

Рамазанов С.К., д.т.н., д.е.н., професор  
Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля,  
м. Сєверодонецьк – Полтава  
Карнаухова Г. В., ст. викл.  
Полтавський університет економіки і торгівки, м. Полтава  
Сергиєнко А.В., аспірант  
Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, м. Київ

## СТОХАСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНО – ІННОВАЦІЙНИМ ПРОЦЕСОМ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТЕХНОГЕННОГО ПІДПРИЄМСТВА

*Вступ.* Розробка і дослідження інтегрованих моделей на базі використання інформаційних і інноваційних технологій з метою прогнозування нелінійної динаміки еколого - економічних і соціально - гуманітарних систем в сучасних умовах є актуальною проблемою [1-3].

*Результат.* Формалізація і моделювання інноваційних процесів є необхідним для розуміння природи і організації системного та інноваційного управління ТП і при цих змістовних припущень призводить до наступного стохастичного логістичного рівняння (СЛР) [1]:

$$\frac{de(t)}{dt} = \lambda \xi(t)e(t)[1 - e(t)] + \zeta(t) + u(t), \quad e(t) = E(t)/E_{\max}, \quad e(t_0) = e_0,$$

де  $E_{\max}$ ,  $E_i(t)$  - максимально (гранично) можливе і поточне значення досліджуваної інтегральної характеристики, причому  $e_0$  не залежить від часу.

Динаміка функціонування і розвитку будь-кого техногенного підприємства – ТП (економічної системи) має синергетичний опис, якщо ефективно побудований оператор (диференціальний, інтегральний і та інші оператори)  $D$ , такий, що стан системи в кожен момент часу  $t \in (t_0, T(t_0))$  може бути побудований по значеннях вектору  $x(\tau)$ ,  $\tau \in (t_1, t_0)$ , за умови, що усі зовнішні дії, що управляють, фіксовані:  $x(t) = D(x(\tau), \varepsilon, \eta, u)$ ,  $t \in (t_0, T(t_0))$ ,  $\tau \in (t_1, t_0)$ , де  $\varepsilon(t, r)$  випадкова дія з відомими імовірнісними характеристиками,  $\eta(t, r) \in G_\eta$  дія, задана мірою невизначеності  $G_\eta$ ,  $u \in R^k$  - дії, що управляють,  $r$  - просторова змінна (вектор).

Метод системної динаміки при наявності екзогенних та ендогенних стохастичних вплив можна представити як стохастичне диференціальне рівняння (СДР):  $dX_j = F(X_j^+, X_j^-, W_{jt}) \equiv \alpha_j X_j^+ - \beta_j X_j^- + \sigma_j(X_j, t) dW_{jt}$ , де  $\alpha_j, \beta_j > 0$ ,  $W_{jt}$  - стандартній броунівський рух;  $\sigma_j(X_j, t)$  коефіцієнт волатильності.

Стохастична логістична модель (СЛМ) поведінки системи є  $\dot{X}_j = A_j X_j (X_j^0 - X_j) / X_j^0 + \sigma_j(X_j, t) e_j(t)$ ,  $j = \overline{1, k}$ , де  $X_j^0, X_j$  - відповідно, максимально (гранично) можливе і поточне значення досліджуваної величини, причому  $X_j^0$  не залежить від часу, а  $\{e_j(t), t \in T\}$  - білий шум з безперервним часом,  $\sigma_j(X_j, t)$  - коефіцієнт волатильності.

У результаті комплексної формалізації отримуємо один з варіантів стохастичної соціально – еколого - економічної моделі динаміки у вигляді наступної системи рівнянь [2]:

*Модель капіталу:*  $\dot{K}(t) = W(K, R, D, L, C, I, \xi_k)$ ,  $K(0) = K_0$ ,

$$\dot{K}(t) = -\alpha K(t) + e^{\alpha t} F(K(t), L(t), R(t)) - C(t) - D(t) + \sigma_k(K, t) e_k(t), \quad K(0) = K_0, .$$

*Обсяг випуску:*  $Y = F(K, L, R, e_Y(t)) = \left[ \beta_1 K^{\frac{\delta-1}{\delta}} + \beta_2 L^{\frac{\delta-1}{\delta}} + \beta_3 R^{\frac{\delta-1}{\delta}} \right]^{\frac{\delta}{\delta-1}} + \sigma_Y(Y, t) e_Y(t)$ .

*Модель праці:*  $\dot{L}(t) = S(L, C, Z, \xi_L)$ ,  $L(0) = L_0$ .

$$\dot{L}(t) = \gamma_L L(t) - \gamma_Z Z(t) + \gamma_C C(t) + \sigma_L(L, t) e_L(t), \quad L(0) = L_0,$$

*Модель ресурсів:*  $\dot{R}(t) = \gamma_R R(t) + \gamma_K K(t) - Y(t) - \gamma_L L(t) + \sigma_R(R, t) e_R(t)$ ,  $R(0) = R_0$

чи  $\dot{R}(t) = d(K(t), L(t)) + \gamma_K K(t) - \gamma_L L(t) - Y(t) + \sigma_R(R, t) e_R(t)$ .

*Модель забруднення:*  $\dot{Z} = f^*(c, K, L, R)(1 - \eta c) - g(Z) + \sigma_Z(Z, t) e_Z(t)$ ,  $Z(0) = Z_0$ ,

*Модель динаміки інвестицій:*  $\dot{I}(t) = \Psi(I, K, L, Y, \xi_I)$ ,  $I(0) = I_0$ .

Для моделі динаміки інвестицій будемо використовувати СЛУ виду:  $dI_t = (a + bI_t)(I^0 - I_t)dt + \sigma(I^0 - I_t)dW_{it}$ , де  $I^0$  - граничний обсяг інвестицій;  $I^0 - I_t$  - об'єм потенційного ринку інвестицій;  $W_{it}$  - стандартний вінерівський процес,  $\sigma(I^0 - I_t)dW_{it}$  - випадковий процес, пропорційне неохопленій частині об'єм ринку інвестицій. Тут  $Y$  - обсяг «корисного» випуску,  $K$  - капітал,  $L$  - число працюючих,  $C$  - об'єм споживання,  $Z$  - об'єм забруднень («шкідливий» вихід),  $I$  - інвестиції,  $R$  - інші ресурси,  $D$  - витрати на заходь по зниженню забруднень;  $d(K(t), L(t))$  - деяка функція, що визначає об'єм відновлення ресурсу залежно від витраченого капіталу  $K(t)$  і притягнутої праці  $L(t)$ , а  $(\xi_k, \xi_z, \xi_R, \xi_L)$  - стохастичні зміни, які описують нестабільну зовнішню і внутрішню середовище.

*Критерій вибору оптимальної інноваційної і соціо- еколого-економічної політики є:*  $M[\Phi(C, Y, D, I)] \rightarrow \max$ , де  $\Phi(C, Y, D, I)$  - функція добробуту ТП (регіону, держави),  $M$  - символ математична сподівання.

Узагальнена інтегральна еколого-економічна динамічна модель може бути представлена у блоковому виді:

$$\begin{cases} \dot{E}_1 = f_1(E_1, E_2, P_1), \\ \dot{E}_2 = f_2(E_1, E_2, P_2), \end{cases} \quad (*)$$

де  $E = (E_1, E_2)$  - об'єднаний вектор станів еколого-економічної системи (ЕЕС), причому  $E_1 = E_1(t)$  - вектор економічних змінних;  $E_2 = E_2(t)$  - вектор

екологічних змінних (забруднення);  $P = (P_1, P_2)$  - сукупний вектор параметрів ЕЕС (внутрісистемних і зовнішніх). Очевидно, що  $E_1 = \langle K_1, L_1, I, \tau, C \rangle$ , де  $C = (C_1, C_2, C_3, C_4)$  - вектор деяких змінних витрат, причому  $C_1$  - «чисте» споживання,  $C_2 = C_{\text{э}}$  - споживання на екологію,  $C_3 = C_s$  - споживання на безпеку,  $C_4 = C_I$  - об'єм інвестицій на інноваційні і інформаційні технології.

Помітимо, при цьому, що

$$C_1 = g_1(Y) \approx \alpha_1 Y, C_2 = g_2(Y) \approx \alpha_2 Y, C_3 = g_3(Y) \approx \alpha_3 Y, C_4 = g_4(Y) \approx \alpha_4 Y, \\ \sum_k \alpha_k = 1, \alpha_k \geq 0.$$

Тут функції  $\{g_k(Y), r = 1, 2, \dots\}$ , які визначають структури розподілу доль від випуску в розподільному механізмі.

У разі інтегральної моделі управління функція корисності (ФК) - це є функція параметрів /змінних  $\tilde{u}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ , де  $\{\alpha_k(t), k = 1, \dots, 4\}$  - долі витрат на невиробничі, екологічні витрати, на безпеку, інноваційні і інформаційні технології, а критерій оптимальності тепер є співвідношення:

$$J(\{c, k, z, L, \tau, S\}) = \int_{t_0}^T \tilde{u}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \exp(-\theta t) dt \rightarrow \max_{\{\alpha_i\} \in \Omega} \quad \text{або}$$

$$\bar{J}[u(t)] = M\{J[u(t)]\} \Rightarrow \max_{u \in U}$$

Для вирішення завдань ЕЕУ на основі приведених стохастичних і детермінованих моделей і критерію оптимальності можна скористатися відомими класичними методами стохастичного оптимального управління [1-3].

*Висновки.* Розроблена та досліджена інтегральні соціально-еколого-економічні стохастичні моделі динаміки техногенних підприємств. При моделюванні динаміки праці, ресурсів, інвестицій, інновацій та інших показників і факторів використано СДР, зокрема, стохастичне логістичне рівняння. Запропонований варіант стохастичної управління моделі нелінійної динаміки інноваційного і інвестиційного процесів в складних інтегральних системах.

#### Список літератури

1. Рамазанов С.К., Рогоза Н.Е., Карнаухова Г.В. Стохастична модель інноваційно-інвестиційного процесу розвитку підприємства. // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Современные инновационно-инвестиционные механизмы развития национальной экономики». 9 октября 2014 г., Полтава: ПГТУ им. Ю. Кондратюка, 2014. С. 68-70.

2. Рамазанов С.К., Сергієнко А.В. Інтегральна соціально – еколого - економічна стохастична модель динаміки техногенного регіонального підприємства в умовах кризи. Монографія./ Колектив авторів// За заг. ред. проф. Соловйова В.М.- Черкаси, 2015. - С. 89-108.

3. Рамазанов С.К. Інноваційні технології антикризового управління економічними системами: монографія /С.К. Рамазанов, Г.О. Надьон, Н.І. Кришталь, О.П. Степаненко, Л.А. Тимашова; Під ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.