

МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ТРЬОХ ПІДПРИЄМСТВ В ЄДИНІЙ ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ

Єршова Н.М., д. т. н., професор, Вельмагіна Н.О., к. ф.-мат. н, доцент

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Україна

Вступ. В даний час багато підприємств, не витримавши конкуренції ринку, припиняють функціонування. Вирішальне значення при використанні обмежених виробничих ресурсів має тісна і безперервна взаємодія підприємств в єдиній виробничій системі на користь отримання взаємної вигоди при рішенні сумісних задач по задоволенню потреб суспільства [3]. З погляду системного підходу об'єктом дослідження є види і форми взаємодії, тобто об'єктом дослідження є не суб'єкти, а процес взаємодії між ними.

Основної матеріал. Виробнича система має три підприємства, що випускають різну продукцію. Перше підприємство є фондотворчим. Друге і третє підприємства випускають взаємозамінну, в сенсі споживання, продукцію. Проміжна продукція всіх підприємств йде на розвиток власного виробництва, кінцева продукція фондотворчого підприємства розподіляється порівну між двома іншими підприємствами. Кінцева продукція другого і третього підприємства спрямовується на зовнішнє споживання.

Структурна схема представлена на рисунку 1 [4].

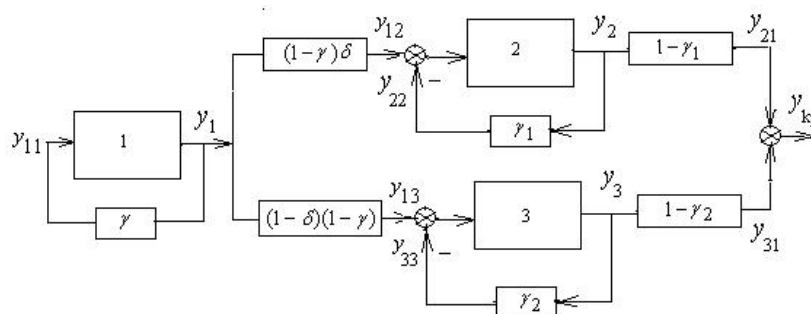


Рисунок 1 – Структурна схема

На рис. 1 позначено: y_i – виробнича потужність i – го підприємства; $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$ – частка потоку, що випускається, залишена підприємствами на

розвиток власного виробництва; δ – частка потоку кінцевої продукції фондотворчого підприємства, що розподіляється між другим і третім підприємствами; y_{kp} – кінцева продукція виробничої системи. Отже,

$$y_1 = y_{11} + y_{12} + y_{13}; y_{kp} = y_{21} + y_{31}; y_2 = y_{21} + y_{22}; y_3 = y_{33} + y_{31}; \quad y_{13} = (1-\gamma)(1-\delta)y_1;$$

$$y_{11} = \gamma y_1; \quad y_{12} = (1-\gamma)\delta y_1; \quad y_{22} = \gamma_1 y_2;$$

$$y_{21} = (1-\gamma_1)y_2; \quad y_{33} = \gamma_2 y_3; \quad y_{31} = (1-\gamma_2)y_3,$$

У цьому випадку математична модель процесу взаємодії трьох підприємств запишеться у вигляді:

$$\dot{y}_1 + a_{11}y_1 = 0, y_1(0) = y_{10}; \dot{y}_2 + a_{22}y_2 = a_{12}y_1, y_2(0) = y_{20};$$

$$\dot{y}_3 + a_{33}y_3 = a_{13}y_1, y_3(0) = y_{30}. \quad (1)$$

де $a_{11} = \frac{\beta_1 - \gamma}{m_1}; a_{22} = \frac{\beta_2 - \gamma_1}{m_2}; a_{33} = \frac{\beta_3 - \gamma_2}{m_3}; a_{12} = \frac{(1-\gamma)\delta}{m_2}; a_{13} = \frac{(1-\delta)(1-\gamma)}{m_3}, m_i, \beta_i$

– відповідно фондомісткість і коефіцієнт вибуття ОВФ i – го підприємства.

В роботі [2] доведено, що оптимальні параметри можна визначати на математичних моделях без зовнішнього впливу, так як при будь-якому впливі у синтезуючої функції буде складова, що гасить його. Тому запишемо математичну модель (1) у вигляді

$$M\dot{Y} + FY - CY = 0, \quad (2)$$

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}; \quad F = \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_3 \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 \end{bmatrix}; \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}; \quad \dot{Y} = \begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{bmatrix}.$$

Математичну модель (2) прийемо в якості моделі-аналога проектного процесу. Вирішимо задачу проектування матричним методом динамічного програмування. Математична модель керованого процесу має вигляд:

$$\dot{Y} = -M^{-1}(FY + BU), \quad (3)$$

де U – вектор управління; B – одинична матриця. В якості критерію оптимальності прийемо квадратичний функціонал

$$J = \int_0^{\infty} (Y'PY + U'GU)dt, \quad (4)$$

де $P; G$ – матриці вагових коефіцієнтів.

Ставиться завдання - встановити розрахункові формули для параметрів проектування: частки потоку валової продукції $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$, що направляється підприємствами на розвиток власного виробництва. Фізичний смисл функціоналу - витрати грошових коштів на підтримку стабільного функціонування процесу. При цьому кінцева продукція виробничої системи, яку направляють на зовнішнє споживання повинна бути максимальна. Необхідною умовою оптимальності є рішення нелінійного алгебраїчного рівняння Ріккаті

$$P + SF + F'S - SBG^{-1}B'S = 0, \quad (5)$$

де S симетрична позитивно визначена матриця. В загальному вигляді рівняння (5) вирішити неможливо. У матриці C моделі аналога процесу проєктовані параметри $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$ розташовані на головній діагоналі, інші елементи матриці дорівнюють нулю. Тоді елементи матриці S обчислюються по формулах

$$S_{ii} = \mu_i(\beta_i + \sqrt{\beta_i^2 + \alpha_i / \mu_i}), \quad i = 1, 2, 3 \quad (6)$$

Вектор управління визначається матричним вираженням

$$U = -G^{-1}B'SY = -DY. \quad (7)$$

Підставимо вектор управління (7) в (3) і врахуємо, що $BU = U$, отримаємо

$$\dot{Y} = -M^{-1}(FY - DY), \text{ або } M\dot{Y} + FY - DY = 0, \quad (8)$$

Порівнюючи (8) з моделлю-аналогом (2), відзначаємо рівність матриць $C = D$ і отримаємо аналітичні залежності для визначення параметрів проектування $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$:

$$\gamma_i = \beta_i + \sqrt{\beta_i^2 + \alpha_i / \mu_i}, \quad i = 1, 2, 3. \quad (9)$$

У таблиці 1 наведено результати моделювання в системі моделювання МВТП 3.7 [5] процесу взаємодії трьох підприємств в єдиній виробничій системі.

Таблиця 1 – Результати моделювання

| Вар. | γ | γ_1 | γ_2 | y_1 | y_2 | y_3 | y_{kp} |
|------|----------|------------|------------|-------|-------|-------|----------|
| 1 | 0,7 | 0,7 | 0,75 | 36327 | 31178 | 24257 | 7218 |
| 2 | 0,7 | 0,75 | 0,75 | 36327 | 37378 | 24257 | 8079 |
| опт. | 0,74 | 0,736 | 0,8 | 48451 | 35924 | 28917 | 8023 |

Висновки. Варіант з оптимальними параметрами проектування забезпечує збільшення виробничої потужності підприємств і відповідає області раціональних значень часток проміжної продукції підприємств, що встановлена шляхом моделювання в роботі [1].

Література

1. Вельмагіна Н. О., Ершова Н. М., Шибко О. М. Розробка теоретичних основ проектування підприємств і формування виробничих систем: монографія. Дніпро: ПДАБА, 2020. 272 с.
2. Ершова Н. М. Современные методы теории проектирования и управления сложными динамическими системами: монография. Днепропетровск: ПГАСА, 2016. 272 с.
3. Микрюков В. Ю. Теория взаимодействия экономических субъектов. Москва: Вузовская книга, 1999. 96 с.
4. Сиразетдинов Т. К. Динамическое моделирование экономических объектов. Казань: «Фан», 1996. 223 с.
5. Системы автоматического регулирования: практикум по математическому моделированию / Под ред. Б. А. Карташова. Изд. 2-е, перераб. и доп. Ростов на Дону: Феникс, 2015. 458 с.

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF INTERACTION PROCESS PARAMETERS THREE ENTERPRISES IN A SINGLE PRODUCTION SYSTEM

Ershova Nina, Velmagina Natalia

Abstract. The article presents a method of designing the process of interaction of three enterprises in a single production system. The matrix method of dynamic programming establishes calculation formulas for design parameters: the share of the flow of gross output, which is sent by enterprises for the development of their own production. The quadratic functional is accepted as a criterion of optimality, the physical meaning of which is the expenditure of funds to support the stable functioning of the process. In this case, the final product of the production system, sent to external consumption should be maximum. The software product is created and the optimum decision is received. Modeling in the modeling system of MVTP 3.7 of the process of interaction of three enterprises for three variants is performed. The option with optimal design parameters provides an increase in the production

capacity of enterprises and corresponds to the area of rational values of the shares of intermediate products of enterprises, which is established by modeling.

Keywords: modeling, optimization, matrix method of dynamic programming, process of interaction of three enterprises.

References

1. VelmagIna N. O., Ershova N. M., Shibko O. M. Rozrobka teoretichnih osnov proektuvannya pidpriemstv i formuvannya virobnichih sistem: monografiya. Dnipro: PDABA, 2020. 272 s.
2. Ershova N. M. Sovremennyye metodyi teorii proektirovaniya i upravleniya slozhnyimi dinamicheskimi sistemami: monografiya. Dnepropetrovsk: PGASA, 2016. 272 s.
3. Mikryukov V. Yu. Teoriya vzaimodeystviya ekonomicheskikh sub'ektov. Moskva: Vuzovskaya kniga, 1999. 96 s.
4. Sirazetdinov T. K. Dinamicheskoe modelirovanie ekonomicheskikh ob'ektov. Kazan: «Fan», 1996. 223 s.
5. Sistemyi avtomaticheskogo regulirovaniya: praktikum po matematicheskomu modelirovaniyu / Pod red. B. A. Kartashova. Izd. 2-e, pererab. i dop. Rostov na Donu: Feniks, 2015. 458 s.