DOI 10.15276/imms.v11.no1-2.26
УДК 65.012.32:517.977.1

Informatics and Mathematical Methods in Simulation
Vol. 11 (2021), No. 1-2, pp. 26-38

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СПІЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА І ЗБУТУ ПРОДУКЦІЇ

Н.М. Єршова, Н.О. Вельмагіна, Н.С. Чуприна

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
м. Дніпро, 49000, вул. Чернишевського, 24 а E-mail:
nersova107@gmail.com, velmagina24@gmail.com, coderchan228@gmail.com

Актуальним завданням сьогодняшнього дня є створення стабільно функціонуючих і ефективних спільних підприємств з виробництва і збуту продукції. Для цього необхідно знати значення оптимальних параметрів, які характеризують процес взаємодії підприємств спільного підприємства. Раніше встановлено, що кінцева продукція спільного підприємства, яку поставляють на зовнішнє споживання, залежить від проміжної продукції, що залишається підприємствами на розвиток власного виробництва. Виникає задача, як визначити частки потоку валової продукції, щоповинні направляти підприємства на розвиток власного виробництва для забезпечення ефективної роботи спільного підприємства. Окрім того, важливо знати оптимальні значення параметрів процесу випуску валового продукту підприємства. Комп'ютерних програм для оптимального проектування динамічних процесів виробничих систем не існує. Отже метою даної роботи є розробка комп'ютерних програм для оптимального проектування процесу випуску валового продукту підприємства і процесу взаємодії трьох підприємств спільного підприємства з виробництва і збуту продукції. В основу алгоритмів поиску проектних рішень закладено матричний метод динамічного програмування Р. Беллмана для безперервних динамічних процесів, що є науковою новизною роботи. Створенакомп'ютерна програма «OPTIMA» призначена для спрощення процесу проектування спільних підприємств шляхом підбору оптимальних параметрів та розрахунку максимально досяжного обсягу кінцевої продукції, що спрямована на зовнішнє споживання. Комп'ютерна програма «SINTEZ» здійснює вибір оптимальних параметрів проектування: коефіцієнтів зростання і вибуття основних виробничих фондів підприємства та виконує розрахунок максимально можливого за наявних вихідних даних обсягу валового продукту. Дана робота є важливим внеском в галузі комп'ютерних наук і програмної інженерії.

Ключові слова: оптимальне проектування динамичних процесів, комп'ютерна програма, спільне підприємство.

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 спільному підприємствіна користь отримання взаємної вигоди при рішенні сумісних задач з задоволення потреб суспільства[8]. Взаємодію підприємств слід розглядати з позиції системного підходу: об'єктом дослідження є не суб'єкти, а процес взаємодії між ними.

Актуальним завданням сьогодняшнього дня є створення стабільно функціонуючих і ефективних спільних підприємств. Для цього необхідно знати значення оптимальних параметрів, які характеризують процес взаємодії підприємств спільного підприємства. На основі моделювання процесу взаємодії підприємств [1] встановлено, що кінцева продукція спільного підприємства, яку поставляють на зовнішнє споживання, залежить від проміжної продукції, що залишається підприємствами на розвиток власного виробництва.Виникає задача, як визначити частки потоку валової продукції, щоповинні направляти підприємства на розвиток власного виробництва для забезпечення ефективної роботи спільного підприємства.

Задачі оптимального проектування зручно вирішувати с допомогою матричного методу динамічного програмування Р. Беллмана.Для реалізації алгоритмів пошуку проектних рішень необхідно створювати відповідні комп'ютерні програми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В даний час є мало робіт, в яких досліджуються динамічні процеси виробничо-технічних систем. В роботі [5] розглядається оптимальний режим функціонування промислового комплексу в умовах фінансової кризи, в роботі [6] - підприємства в умовах дефіциту попиту. В роботі [12] розглядаються завдання, що розкривають внутрішні резерви окремого підприємства в різних умовах його функціонування. Вперше створено математичну модель життєвого циклу підприємства (ЖЦП) на основі теорії безперервних динамічних процесів, яка дозволяє: прогнозувати поведінку підприємства в майбутньому, планувати його розвиток, аналізувати стійкість функціонування, моделювати кризові ситуації всередині підприємства і його поведінку в ринкових умовах. Виконана оптимізація параметрів процесу випуску валового продукту підприємства за допомогою невизначених множників Лагранжа,принципу максимуму Понтрягінаі матричного методу динамічного програмування Р. Беллмана. Отримано аналітичні залежності для визначення коефіцієнтів росту і вибуття основних виробничих фондів (ОВФ). Моделювання виконувалось в середовищі Exceli системі моделювання PDS (проектування динамічних систем) [7]. Робота [13] присвячена моделюванню процесу взаємодії двох підприємств, що випускають різну продукцію, робота [14] - процесу взаємодії трьох підприємств. Доведено ефективність різних способів процесу взаємодії підприємств. Робота [1] представляєрозробку теоретичних основ проектування підприємств і формування виробничих систем. В цих роботах для моделювання використовувалась система моделювання МВТП 3.7 (моделювання в технічних пристроях) [11]. Комп'ютерних програм для оптимального проектування динамічних процесіввиробничих систем тоді не існувало.

Мета роботи

Отже, метою даної роботи є розробка комп'ютерних програм для оптимального проектування процесу випуску валового продукту підприємства і процесу взаємодії трьох підприємств спільного підприємсива з виробництва і збуту продукції. В основу алгоритмів закладено матричний метод динамічного програмування Р. Беллмана длябезперервних динамічних процесів.

Основна частина

Оптимальне проектування процесу випуску валового продукту підприємства

Процес виробництва валового продукту є основою будь-якого підприємства. Він повинен бути безперервним в часі, тобто його можна описати звичайним диференційним рівнянням. Виробництво валового продукту неможливе без вкладення ОВФ. Отже, параметрами процесу випуску валового продукту повинні бути коефіцієнти зростання і вибуття ОВФ. Виникає проблема: як визначити значення цих параметрів, щоб процес випуску валового продукту був стабільним. Проблема ця не вирішена, хоча вона є дуже актуальною.

В математичну модель процесу випуску валового продукту входить велика кількість параметрів[9]. Стійкість – внутрішня властивість процесу, не залежна від миттєвих значень основних фондів. Підприємство і процес тільки створюються, тому поки не можна судити про рівень їх науково-технічного розвитку. Як припущення

приймемо постійну фондомісткість. Тоді математична модель процесу випуску валової продукції має вигляд:

$$m\ddot{Y} + \beta\dot{Y} + cY = 0 \ , \tag{1}$$

де m – фондомісткість ОВФ по випуску даної продукції; c – коефіцієнт зростання ОВФ ; β_i – коефіцієнт вибуття ОВФ; Y – валовий продукт.

Модель (1) є моделлю-аналогом процесу.Ставиться задача – визначити розрахункові формули параметрів проектування: коефіцієнтів вибуття і зростання ОВФ при постійній фондомісткості.

В матричному методі динамічного програмування диференційне рівняння проектованого процесу записується у вигляді

$$m\ddot{Y} = -F \quad \text{або} \quad \ddot{Y} = -F / m = -u, \tag{2}$$

де u – невідома синтезуюча функція, що є прискоренням процесу випуску валового продукту. Позначимо: $x_1 = Y; x_2 = \dot{Y}$, тоді отримаємо

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2; \\ \dot{x}_2 &= -u. \end{aligned} \tag{3}$$

Запишемо систему (3) в матричної формі

$$\dot{X} = AX + BU \ , \tag{4}$$

де $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y \\ \dot{Y} \end{bmatrix}; \quad U = [u]; \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}.$

Як критерій оптимальності приймемо квадратичний функціонал якості:

$$J = \int_0^\infty (\alpha x_1^2 + \gamma x_2^2 + \mu u^2)dt \tag{5}$$

або в матричної формі $J = \int_0^\infty Vdt = \int_0^\infty (X^{'}PX + U^{'}GU)dt$,

де α, γ, μ – вагові коефіцієнти функціоналу. Матриці вагових коефіцієнтів P і G функціоналу (7) мають вигляд:

$$P = \begin{bmatrix} \alpha & 0 \\ 0 & \gamma \end{bmatrix}; \quad G = [\mu].$$

Ставиться задача: визначити синтезуючу функцію рівняння (4), яка мінімізує функціонал якості (5). Фізичнийсенс функціоналу – витрати грошових коштів на підтримку стабільності процесу випуску валового продукту підприємства.Крім того, параметри проектування повинні забезпечити отриманнямаксимального значення

обсягу валового продукту.

Необхідною умовою оптимальності є розв'язок нелінійного алгебраїчного рівняння Ріккаті

$$P + A'S + SA - SBG^{-1}B'S = 0. \tag{6}$$

З запису його в розгорненому виглядіодержуємо систему нелінійних алгебраїчних рівнянь для визначення елементів симетричної матриці помилки оцінки S.

$$\begin{cases} \alpha - S_{12}^2 / \mu = 0; \\ \gamma + 2S_{12} - S_{22}^2 / \mu = 0; \\ S_{11} - S_{12}S_{22} / \mu = 0. \end{cases} \tag{7}$$

Синтезуюча функція визначається матричним виразом

$$U = -G^{-1}B'SX = \frac{1}{\mu}(S_{12}x_1 + S_{22}x_2) = \frac{1}{\mu}(S_{12}Y + S_{22}\dot{Y}).$$

Після підстановки елементів S_{12}, S_{22} в синтезуючу функцію маємо

$$u = ((\gamma + 2\sqrt{\alpha\mu}) / \mu)^{1/2}\dot{Y} + (\alpha / \mu)^{1/2}Y. \tag{8}$$

Якщо підставити синтезуючу функцію (8) в рівняння (2), то отримаємо

$$\ddot{Y} + a_1\dot{Y} + a_2Y = 0, \tag{9}$$

де $a_1 = ((\gamma + 2\sqrt{\alpha\mu}) / \mu)^{1/2}; \quad a_2 = (\alpha / \mu)^{1/2}$. Диференційне рівняння моделі-аналога має вигляд

$$\ddot{Y} + a_1\dot{Y} + a_2Y = 0, \tag{10}$$

де $a_1 = \beta / m; \quad a_2 = c / m.$ З порівняння коефіцієнтів a_1, a_2 в цих рівняннях одержуємо аналітичну залежність для коефіцієнтів зростання і вибуття ОВФ:

$$c = m(\alpha / \mu)^{1/2}; \quad \beta = m((\gamma + 2\sqrt{\alpha\mu}) / \mu)^{1/2}. \tag{11}$$

У виробничих системах близьким до оптимального є аперіодичний закон розвитку. Синтезуюча функція повинна бути фізично реалізованою. Для перевірки цього необхідно мати залежність між ваговими коефіцієнтами квадратичного функціоналу якості і діапазон їх змін. Встановлюється залежність за формулами (11) з урахуванням того, що коефіцієнт зростання ОВФ звичайно на два порядки менше коефіцієнта вибуття.

$$\alpha = \mu c^2 / m^2; \quad \gamma = 10^4 \alpha - 2\sqrt{\alpha\mu}. \tag{12}$$

Алгоритм пошуку проектних рішень

При проектувані процесу випуску валового продукту потрібно вибрати таку сукупність параметрів проектування, яка забезпечить максимум його обсягу.

Алгоритм пошуку проектних рішень наведений на рис. 1.

Комп'ютерна програма «SINTEZ»

Створена комп'ютерна програма «SINTEZ» оптимального проектування процесу випуску валового продукту підприємства.Комп'ютерна програма є прикладною програмою з віконним графічним інтерфейсом користувача. Система створена за допомогою HTML 5, CSS 3 та мови програмування JavaScript.

Програма розповсюджується у вигляді одного файлу з форматом html. Вигляд діалогового вікна на початку роботи показано на рис. 2.

Всі поля форми обов'язкові для заповнення. Дробова частина числа відділяється від цілої крапкою.

Фрагмент роботи програми наведено на рис. 3.

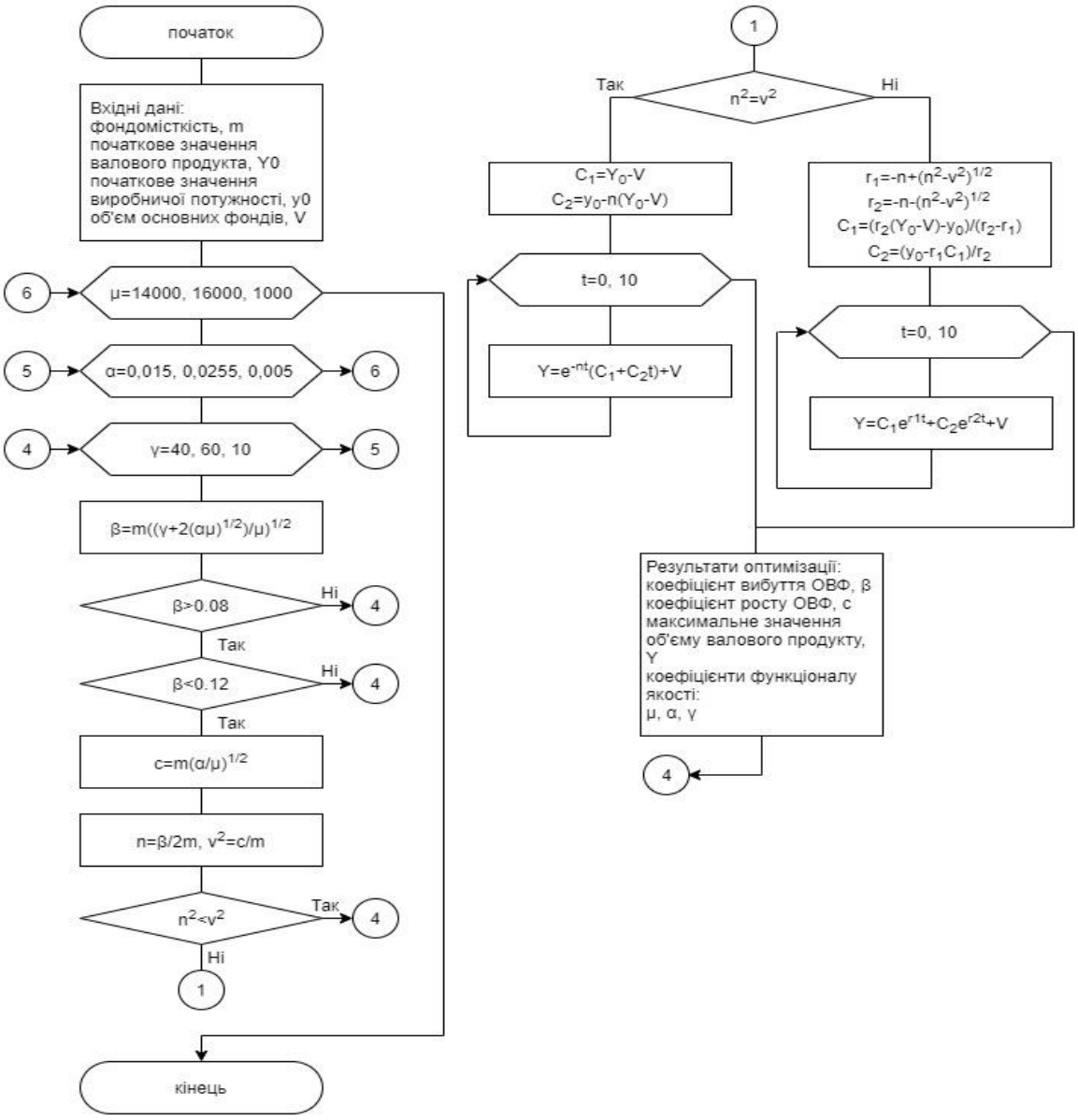

Рис. 1. Алгоритм пошуку проектних рішень

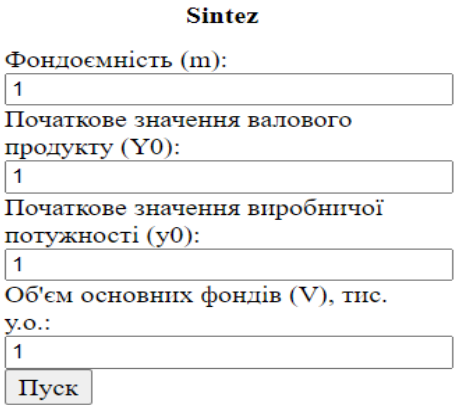

Рис. 2. Діалогове вікно програми на початку роботи.

β	c	α	γ	μ	Макс. Y
0.09991	0.00145	0.01500	40.00000	16000.00000	3647.98672

β	c	α	γ	μ	Макс. Y
0.10672	0.00145	0.01500	50.00000	16000.00000	3576.47856

β	c	α	γ	μ	Макс. Y
0.10323	0.00168	0.02000	40.00000	16000.00000	3604.89742

β	c	α	γ	μ	Макс. Y
0.10983	0.00168	0.02000	50.00000	16000.00000	3536.64129

β	c	α	γ	μ	Макс. Y
0.10607	0.00187	0.02500	40.00000	16000.00000	3642.85340

Рис. 3. Результати оптимізації.

Тестування комп'ютерної програми виконано шляхом комп'ютерного моделювання в середовищі SimlnTech [4]і розрахункомза формулами в середовищі Excel.

Оптимальне проектування процесу взаємодії підприємств спільного підприємства

Спільне підприємствоз виробництва і збуту продукції має три підприємства, перше підприємство є фондотворчим. Друге і третє підприємства виробляють взаємозамінну, в сенсі споживання продукцію.Проміжная продукція фондотворчого підприємства йде на розвиток власного виробництва, кінцева продукція порівну розподіляється між двома іншими підприємствами. Друге і третє підприємства залишають проміжну продукцію для розвитку власного виробництва. Кінцева продукція цих підприємств йде на зовнішнє споживання.

Структурна схема процесу взаємодії підприємств спільного підприємства представленана рисунку3[10], де y_{kp} - кінцева продукція спільного підприємства.

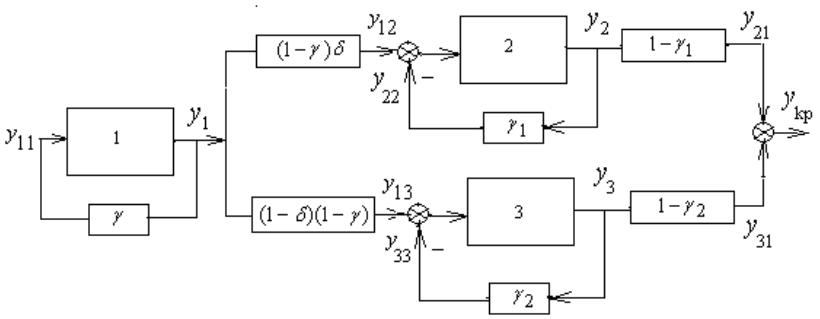

Рис. 3. Структурна схема процесу взаємодії підприємств.

Математична модель процесу взаємодії трьох підприємств має вигляд:

$$\begin{aligned} &\dot{y}_1 + a_{11}y_1 = 0, \quad y_1(0) = y_{10} \\ &\dot{y}_2 + a_{22}y_2 = a_{12}y_1, \quad y_2(0) = y_{20} \\ &\dot{y}_3 + a_{33}y_3 = a_{13}y_1, \quad y_3(0) = y_{30} \end{aligned} \tag{13}$$

де $a_{11} = \dfrac{\beta_1 - \gamma}{m_1}$; $a_{22} = \dfrac{\beta_2 - \gamma_1}{m_2}$; $a_{33} = \dfrac{\beta_3 - \gamma_2}{m_3}$; $a_{12} = \dfrac{(1-\gamma)\delta}{m_2}$; $a_{13} = \dfrac{(1-\delta)(1-\gamma)}{m_3}$, y_i –виробнича потужність i –го підприємства; $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$ –частка потоку, що випускається, і залишається підприємствами на розвиток власного виробництва; m_i, β_i –відповідно фондомісткість і коефіцієнт вибуття ОВФ i –го підприємства; δ –частка потоку кінцевої продукції, що порівну розподіляється між другим і третім підприємствами.

В роботі [3] доведено, що оптимальні параметри можна визначати на математичних моделях без зовнішнього впливу, так як при будь-якому впливі в синтезуючої функції буде складова, що гасить його. Тому запішемо математичну модель (13) у вигляді

$$\begin{aligned} &m_1\dot{y}_1 + \beta_1 y_1 - \gamma\, y_1 = 0; \\ &m_2\dot{y}_2 + \beta_2 y_2 - \gamma_1 y_2 = 0; \\ &m_3\dot{y}_3 + \beta_3 y_3 - \gamma_2 y_3 = 0. \end{aligned} \tag{14}$$

Представимо систему (14) в матричної формі

$$M\dot{Y} + FY - CY = 0, \tag{15}$$

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}; \quad F = \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_3 \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 \end{bmatrix};$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}; \quad \dot{Y} = \begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{bmatrix}.$$

Математична модель (15) є моделлю-аналогом проектованого процесу.
Запишемо систему (14) у вигляді

$$\begin{aligned} m_1\dot{y}_1 &= -\beta_1 y_1 - u_1; \\ m_2\dot{y}_2 &= -\beta_2 y_2 - u_2; \\ m_3\dot{y}_3 &= -\beta_3 y_3 - u_3. \end{aligned} \tag{16}$$

де u_1, u_2, u_3–невідомі синтезуючі функції.

Представимо систему (16) в матричної формі

$$\dot{Y} = -M^{-1}(FY + BU), \tag{17}$$

де $Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}$ – вектор стану процесу; $U = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}$ – вектор управління;

$F = \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_3 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$; $M^{-1} = \begin{bmatrix} 1/m_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1/m_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/m_3 \end{bmatrix}$ – постійні матриці.

Формулювання задачі синтезу: знайти фізично здійсненну синтезуючу функцію рівняння (17), яка забезпечує мінімум функціоналу (18).

$$J = \int_0^\infty \sum_{i=1}^{3} (\alpha_i y_i^2 + \mu_i u_i^2) dt \tag{18}$$

або в матричної формі $J = \int_0^\infty (Y' PY + U' GU) dt$,

де $P = \begin{bmatrix} \alpha_1 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_3 \end{bmatrix}$; $G = \begin{bmatrix} \mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_2 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_3 \end{bmatrix}$–матриці вагових коефіцієнтів функціоналу якості.

Ставиться задача - встановити розрахункові формули для параметрів проектування: частки потоку валової продукції $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$, які направляються підприємствами на розвиток власного виробництва. Фізичний сенс функціоналу - витрати грошових коштів на підтримку стабільного функціонування процесу.При цьому кінцева продукція спільного підприємства, яку направляють на зовнішнє споживання, повинна бути максимальною.

Необхідною умовою оптимальності є вирішення нелінійного алгебраїчного рівняння Ріккаті

$$P + SF + F'S - SBG^{-1}B'S = 0, \tag{19}$$

де –Sсиметрична позитивно визначена матриця.З запису рівняння (19) в розгорнутому вигляді виходить система нелінійних алгебраїчних рівнянь для визначення елементів симетричної матриці S, яку неможливо вирішити.

У матриці C моделі аналога процесу (15) проектовані параметри $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$ розташовані на головній діагоналі, інші елементи матриці дорівнюють нулю. Тому приймаємо $S_{12} = S_{13} = S_{23} = 0$, тоді елементи матриці S легко обчислюються.

Вектор управління визначається матричним виразом

$$U = -G^{-1}B^{'}SY = -\begin{bmatrix} 1/\mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1/\mu_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/\mu_3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} S_{11} & 0 & 0 \\ 0 & S_{22} & 0 \\ 0 & 0 & S_{33} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} S_{11}/\mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & S_{22}/\mu_2 & 0 \\ 0 & 0 & S_{33}/\mu_3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = -DY.$$

Підставимо вектор управління в (17) і врахуємо, що $BU = U$,отримаємо

$$\dot{Y} = -M^{-1}(FY - DY), \text{ або } M\dot{Y} + FY - DY = 0, \qquad (20)$$

Порівнюючи (20) з моделлю-аналогом керованого процесу (15), відзначаємо рівність матриць $C = D$, тобто

$$\begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}/\mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & S_{22}/\mu_2 & 0 \\ 0 & 0 & S_{33}/\mu_3 \end{bmatrix} \qquad (21)$$

Тому аналітичні залежності для визначення параметрів проектування $\gamma, \gamma_1, \gamma_2$:

$$\gamma_i = \beta_i + \sqrt{\beta_i^2 + \alpha_i/\mu_i}, \; i = 1,2,3. \qquad (22)$$

$$\alpha_i = \mu_i(\gamma_i^2 - 2\gamma_i\beta_i); \quad 0 \le \gamma_i \le 1; \quad 0,08 \le \beta_i \le 0,3.$$

Алгоритм пошуку проектних рішень

Для формування спільного підприємства з трьох підприємств потрібно вибрати таку сукупність параметрів проектування, яка забезпечить максимум спрямованої на зовнішнє споживання його кінцевої продукції. Алгоритм пошуку проектних рішень наведений на рис. 4,алгоритм розрахунку кінцевої продукції - на рис. 5.

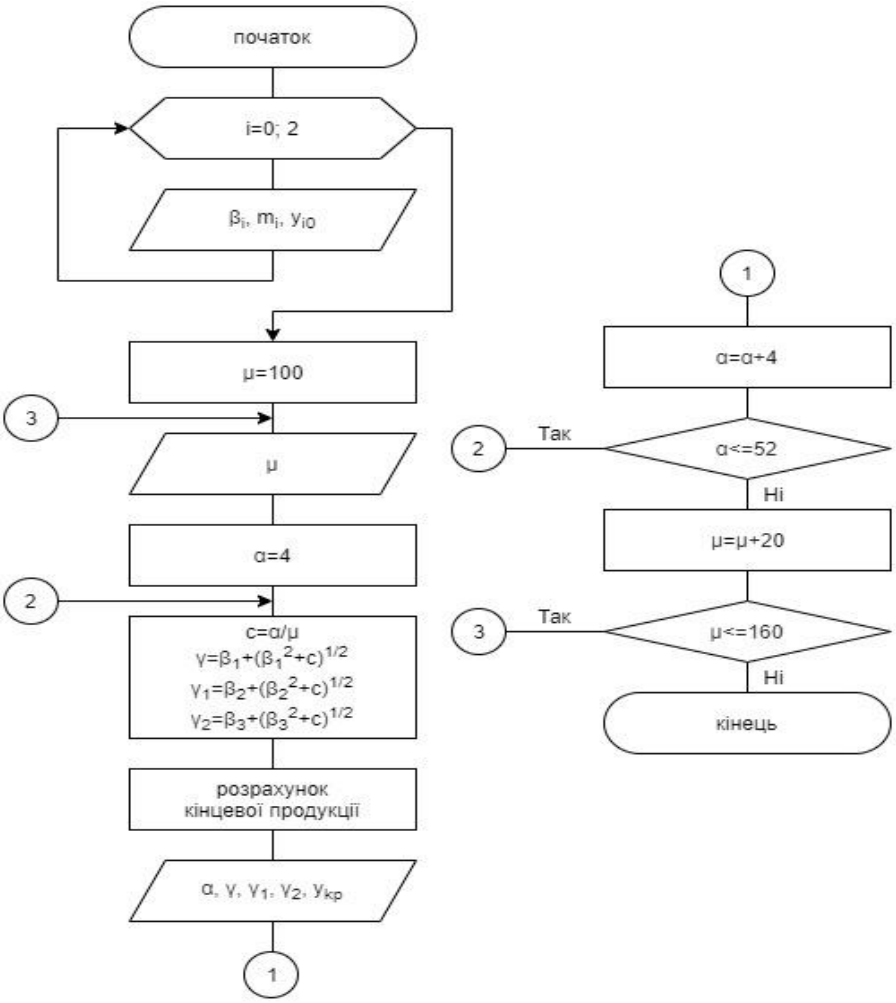

Рис. 4. Алгоритм пошуку проектних рішень.

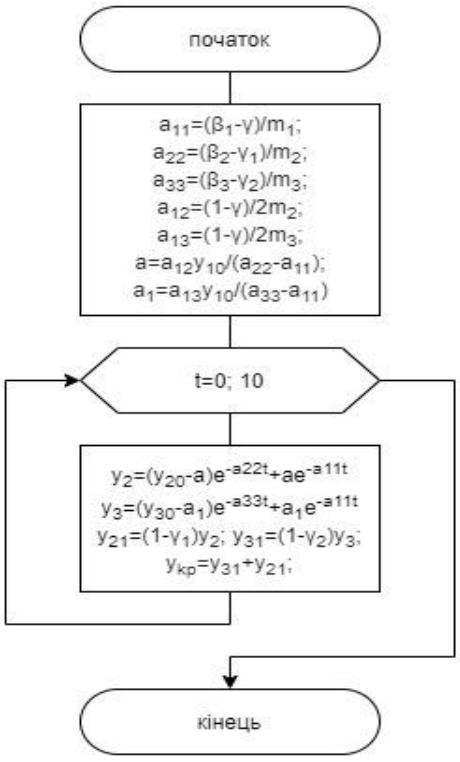

Рис. 5. Алгоритм розрахунку кінцевої продукції спільного підприємства.

Комп'ютерна програма «OPTIMA»

Створена комп'ютерна програма «OPTIMA», що містить програмні модулі оптимізації параметрів процесу взаємодії трьох підприємств і розрахунку кінцевої продукції спільного підприємства. Комп'ютерна програма призначена для спрощення процесу проектування спільних підприємств з виробництва і збуту продукції шляхом підбору оптимальних параметрів та розрахунку максимально досяжного обсягу кінцевої продукції, що спрямована на зовнішнє споживання. Це прикладна програма з віконним графічним інтерфейсом користувача. Система створена за допомогою HTML 5, CSS 3 та мови програмування JavaScript.

Вхідні дані для програми: фондомісткості, виробничі потужності та коефіцієнти вибуття ОВФ всіх трьох підприємств, що входять до спільного підприємства.

Дослідимо залежність виробничої потужності підприємств і обсягу кінцевої продукції спільного підприємства від проміжної продукції підприємств при наступних даних [2]:

m_1=1,4; m_2=1,8; m_3=2,1; β_1=0,1; β_2=0,096; β_3=0,15; y_{10}=500 тис. у.о./рік; y_{20}=400 тис. у.о./рік; y_{30}=600 тис. у.о./рік.

Вигляд діалогового вікна на початку роботи показано на рис.6. Всі поля форми обов'язкові для заповнення. Дробова частина числа відділяється від цілої крапкою.

Фрагмент роботи програми представлений на рис.7.

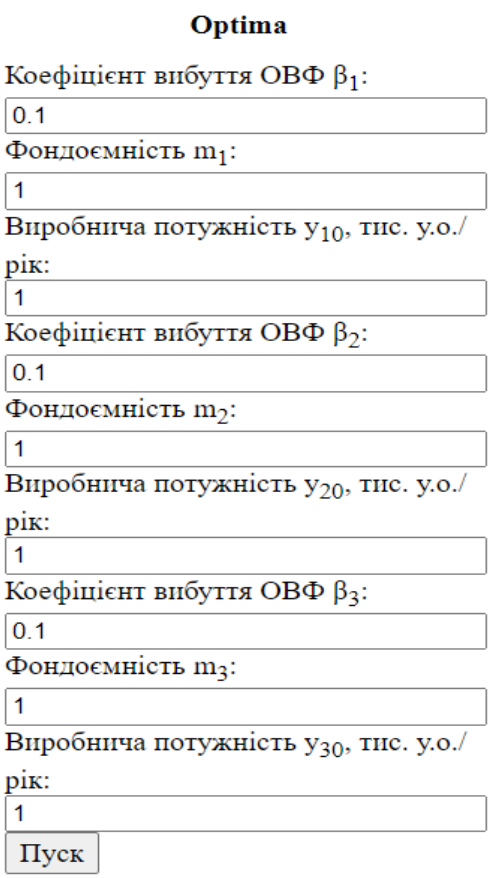

Рис. 6. Діалогове вікно програми «OPTIMA».

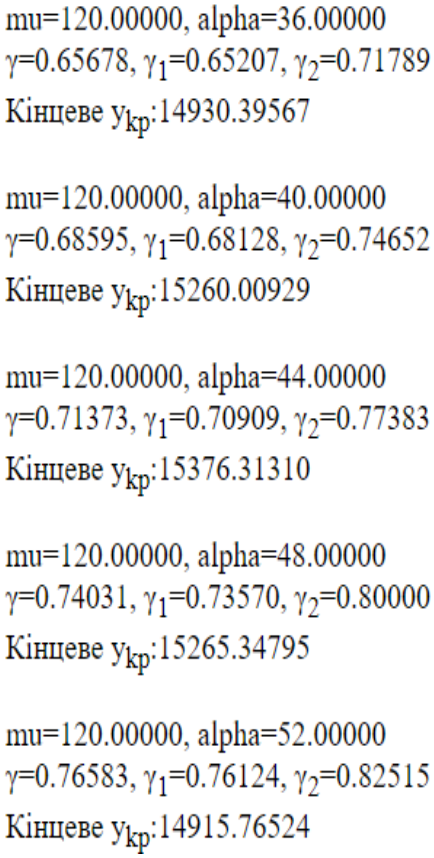

Рис. 7. Результати розрахунку.

Тестування комп'ютерної програми виконане шляхом комп'ютерного моделювання в середовищі SimlnTech і розрахункуза формулами в середовищі Excel.

Висновки

У роботи представлена розробка комп'ютерних програм оптимального проектування процесу випуску валового продукту підприємства «SINTEZ» і процесу взаємодії трьох підприємств спільного підприємства з виробництва і збуту продукції «OPTIMA». Тестування комп'ютерних програм виконане шляхом комп'ютерного моделювання в середовищі SimlnTech і розрахункомза формулами в середовищі Excel.

Комп'ютерне моделювання та оптимізацію потрібно виконати на першому етапі проектування, що дозволить створювати сучасні об'єкти і скоротити термін їх проектування.

Список літератури

1. Вельмагіна Н.О., Єршова Н.М., Шибко О.М. Розробка теоретичних основ проектування підприємств і формування виробничих систем: монографія. Дніпро: ПДАБА, 2020. 272 с.
2. Евсюкова М.Е., Ершова Н.М. Моделирование производственной мощности предприятий, выпускающих разную экологически чистую продукцию. *Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении.* Днепр: ПГАСА, 2018. Вып. 106. С. 25-31.
3. Ершова Н.М. Современные методы теории проектирования и управления сложными динамическими системами. Монография. Днепропетровск: ПГАСА, 2016. 272 с.
4. Карташов Б.А., Шабаев Е.А., Козлов О.С., Щекотуров А.М. Среда динамического моделирования SimlnTech: практикум по моделированию технических систем автоматического регулирования. М.: ДМК Пресс, 2017. 424 с.
5. Катулев А.Н., Колесник Г.В., Федоров В.В. Оптимальный режим функционирования промышленного комплекса в условиях финансового кризиса. *Математическое моделирование,* 2001. Т. 13, № 10. С. 77-90.
6. Колесник Г.В. Оптимальный режим функционирования предприятия в условиях дефицита спроса. *Ученые записки*. Тверь: Т. ГУ, 2000. Т. 6. С. 32-36.
7. Котов Е.А., Максимов А.М., Скворцов Л.М.. Программный комплекс для автоматизированного исследования и проектирования промышленных роботов. М.: Машиностроение, 1991. 56 с.
8. Микрюков, В.Ю. Теория взаимодействия экономических субъектов. М.: Вузовская книга, 1999. 96 с.
9. Основы теории оптимального управления / под ред. В. Ф. Кротова. М.: Высшая школа, 1990. 430 с.
10. Сиразетдинов Т. К. Динамическое моделирование экономических объектов. Казань: Фан, 1996. 223 с.
11. 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.
12. Шибко О.Н. Управление программой преобразований на предприятии по результатам моделирования его жизненного цикла: дисс. канд. техн. наук. Днепропетровск, 2011. 154 с.

13. Yershova Nina, Velmahina Natalia, Kovtun-Horbachova Tetiana. Simulation of the interaction process of three enterprises in the single production system. *Sustainable housing and human settlement*:Monograph. Dnipro – Bratislava, 2018. P. 222 – 228.
14. Yershova Nina, Velmahina Natalia, Shibko Oksana. Simulation of the interaction of two enterprises in the single production system. *Innovative lifecycle technologies of housing, industrial and transportation objects*: Monograph. Dnipro – Bratislava, 2018. P. 98 – 106.

COMPUTER PROGRAMS FOR OPTIMAL DYNAMIC PROCESSES OF JOINT VENTURE FOR PRODUCTION AND MARKETING OF GOODS DESIGN DEVELOPMENT

N. M. Yershova, N. O. Velmahina, N. S. Chupryna

Prydniprovska StateAcademy of Civil Engineering and Architecture
24a, Chernyshevskogo Street, Dnipro, 49000, Ukraine. E-mail:
nersova107@gmail.com, velmagina24@gmail.com, coderchan228@gmail.com

Creation of stable-working and efficient joint ventures for production and marketing of goods is the actual problem of the present day. To do that it is necessary to know values of optimal parameters that characterize joint venture enterprises interaction process. It was discovered that end product of joint venture that is supplied for external consumption depends on intermediate product which is left for development of own production by ventures. There is a problem how to define proportions of gross product flow that ventures should send on the development of own production to ensure effective functioning of joint venture. Besides, it's important to know optimal parameters of process of venture's gross product manufacture values. There are no computer programs for optimal production systems dynamic processes design. The purpose of this work is to develop computer programs for optimal venture's gross product manufacture process and three ventures of joint venturefor production and marketing of goods interaction process design. Design solutions search algorithms are based on R. Bellman's matrix dynamic programming method for continual dynamic processes, which is scientific novelty of the work. Computer program «OPTIMA» was created to simplify joint ventures design process by optimal parameters selection and maximum achievable end product volume that is supplied for external consumption calculation. Computer program «SINTEZ» chooses optimal design parameters: BPA growth and retirement rates and calculates maximum achievable with available raw data gross product volume. This work is an important contribution in the field of computer science and software engineering.
Keywords: optimal dynamic process design, computer program, joint venture.