

Из формулы (1.4) видно, что изменение целевой функции  $\Delta f_i(\Delta r_i, x_i, y_i)$  под действием координационных параметров  $r_i$  и характеризует сбалансированность интересов элемента и ПС в целом.

Вектор изменений параметров и множество его возможных значений для модели функционирования  $i$ -го элемента определяется выражением

$$\Delta r_i \in \Delta R_i. \quad (1.5)$$

Вектор изменения параметров и множество его возможных значений для системы организации и управления производством в целом рассчитывается (1.2) как:

$$\Delta r = (\Delta r_i, i = 1, n) \in \Pi_{i=1}^n \Delta R_i. \quad (1.6)$$

Целевые функции элементов ПС имеют вид (1.3)

$$f_i(r_i, x_i, y_i), \quad i = 1, n. \quad (1.7)$$

Целевая функция ПС в целом такова (1.4):

$$F(r, x, y), \quad i = 1, n. \quad (1.8)$$

Таким образом, изменение целевой функции  $i$ -го элемента находится как

$$\Delta f_i(\Delta r_i, x_i, y_i) = \begin{cases} \Delta f_i(\Delta r_i, x_i), & \text{если } y_i \neq x_i \\ 0, & \text{если } y_i = x_i \end{cases} \quad (1.9)$$

При сбалансированном взаимодействии максимальное значение  $g_i$  целевой функции  $i$ -го элемента  $f_i$  находится по формуле:

$$g_i = \max_{y_i \in Y} f_i(r_i, y_i) \quad (1.10)$$

Условие сбалансированности  $i$ -го элемента ПС определяется по формуле

$$S_i(\Delta r_i) = (x_i \in Y) f_i(r_i + \Delta r_i, x_i) \geq f_i(r_i, y_i), \quad (1.11)$$

При этом потери, возникающие в элементах ПС, рассчитываются как

$$\Delta g_i = \max f_i(r_i, y_i) - f_i(r_i, x_i) \geq 0. \quad (1.12)$$

Условия обеспечения сбалансированности взаимодействия для каждого элемента ПС будут определяться:

$$\Delta f_i(\Delta r_i, x_i, y_i) \geq \Delta g_i(x_i). \quad (1.13)$$

## 2. Формирование механизма сбалансированного взаимодействия

Механизм координационного воздействия на сбалансированное взаимодействие между центром и элементами ПС  $Q^{\Delta r}(x^o, f, F) \in G \cap F_Q^{\Delta r}(x^o, f, F), \neq 0$  является параметрически сбалансированным по оптимальному управлению  $x^o$  с позиции целевой функции ПС в целом, если для величин изменения параметров моделей функционирования элементов выполняется условие:

$$\begin{aligned} & \exists \Delta(x^o, y) \in \Delta R, x^o \in E(r, f) \leq Y, \text{ что } \forall y \in Y: \\ & \Delta g_o(x^o) \geq \sum_{i=1}^n \left( \frac{df_i(r_i, x_i^o)}{dr_i}, \Delta r_i \right) \\ & \Delta r_i(x_i) \in \Delta R_i, i=1, n, \\ & \text{где } \Delta r(x^o, y) = \begin{cases} \Delta r(x^o), & \text{если } x^o = y \\ 0, & \text{если } x^o \neq y \end{cases} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Для сбалансированного взаимодействия необходимо, чтобы общий эффект ПС, вызванный оптимальными управленческими воздействиями  $x^o$ , должен быть больше либо равен величине суммарного дополнительного эффекта элементов ПС:

$$G \geq \sum \Delta f_i(\Delta r_i, x_i). \quad (2.2)$$

Формирование механизма сбалансированного взаимодействия между центром и элементами ПС (при независимых элементах) будет реализовываться посредством решения задачи выбора сбалансированного, с позиции критерия элементов и центра оптимального механизма взаимодействия между центром и элементами ПС:

$$\begin{cases} F(r, x, y, \Delta r) \rightarrow \max, x, \Delta r \\ x \in Y(r) \cap P(r, x, \Delta r) \\ \Delta r \in \Delta R_F^{(x)} \cap \Delta R_f^{(x)} \end{cases} \quad (2.3)$$

$$\text{где } \Delta R_F^{(x)} \cap \Delta R_f^{(x)} = \left\{ \Delta r \in \Delta R \mid \Delta f_i \geq \Delta g_i(x_i), i = 1, n \right\} \quad (2.4)$$

Множество оптимальных состояний элементов при назначенном  $\Delta r$  определяется как:

$$P(r, x, \Delta r) = (P_i(r_i, x_i, P_n), P_i = \operatorname{argmax} f_i(r_i, y_i, x_i, \Delta r_i)), \quad (2.5)$$

Множество координирующих воздействий, обеспечивающих сбалансированность между центром и элементами ПС, определяется:

$$\begin{aligned}\Delta R_f^{(x)} &= (\Delta r_i \in \Delta R \mid \varphi(x) \geq \sum \Delta f_i(\Delta r_i, x_i)), \\ \Delta R_f^{(x)} &= (\Delta r_i \in \Delta R \mid \Delta f_i(\Delta r_i, x_i) > \Delta g_i(x_i), i=1, n), \\ \Delta \varphi(x) &= \varphi_F(r, F) - \varphi_f(r, f).\end{aligned}\tag{2.6}$$

Таким образом, для организации сбалансированного взаимодействия элементов ПС и системы организации и управления процессами ПС должны выполняться условия (2.7) и (2.8):

$$\Delta G_o(x_o) \geq \sum_{i=1}^n c_i(x_i, y_i),\tag{2.7}$$

где  $\Delta G_o(x_o)$  – величина общего эффекта ПС в целом;  $\sum_{i=1}^n c_i(x_i, y_i)$  – величина, суммарного дополнительного эффекта участков производственного процесса.

$$\Delta R(x_o, f) \cap \Delta R(x_o, f, F_o),\tag{2.8}$$

где  $\Delta R(x_o, f)$  – множество величин изменения параметров, сбалансированных по оптимальному управлению с позиции целевых функций участков;  $\Delta R(x_o, f, F_o)$  – множество величин изменения параметров, сбалансированных по оптимальному управлению с позиции целевых функций подсистемы организации управления.

Решение задачи выбора оптимального согласованного взаимодействия в ПС при известной информации о производственных возможностях элементов, их целевых функций и целевой функции центра сводится к определению для каждого элемента ограниченной области значений координирующих параметров, обеспечивающих сбалансированность целевых функций элементов ПС в целом.

### Библиографический список

1. Богатырев В.Д. Модели механизмов взаимодействия в активных производственно-экономических системах Самара: СНЦ РАН, 2003. 230 с.
2. Антипов Д.В. Методология и инструментарий организации и управления сбалансированным взаимодействием элементов производственной системы машиностроительного предприятия: дис. ... д-ра тех. наук. Самара, 2014.

### References

1. Bogatyrev V.D. Models of mechanisms of interaction in active production and economic systems. Samara, SNTs RAN, 2003, 230 p. [in Russian].
2. Antipov D.V. *Metodologiya i instrumentarii organizatsii i upravleniia sbalansirovannym vzaimodeistviem elementov proizvodstvennoi sistemy mashinostroitel'nogo predpriiatiia: dis.... dok. tekhn. nauk* [Methodology and instrumentarium of organization and management of balanced interaction of elements of the production system of a machine builder: Doctor's of Technical Sciences thesis]. Samara, 2014 [in Russian].

*G.M. Grishanov, S.A. Kolychev\**

**MODELS AND METHODS OF ORGANIZATION AND MANAGEMENT  
OF BALANCED INTERACTION OF PRODUCTION SYSTEM ELEMENTS  
FOR PRODUCTION OF LIGHT ALL-COMPOSITE LIGHT AIRCRAFTS**

The paper deals with the formation of the production program, score balanced interaction between the center and the elements (vertical balancing of interests) and assessment of the balance between «narrow» places and other elements of «production chain». On this basis the mechanism of balanced interaction between the center and PS elements is formed.

**Key words:** production system, production program, coordination effects, balanced interaction of elements.

Статья поступила в редакцию 02/IX/2015.  
The article received 02/IX/2015.

---

\* *Grishanov Gennady Mikhailovich* (ssau\_ivanov@mail.ru), *Kolychev Sergey Alexandrovich* (ssau\_ivanov@mail.ru), Department of Economics, Samara State Aerospace University, 34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russian Federation.