



**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
(НА МАТЕРІАЛАХ УКРАЇНИ)**

3.1. Моделі стійкості функціонування тваринницьких комплексів

Важливе значення для економіки України має розробка та аналіз нових, більш сучасних, адаптованих до ринкових умов, нетрадиційних підходів до функціонування сільськогосподарських підприємства. Власне, мова йде про створення пакета моделей оцінки стійкості функціонування тваринницьких комплексів у динаміці, згідно із сучасними вимогами логістики. Такі моделі доцільно побудувати за допомогою апарату теорії автоматичного управління (ТАУ) системами, що дозволяє визначати та передбачати стійкість у динаміці завдяки переходу від диференційних рівнянь динаміки елементів системи до алгебраїчних [1, 2].

Як відомо, найбільш ефективним напрямом організації підприємств, які беруть участь у виробничо-збутовій діяльності, є формування логістичної виробничо-збутової системи (ВЗС). Очевидно, що вона включає в себе такі основні підсистеми [3]:

1) закупівля – підсистема, яка забезпечує надходження матеріального потоку в ЛС;

2) планування і управління виробництвом - ця підсистема приймає матеріальний потік від підсистеми закупівлі і управляє ним у процесі виконання різних технологічних операцій, що перетворюють його в продукт виробництва;

3) збут – підсистема, яка забезпечує вибування матеріального потоку з ЛС.

Отже, з метою практичної реалізації моделювання стійкості функціонування тваринницьких комплексів зобразимо підприємство у вигляді цілісної, матеріалопровідної, замкненої логістичної виробничо-збутової системи (рис. 1).

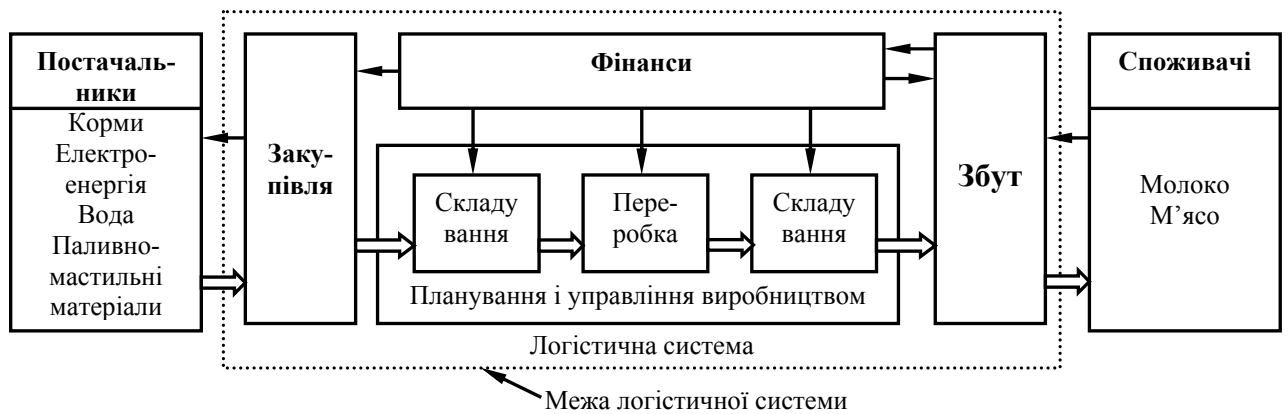


Рис. 1. Логістична ВЗС на основі циклу обертання засобів виробництва:

⇒ – матеріальні потоки;

→ – фінансові та інформаційні потоки.

Як видно з рисунку, логістична ВЗС тваринницький комплекс, представляє собою єдину організаційно-господарську структуру, що складається із самого промислового підприємства, постачальників сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, споживачів готової продукції, а також включає до свого складу систему транспортної й складської господарства.

Для більш детального розгляду функціональних підсистем такої логістичної ВЗС проаналізуємо схему її організаційно-функціональної структури.

Організаційно-функціональна структура ВЗС представляє собою складну кібернетичну систему з множиною матеріальних та інформаційних потоків, що керується менеджерами (блок 1) за допомогою системи зворотних зв'язків, за якими поступає оперативна інформація. З метою реалізації принципу управління за відхиленням, система є замкненою за допомогою головного зворотного зв'язку. Це дає змогу забезпечити надходження на вхід системи сигналу, пропорційного вихідній величині. Оскільки цей сигнал повинен подіяти на систему таким чином, щоб відхилення вихідної величини, яке з'явилося внаслідок дії збурення, зменшилось, то головний зворотний зв'язок є від'ємним. Поряд із головним зворотним зв'язком, в системі для підвищення

точності управління застосовуються також місцеві зворотні зв'язки, які охоплюють одну або декілька ланок.

Система складається із самого комплексу (блок 3), складів для сировини, напівфабрикатів, обладнання, матеріалів (блок 2) і готової продукції (блок 4), зовнішнього транспорту (блок 5), споживачів (блок 6), а також постачальників сировини і матеріалів (блок 7). При такій структурі максимально збільшується ефективність (результативність) всієї ВЗС у цілому.

Входом системи θ_{ex} є прогностичний виробничий план (ПВП), який відслідковується і реалізується блоком 1. Виходом $\theta_{вих}$ є готова продукція в сфері споживача (блок 6). Відповідні показники ПВП поступають на блоки 2-7, порівнюються з можливостями їх реалізації і враховуються в процесі функціонування ВЗС.

Дещо спрощено процес управління ВЗС можна представити як систематичне відстеження в часі блоком 1 функціонування ВЗС при порівнянні виходів з фактичним виконанням ПВП як для кожної локальної підсистеми (блоки 2-7), так і для всієї системи в цілому (рис. 2).

Застосуємо апарат ТАУ в економіці та розглянемо поелементний підхід до дослідження запропонованої ВЗС. З цією метою кожний блок організаційно-функціональної структури ВЗС представимо у вигляді динамічної ланки та з'єднаємо їх між собою. В результаті отримаємо структурну модель тваринницького комплексу в термінах перетворення Лапласа.

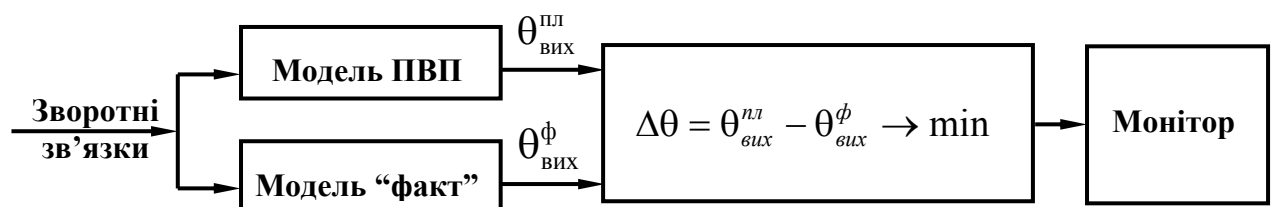


Рис. 2. Схема реалізації процесу управління в умовах ВЗС

Для формалізованого опису процесу функціонування ВЗС у часі, необхідно визначити, якою саме динамічною ланкою слід представити той, або інший функціональний блок системи на структурній схемі. Ця задача вирішується завдяки складанню рівнянь динаміки всіх елементів системи, з яких можна отримати передаточні та перехідні функції ланок, визначити їх коефіцієнти, а отже встановити різновид динамічної ланки.

Під час складання рівнянь динаміки елементів системи, необхідно детально вивчити сутність економічних явищ, що відбуваються у тому або іншому блоці, знайти методи їх математичного описання, врахувати вплив всіх діючих факторів. Отже, з метою складання рівняння динаміки виробництва, представимо його у вигляді аналогової моделі (рис. 3), яка імітує роботу будь-якого суб'єкта ринку [4]. Припустимо, що підприємство, яке виробляє продукцію володіє об'ємом V_{en} (кг) для зберігання сировини. Воно закупає у виробників сировину (напівфабрикати, обладнання, матеріали) з інтенсивністю Q_{zc} (кг/добу) по ціні P_{zc} (грн/кг), та виробляє готову продукцію з інтенсивністю Q_{vp} (кг/добу) по ціні P_{vp} (грн/кг). Крани K_{zc} і K_{vp} на рисунку характеризують пропускну здатність завантажувальних та розвантажувальних робіт у процесі закупки і продажу сировини і готової продукції.

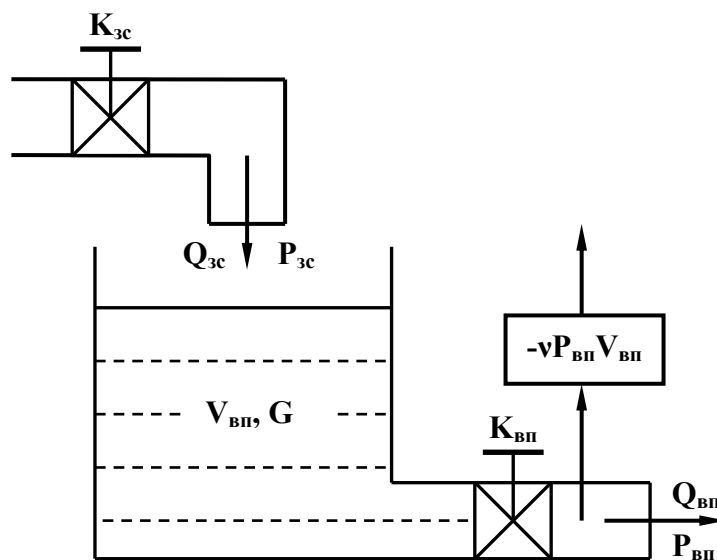


Рис. 3. Спрощена фізична модель виробництва

У сталому режимі $Q_{ен}^* = Q_{зс}^*$, інтенсивність доходу підприємства відповідає інтенсивності виробництва $D = Q_{ен}^* \cdot P_{ен}$. Інтенсивність витрат – $S = Q_{зс}^* \cdot P_{зс}$, інтенсивність накопичення фінансів G підприємством дорівнює нулю (тобто $(dG/dt) = 0$), отже, $P_{ен} = P_{зс}$. Розглянемо випадок, коли у витратних статтях грошового балансу підприємства з'являється член, який враховує інтенсивність витрат фінансів усередині виробництва (див. рис. 3). Динаміку такого об'єкта можна записати так: дохід – витрата = накопичення або:

$$Q_{зс} P_{зс} - Q_{ен} P_{ен} + v P_{ен} V_{ен} = V_{ен} \frac{dP_{ен}}{dt}, \quad (1)$$

де $Q_{зс}$ – інтенсивність закупівлі сировини, кг/добу;

$P_{зс}$ – ціна закупівлі сировини, грн/кг;

$Q_{зс} P_{зс} = S$ – інтенсивність витрат, які залежать від $Q_{зс}$, грн/добу;

$Q_{ен}$ – інтенсивність виробництва готової продукції, кг/добу;

$P_{ен}$ – ціна виробництва продукції (собівартість), грн/кг;

$Q_{ен} P_{ен} = D$ – інтенсивність доходу, грн/добу;

v – коефіцієнт інтенсивності, 1/добу;

$V_{ен}$ – об'єм для зберігання сировини, кг;

$v P_{ен} V_{ен}$ – інтенсивність витрат на функціонування виробництва, грн/добу;

$V_{ен} \frac{dP_{ен}}{dt}$ – інтенсивність накопичення, грн/добу.

Після перетворень (1) отримаємо:

$$\frac{V_{ен}}{Q_{ен} - v V_{ен}} \cdot \frac{dP_{ен}}{dt} + P_{ен} = \frac{Q_{зс}}{Q_{ен} - v V_{ен}} \cdot P_{зс}, \quad (2)$$

Вираз (2) представляє собою рівняння аперіодичної або інерційної ланки [5]. Тому дріб $\frac{V_{ен}}{Q_{ен} - v V_{ен}}$ відповідає постійній часу виробництва T_3 , яка

характеризує його інерційність, тобто час перебування грошей (виручки) у виробництві; коефіцієнт P_{en} – це вихідна величина ланки x_{eux} ; дріб $\frac{Q_{zc}}{Q_{en} - vV_{en}}$ відповідає коефіцієнту передачі (підсилення) K_3 ; коефіцієнт P_{ex} – це вхідна величина ланки x_{ex} . Отже, стандартний вигляд рівняння (2) такий:

$$T \cdot \frac{dx_{eux}}{dt} + x_{eux} = K \cdot x_{ex}. \quad (3)$$

Перейдемо до зображення за Лапласом та запишемо рівняння (3) в операторному вигляді, зробивши підстановку $\frac{d}{dt} = p$:

$$(Tp + 1) \cdot X_{eux} = K \cdot X_{ex}. \quad (3a)$$

Розв'язок такого лінійного неоднорідного диференційного рівняння першого порядку має вигляд:

$$X_{eux} = K \cdot X_{ex} (1 - e^{-t/T}). \quad (4)$$

Відповідна перехідна функція аперіодичної ланки представляє собою експоненту (рис. 4). Передаточна функція отримана з рівняння (3a) представляє собою відношення зображення за Лапласом вихідної величини ($X_{eux}(p)$) до зображення за Лапласом вхідної величини ($X_{ex}(p)$) і має вигляд:

$$W_3(p) = \frac{X_{eux}(p)}{X_{ex}(p)} = \frac{K_3}{T_3 p + 1}. \quad (5)$$

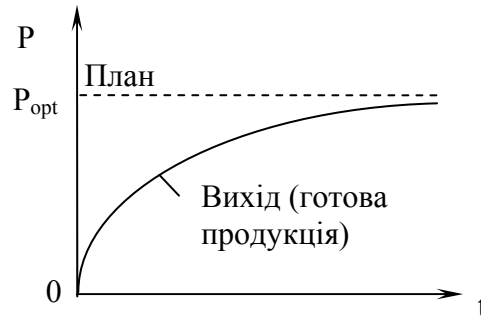


Рис. 4. Перехідна функція ланки “Виробництво”:

P – виконання плану.

З рис. 4 видно, що управління ВЗС з економічної точки зору веде себе так само, як і процес виробництва продукції, а ефективність схвалюваних рішень можна представити, як долю від того, що могло би бути. Тому управління також як і виробництво описується диференціальним рівнянням аперіодичної ланки. Отже, рівняння ланки “Управління” буде мати вигляд:

$$\frac{V_m}{Q_{non} - \nu V_m} \cdot \frac{dP_{non}}{dt} + P_{non} = \frac{Q_{pron}}{Q_{non} - \nu V_m} \cdot P_{pron}, \quad (6)$$

де Q_{pron} – інтенсивність пропозиції товару виробником, кг/добу;

P_{pron} – ціна товару пропонованого виробником, грн/кг;

$Q_{pron} P_{pron} = S$ – функція пропозиції (інтенсивність витрат), грн/добу;

Q_{non} – інтенсивність попиту на товар у споживачів, кг/добу;

P_{non} – ціна попиту на товар, грн/кг;

$Q_{non} P_{non} = D$ – функція попиту (інтенсивність доходу), грн/добу;

$\nu P_{non} V_m$ – інтенсивність витрат на менеджмент, грн/добу;

$\frac{V_m}{Q_{non} - \nu V_m} = T_1$ – постійна часу менеджменту, яка характеризує його інерційність, діб;

$\frac{Q_{pron}}{Q_{non} - \nu V_m} = K_1$ – коефіцієнт передачі (підсилення);

ν – коефіцієнт інтенсивності, 1/добу.

Відповідна перехідна функція аперіодичної ланки, що представляє собою експоненту показана на рис. 5.

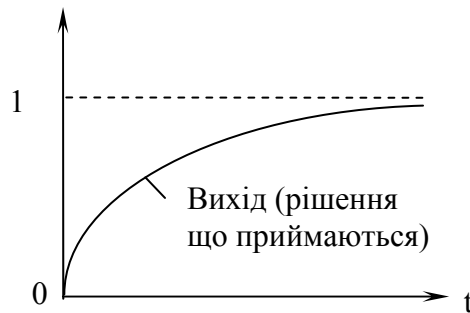


Рис. 5. Перехідна функція ланки “Управління”:

R – ефективність схвалюваних рішень.

Передаточна функція ланки має вигляд: $W_1(p) = \frac{K_1}{T_1 p + 1}$.

Отже, блоки 1 (менеджмент) і 3 (виробництво) описуються експонентами та відповідними передаточними функціями аперіодичних ланок.

Процеси, що відбуваються на складах прийняті для дещо ідеалізованих умов управління запасами. Так, будемо вважати, що фіксована кількість продукції Q (кг) замовляється тоді, коли її запас досягає нуля, причому витрати на виконання однієї партії замовлення (накладні витрати) є сталими і дорівнюють A (грн). Замовлення задовольняється миттєво, з періодом T (днів). Попит (швидкість витрати запасів зі складу) неперервний і має сталу інтенсивність S (кг/добу), коли запас досягає нуля, видається нове замовлення. Дефіцит не припускається. Витрати на зберігання одиниці продукції (питомі витрати) безперервні і мають сталу інтенсивність I (грн/кг·добу). Враховуючи вищесказане, оптимальний обсяг однієї партії замовлення знайдемо за формулою Вільсона [6]:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}}, \quad (7)$$

де Q_{opt} – оптимальний обсяг однієї партії замовлення, кг;

A – витрати на виконання однієї партії замовлення (накладні витрати), грн;

S – інтенсивність попиту (швидкість витрати запасів зі складу), кг/добу;

I – витрати на зберігання одиниці продукції (питомі витрати), грн/кг·добу.

Оптимальний період поповнення запасу (термін використання поставки оптимального обсягу):

$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot A}{I \cdot S}}, \quad (8)$$

де T – оптимальний період поповнення запасу, днів.

Кількість оптимальних поставок:

$$k = \frac{S}{Q} = \sqrt{\frac{I \cdot S}{2 \cdot A}}, \quad (9)$$

де k – кількість оптимальних поставок.

Рівняння (8) можна звести до стандартного вигляду – диференційного рівняння реально-диференціюючої ланки [5]:

$$T \cdot \frac{dx_{вux}}{dt} + x_{вux} = K \cdot T \cdot \frac{dx_{ex}}{dt}. \quad (10)$$

Отже, у рівнянні (7) оптимальний обсяг однієї партії замовлення Q_{opt} відповідає коефіцієнту передачі (підсилення) K_2 ; оптимальний період поповнення запасу T , відповідає постійній часу T_2 . Перейдемо до зображення за Лапласом та запишемо рівняння (10) в операторному вигляді:

$$(Tp + 1) \cdot X_{вux} = K \cdot Tp \cdot X_{ex}. \quad (10a)$$

Розв'язок такого лінійного неоднорідного диференційного рівняння першого порядку має вигляд:

$$X_{\text{вих}} = K \cdot X_{\text{вх}} e^{-t/T}. \quad (11)$$

Відповідна перехідна функція реально-диференціюючої ланки представляє собою перевернуту експоненту. Враховуючи наші припущення, щодо управління запасами, зобразимо її нижче (рис. 6).

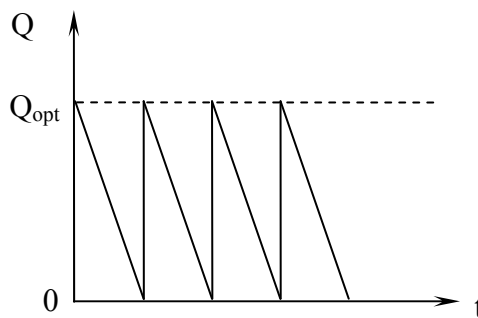


Рис. 6. Перехідна функція ланки “Склад”:

Q – запаси на складах.

Передаточна функція ланки отримана з рівняння (10а) представляє собою відношення зображення за Лапласом вихідної величини ($X_{\text{вих}}(p)$) до зображення за Лапласом вхідної величини ($X_{\text{вх}}(p)$) і має вигляд:

$$W_2(p) = \frac{X_{\text{вих}}(p)}{X_{\text{вх}}(p)} = \frac{K_2 T_2 p}{T_2 p + 1}. \quad (12)$$

Оскільки процеси, що відбуваються на складах сировини та готової продукції ідентичні, диференційне рівняння останнього знаходиться аналогічно, а передаточна функція буде мати вигляд: $W_4(p) = \frac{K_4 T_4 p}{T_4 p + 1}$.

Отже, перехідні та передаточні функції складів (блоки 2 і 4) прийняті для дещо ідеалізованих умов управління запасами й описуються за допомогою реально-диференціюючих ланок.

Перевезення зі складу до споживача можна описати за допомогою ланки запізнення. Характерними особливостями таких ланок є те, що величина, яка надходить на вхід, передається на вихід ланки з деяким запізненням τ [5]. Рівняння ланки із запізненням має вигляд:

$$x_{вих}(t) = K \cdot x_{вх}(t-\tau) . \quad (13)$$

У рівнянні (13) коефіцієнт передачі (підсилення) K відповідає обсягу продукції, що транспортується V_m . Проте, у багатьох випадках приймають, що коефіцієнт передачі ланок із запізненням дорівнює одиниці. Запізнення τ відповідає часу перевезення вантажу.

Після перетворення за Лапласом і використання теореми запізнення в операторній формі запису, рівняння матиме вигляд:

$$X_{вих} = X_{вх} e^{-p\tau} . \quad (13a)$$

Перехідна функція запізнювальної ланки представлена на рис. 7.

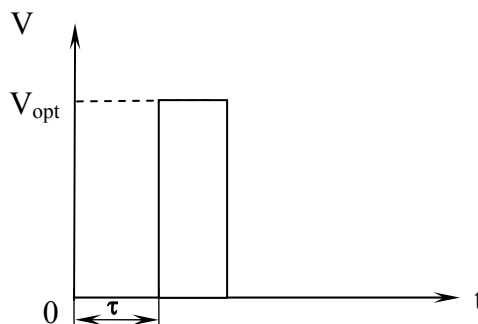


Рис. 7. Перехідна функція ланки “Транспорт”:

V – обсяг транспортування.

Передаточна функція ланки отримана з рівняння (13a) має вигляд:

$$W_5(p) = \frac{X_{вих}(p)}{X_{вх}(p)} = e^{-p\tau}. \quad (14)$$

Отже, перевезення зі складу до споживача (блок 5) враховується за допомогою ланки запізнення з відповідною передаточною функцією.

Поведінка споживача продукції може бути формалізована за допомогою графіка класичного життєвого циклу товарів або з використанням графіків інших життєвих циклів. Якщо розглядати графік класичного життєвого циклу товарів, то його найбільш точне відображення представляє аперіодична ланка з перехідною функцією зображеною на рис. 8.

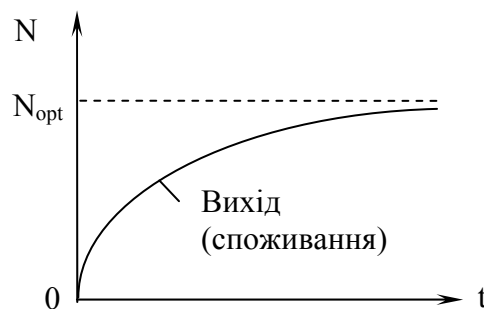


Рис. 8. Перехідна функція ланки “Споживач”:

N – обсяг споживання продукції.

Передаточна функція такої ланки має вигляд: $W_6(p) = \frac{K_6}{T_6 p + 1}$.

Для визначення її коефіцієнтів розглянемо “павутинну” модель попиту та пропозиції [7]. Нехай ринок будь-якого окремого товару характеризується лінійними функціями попиту та пропозиції: $d = d(P)$, $s = s(P)$. При цьому $d(P)$ убуває, а $s(P)$ зростає (рис. 9), тобто:

$$d(P) = \alpha - aP, \quad s(P) = \beta + bP, \quad (15)$$

де α , β – відповідно коефіцієнти попиту та пропозиції;

a , b – деякі коефіцієнти.

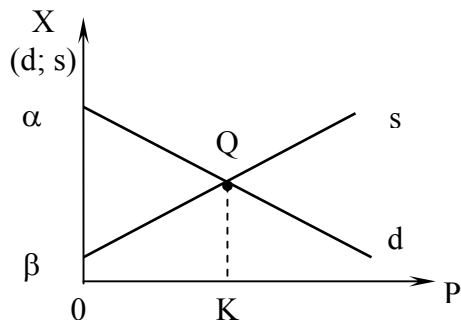


Рис. 9. “Павутинна” модель попиту та пропозиції

Внаслідок збуту товару на ринку ціна на нього буде змінюватися з часом. Нехай $P(t)$ – ціна на товар на ринку в момент часу t , а $P(t + \Delta t)$ – ціна на товар в момент часу $t + \Delta t$. Тоді різниця $P(t + \Delta t) - P(t) = \Delta P$ дасть приріст функції $P(t)$ за проміжок часу від t до $t + \Delta t$. Цей приріст можна визначити, як:

$$\Delta P = D - S, \tag{16}$$

де $D = d \cdot P \cdot \Delta t$ – інтенсивність доходу за час Δt ;

$S = s \cdot P \cdot \Delta t$ – інтенсивність витрат за час Δt .

Тоді, підставляючи (15) в (16) та позначивши $r = \alpha - \beta$, $s = a + b$, запишемо:

$$\Delta P = r \cdot P \cdot \Delta t - s \cdot P^2 \cdot \Delta t \tag{17}$$

Це рівняння дозволяє обґрунтувати певну коректність припущення про лінійність функцій $d(P)$ та $s(P)$. Дійсно, другий доданок у виразі (17) відображає зниження швидкості зростання ціни через внутрішньо-ринкову конкуренцію. Але конкуренція тим вища, чим більше товарів на ринку, а кількість товарів пропорційна P^2 .

Для отримання логістичного рівняння Ферхюльста – Пірла розділимо вираз (17) на Δt і перейдемо до границі при $\Delta t \rightarrow 0$ [8]:

$$\frac{dP}{dt} = rP - sP^2, r > 0, s > 0, \tag{18}$$

де $r = \alpha - \beta$ – коефіцієнт швидкості зростання ціни, грн/добу;

$s = a + b$ – коефіцієнт самолімітування або внутрішньо-товарної конкуренції;

P – ціна товару, грн.

У даному рівнянні коефіцієнт швидкості зростання ціни r фактично дорівнює максимальній потенційній швидкості зростання, яку досягла би ціна при відсутності лімітуючих чинників. Коефіцієнт внутрішньо-товарної конкуренції характеризує гальмівний вплив ідентичних товарів один на одного.

Стандартний вигляд рівняння (17) такий:

$$\frac{dP}{dt} = rP \left(\frac{K - P}{K} \right), \quad (18a)$$

де $K = K_0 = \frac{r}{s}$ – ціна рівноваги.

Знайдемо рішення цього рівняння, провівши його інтегрування при початкових умовах $t_0 = 0$ і $P(0) = P_0 < K$:

$$P(t) = \frac{K \cdot P_0}{P_0 + (K - P_0) \cdot e^{-rt}}. \quad (19)$$

Якщо провести диференціювання рівняння (18a) і підставити в отриманий вираз значення $P(t)$ з виразу (19), то отримаємо:

$$\frac{d^2 P}{dt^2} = r \left(\frac{K - P_0 - P_0 \cdot e^{-rt}}{K - P_0 + e^{-rt}} \right) \frac{dP}{dt}. \quad (20)$$

Звідси видно, що при $K - P_0 - P_0 \cdot e^{-rt} > 0$ похідна $P''(t) > 0$, і, отже, функція $P(t)$ увігнута; при $K - P_0 - P_0 \cdot e^{-rt} < 0$ похідна $P''(t) < 0$, тому $P(t)$ опукла. Абсциса

точки перегину відповідає рівнянню $K - P_0 - P_0 \cdot e^{rt} = 0$, звідси знайдемо постійну часу T_6 :

$$T = T_6 = \frac{1}{r} \cdot \ln \frac{K - P_0}{P_0}. \quad (21)$$

Отже, споживач (блок 6) описується експонентою і відповідними перехідною та передаточною функціями аперіодичної ланки.

Зовнішній транспорт (блок 5) може доставляти готову продукцію не тільки споживачеві, але й сировину та матеріали в блок 2. Тому динамічні ланки, що описують споживачів (блок 6) та постачальників сировини (блок 7) на структурній моделі ВЗС зображені у вигляді паралельного з'єднання.

Рівняння ланки “Постачальники сировини” буде мати вигляд:

$$\frac{V_{nc}}{Q_{nc} - vV_{nc}} \cdot \frac{dP_{nc}}{dt} + P_{nc} = \frac{Q_{ec}}{Q_{nc} - vV_{nc}} \cdot P_{ec}, \quad (22)$$

де Q_{ec} – інтенсивність виробництва сировини, кг/добу;

P_{ec} – ціна сировини (собівартість) пропонованої виробником, грн/кг;

$Q_{ec}P_{ec} = S$ – інтенсивність витрат, грн/добу;

Q_{nc} – інтенсивність поставки сировини споживачам, кг/добу;

P_{nc} – ціна поставки сировини споживачам, грн/кг;

$Q_{nc}P_{nc} = D$ – інтенсивність доходу, грн/добу;

$vP_{nc}V_{nc}$ – інтенсивність витрат фінансів, пов'язаних із постачанням, грн/добу;

$\frac{V_{nc}}{Q_{nc} - vV_{nc}} = T_7$ – постійна часу поставки, що характеризує її інерційність, днів;

$\frac{Q_{ec}}{Q_{nc} - vV_{nc}} = K_7$ – коефіцієнт передачі (підсилення);

v – коефіцієнт інтенсивності, 1/добу.

Відповідна перехідна функція цієї аперіодичної ланки представляє собою

експоненту та подана на рис. 10.

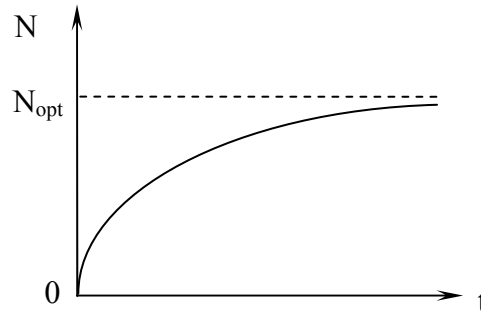


Рис. 10. Перехідна функція ланки “Постачальник сировини”:

N – обсяг поставки сировини.

Передаточна функція ланки буде мати вигляд: $W_7(p) = \frac{K_7}{T_7 p + 1}$.

Отже, постачальники сировини (блок 7) описуються експонентою і відповідними перехідною та передаточною функціями аперіодичної ланки.

Передаточні функції всіх ланок системи з врахуванням перетворення Лапласа, а також формули розрахунку їх коефіцієнтів наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Передаточні функції ланок структурної моделі та їх коефіцієнти

i	Назва блоку структурної моделі	Передаточна функція $W_i(p)$	Коефіцієнт передачі K_i	Постійна часу T_i
1	Управління ВЗС	$\frac{K_1}{T_1 p + 1}$	$\frac{Q_{\text{прон}}}{Q_{\text{нон}} - vV_{\text{м}}}$	$\frac{V_{\text{м}}}{Q_{\text{нон}} - vV_{\text{м}}}$
2	Склад сировини, напівфабрикатів, обладнання, матеріалів	$\frac{K_2 T_2 p}{T_2 p + 1}$	$\sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}}$	$\sqrt{\frac{2 \cdot A}{I \cdot S}}$
3	Виробництво	$\frac{K_3}{T_3 p + 1}$	$\frac{Q_{\text{зс}}}{Q_{\text{ен}} - vV_{\text{ен}}}$	$\frac{V_{\text{ен}}}{Q_{\text{ен}} - vV_{\text{ен}}}$
4	Склад готової продукції	$\frac{K_4 T_4 p}{T_4 p + 1}$	$\sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}}$	$\sqrt{\frac{2 \cdot A}{I \cdot S}}$
5	Зовнішній транспорт	e^{-pt}	–	–
6	Споживачі	$\frac{K_6}{T_6 p + 1}$	$\frac{r}{s}$	$\frac{1}{r} \cdot \ln \frac{K - P_0}{P_0}$
7	Постачальники сировини, матеріалів	$\frac{K_7}{T_7 p + 1}$	$\frac{Q_{\text{вс}}}{Q_{\text{нс}} - vV_{\text{нс}}}$	$\frac{V_{\text{нс}}}{Q_{\text{нс}} - vV_{\text{нс}}}$

Треба враховувати, що при розробці економіко-математичних моделей допускаються деякі спрощення, виділяється тільки основне. Так, всі економічні процеси сільськогосподарського виробництва нелінійні, стохастичні. Проте в основному використовуються лінійні моделі, тобто реальні процеси спрощуються. Тому перехідні функції всіх блоків структурної моделі ВЗС при використанні принципу “чорного ящика” також дещо спрощені.

Таким чином, завдяки представленню тваринницького комплексу у вигляді логістичної виробничо-збутової системи, вдалося сформулювати його структурну модель в термінах перетворення Лапласа. Складання рівнянь динаміки елементів виробничо-збутової системи дозволило отримати перехідні та передаточні функції ланок, визначити їх коефіцієнти. Завдяки цьому, з’являється можливість визначити узагальнену передаточну функцію тваринницького комплексу, що згідно з запропонованим концептуальним підходом є однією з передумов дослідження стійкості.

Визначаючи узагальнену передаточну функцію підприємства слід враховувати правила послідовного та паралельного з’єднання ланок структурної моделі ВЗС, а також правило знаходження передаточної функції ланки охопленої зворотним зв’язком [5].

У відповідності з цими правилами проводиться згортання всієї структурної моделі ВЗС із урахуванням передаточних функцій зворотних зв’язків $W_{(2-1)}^{33}(p)$, $W_{(3-1)}^{33}(p)$, ..., $W_{(6||7-1)}^{33}(p)$. Оскільки система замкнена за допомогою головного одиничного зворотного зв’язку і він є від’ємним, то передаточна функція такого з’єднання набуде вигляду:

$$W_{(7-1)}^{33}(p) = \frac{W_{1234567}(p)}{1 + W_{1234567}(p) \cdot 1} = \frac{K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 p^2 e^{-p\tau}}{((((T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1) + K_1 K_2 T_2 p) \cdot (T_3 p + 1) + K_1 K_2 K_3 T_2 p) \times \frac{1}{\times (T_4 p + 1) + K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 p^2} + K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 p^2 e^{-p\tau})} \times \frac{(K_6 T_7 p + K_7 T_6 p + K_6 + K_7)}{(T_6 T_7 p^2 + T_6 p + T_7 p + 1) + K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 p^2 e^{-p\tau} (K_6 T_7 p + K_7 T_6 p + K_6 + K_7)}.$$

Якщо в наведеному вище виразі розкрити дужки, виконати приведення подібних, заміни та деякі спрощення [9], то отримаємо повний вигляд узагальненої передаточної функції виробничо-збутової системи:

$$W_{1-7}(p) = \frac{\theta_{\text{вих}}(p)}{\theta_{\text{вх}}(p)} = \frac{Ap^3 + Bp^2}{(a_6p^6 + \dots + a_2p^2 + a_1p + a_0)e^{p\tau} + b_4p^4 + b_3p^3 + b_2p^2}, \quad (23)$$

де $W_{1-7}(p)$ – узагальнена передаточна функція ВЗС;

$\theta_{\text{вих}}(p)$ – вихід (готова продукція в сфері споживання);

$\theta_{\text{вх}}(p)$ – вхід (прогностичний виробничий план);

$A, B, a_6, a_5, \dots, a_0, b_4, b_3, b_2$ – коефіцієнти узагальненої передаточної функції;

p – комплексний оператор Лапласа;

τ – час перевезення вантажу.

Значення коефіцієнтів узагальненої передаточної функції, що представляють собою відповідні сполучення постійних часу T_1, T_2, \dots, T_7 та коефіцієнтів підсилення K_1, K_2, \dots, K_7 ланок в ланцюгах головного контуру і зворотних зв'язків $W_{(2-1)}^{33}(p), W_{(3-1)}^{33}(p), \dots, W_{(7-1)}^{33}(p)$ представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти узагальненої передаточної функції системи

Коефіцієнт	Формула визначення коефіцієнту
A	$K_1K_2K_3K_4T_2T_4(K_6T_7 + K_7T_6)$
B	$K_1K_2K_3K_4T_2T_4(K_6 + K_7)$
a_6	$T_1T_2T_3T_4T_6T_7$
a_5	$T_4T_6T_7(T_1T_2 + T_1T_3 + T_2T_3 + K_1K_2T_2T_3) + T_1T_2T_3(T_6T_7 + T_4T_6 + T_4T_7)$
a_4	$T_1T_4T_6T_7 + T_2T_4T_6T_7 + T_3T_4T_6T_7 + K_1K_2T_2T_4T_6T_7 + K_1K_2K_3T_2T_4T_6T_7 + T_1T_2T_6T_7 +$ $+ T_1T_3T_6T_7 + T_2T_3T_6T_7 + K_1K_2T_2T_3T_6T_7 + K_1K_2K_3K_4T_2T_4T_6T_7 + T_1T_2T_4T_6 +$ $+ T_1T_3T_4T_6 + T_2T_3T_4T_6 + K_1K_2T_2T_3T_4T_6 + T_1T_2T_3T_6 + T_1T_2T_4T_7 + T_1T_3T_4T_7 +$ $+ T_2T_3T_4T_7 + K_1K_2T_2T_3T_4T_7 + T_1T_2T_3T_7 + T_1T_2T_3T_4$
a_3	$T_4T_6T_7 + T_1T_6T_7 + T_2T_6T_7 + T_3T_6T_7 + K_1K_2T_2T_6T_7 + K_1K_2K_3T_2T_6T_7 + T_1T_4T_6 + T_2T_4T_6 +$ $+ T_3T_4T_6 + K_1K_2T_2T_4T_6 + K_1K_2K_3T_2T_4T_6 + T_1T_2T_6 + T_1T_3T_6 + T_2T_3T_6 + K_1K_2T_2T_3T_6 +$ $+ K_1K_2K_3K_4T_2T_4T_6 + T_1T_4T_7 + T_2T_4T_7 + T_3T_4T_7 + K_1K_2T_2T_4T_7 +$

	$+ K_1 K_2 K_3 T_2 T_4 T_7 + T_1 T_2 T_7 + T_1 T_3 T_7 + T_2 T_3 T_7 + K_1 K_2 T_2 T_3 T_7 + K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 T_7 +$ $+ T_1 T_2 T_4 + T_1 T_3 T_4 + T_2 T_3 T_4 + K_1 K_2 T_2 T_3 T_4 + T_1 T_2 T_3$
a_2	$T_6 T_7 + T_4 T_6 + T_1 T_6 + T_2 T_6 + T_3 T_6 + K_1 K_2 T_2 T_6 + K_1 K_2 K_3 T_2 T_6 + T_4 T_7 + T_1 T_7 +$ $+ T_2 T_7 + T_3 T_7 + K_1 K_2 T_2 T_7 + K_1 K_2 K_3 T_2 T_7 + T_1 T_4 + T_2 T_4 + T_3 T_4 + K_1 K_2 T_2 T_4 +$ $+ K_1 K_2 K_3 T_2 T_4 + T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3 + K_1 K_2 T_2 T_3 + K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4$
a_1	$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_6 + T_7 + K_1 K_2 T_2 + K_1 K_2 K_3 T_2$
a_0	1
b_4	$K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 T_6 T_7$
b_3	$K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 (T_6 + T_7 + K_6 T_7 + K_7 T_6)$
b_2	$K_1 K_2 K_3 K_4 T_2 T_4 (1 + K_6 + K_7)$

Отже, в результаті згортання структурної моделі ВЗС отримаємо один еквівалентний блок (рис. 11) з передаточною функцією (23).

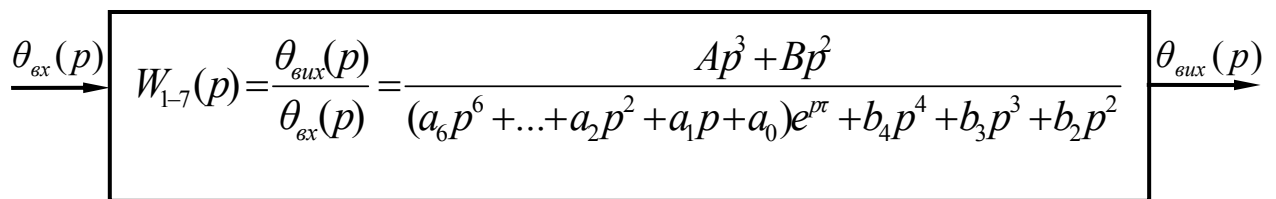


Рис. 11. Структурна модель ВЗС у вигляді еквівалентного блоку

На вхід такого блоку надходить прогностичний виробничий план, а на виході отримуємо готову продукцію в сфері споживання.

Таким чином, виконавши перетворення замкненої структурної моделі багатоконтурної виробничо-збутової системи в еквівалентний блок, було отримано узагальнену передаточну функцію тваринницького комплексу. У подальшому узагальнена передаточна функція може бути покладена в основу імітаційної моделі тваринницького комплексу, що дасть змогу застосувати добре відомі математичні методи та апарат теорії автоматичного управління системами до визначення його стійкості.

За локальний критерій оптимальності функціональних підсистем ВЗС в процесі управління можна прийняти мінімізацію розузгодження (див. рис. 2):

$$\Delta\theta = \theta_{vix}^{nl} - \theta_{vix}^{\phi} \rightarrow \min, \quad (24)$$

де $\Delta\theta$ – величина неузгодженості;

$\theta_{вих}^{nl}$ – прогностичний виробничий план, грн.;

$\theta_{вих}^{\phi}$ – фактичне виконання плану, грн.

Даний критерій більш строго можна враховувати у вигляді мінімізації дисперсії ($\bar{D} \rightarrow \min$) або середньоквадратичного відхилення ($\bar{\varepsilon} = \sqrt{\bar{D}} \rightarrow \min$) параметра $\Delta\theta$.

У випадку, якщо функціонування тваринницького комплексу не задовольняє наведеним вище критеріям, необхідно повернутись до формування прогностичних виробничих планів для внесення необхідних коректив параметричного характеру. Якщо ж результат оптимізації ВЗС та всіх її блоків задовольняють критеріям оптимальності, то отримані результати можуть бути використані для прийняття управлінських рішень з метою підвищення ефективності функціонування тваринницьких комплексів.

Як уже зазначалося, дії логістичної системи повинні бути спрямовані на забезпечення мінімуму розузгодження між структурою виробничої програми ВЗС та структурою споживчого попиту в будь-який момент часу, що, в свою чергу, забезпечує умови для завоювання стійкого положення на ринку, а отже і стійке функціонування підприємства.

Виходячи з цього, за глобальний критерій оптимальності, що враховує потреби ринку і забезпечує “виживання” в умовах конкуренції, а також отримання необхідного прибутку для ВЗС з урахуванням обмежень, що накладаються, слід приймати показник стійкості функціонування тваринницького комплексу.

Отримані у роботі моделі оцінки й аналізу стійкості функціонування тваринницьких комплексів є досить універсальними, що дає можливість використовувати їх при відповідній адаптації для дослідження будь-яких виробничо-збутових систем в умовах інших галузей промисловості.

Список літератури

1. Бояринова К. Моделирование воздействия управленческих технологий на устойчивое функционирование предприятий машиностроения [Електронний ресурс] / К. Бояринова, Н. Григорська // Соціально-економічні проблеми і держава. – 2013. – Вип. 2 (9). – С. 232–239. – Режим доступу до журналу : <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2013/13bkofpm.pdf>.
2. Удовіченко М.О. Економічна стійкість аграрних підприємств: фактори, види, модель побудови / М.О. Удовіченко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2012. – №2. – С. 185–189.
3. Гамалій В.Ф. Питання щодо дослідження стійкості функціонування промислово-економічних систем / В.Ф. Гамалій, І.В. Ніколаєв // Вісник економічної науки України. – 2008. – № 1 (13). – С. 14–17.
4. Марюта А.Н. Модель экономической динамики однопродуктового рынка / А.Н. Марюта, А.В. Жилыева // Теоретична економія та її застосування. Динамічні моделі в економіці : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ : РВВ ДДУ, 2000. – Вип. 3. – С. 16–24.
5. Зайцев Г.Ф. Основы автоматического управления и регулирования / Г.Ф. Зайцев, В.И. Костюк, П.И. Чинаев. – К. : Техніка, 1975. – 496 с.
6. Шимко П.Д. Оптимальное управление экономическими системами / П.Д. Шимко. – СПб. : ИД “Бизнес-пресса”, 2004. – 240 с.
7. Механизмы и модели управления кризисными ситуациями : монография / [Т.С. Клебанова, В.И. Грачев, Е.В. Раевнева др.] ; под ред. Т.С. Клебановой. – Х. : ИД “ИНЖЭК”, 2007. – 200 с.
8. Антономов Ю.Г. Моделирование биологических систем : справочник / Ю.Г. Антономов. – К. : Наукова думка, 1977. – 215 с.
9. Ніколаєв І.В. До питання адекватної імітаційної моделі тваринницької ферми / І.В. Ніколаєв // Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2003. – Вип. 177, Т. I. – С. 175–179.