

УДК 519.8

Ю. А. Пасенченко,  
к. ф.-м. наук, доцент  
О. І. Назаренко,  
аспірантка,

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМ ДИСТРИБУЦІЇ ТОВАРІВ ТА УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ІЄРАРХІЧНОГО ТОРГОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Анотація.** У статті відображено результати побудови узагальненої моделі взаємодії системи дистрибуції товарів та управління запасами на багаторівневому підприємстві у контексті системи збалансованих показників. В моделі відображено основні складові витрат підприємства та їх ефективність в логістичному, внутрішньо процесному, клієнтському напрямках розвитку. Практичне застосування наведеної моделі дозволить оптимізувати управління запасами на торговому підприємстві з багаторівневою ієрархічною структурою.

**Annotation.** The article reflects modeling of generalized model of distribution system of goods and inventory management of multi-echelon supply chain in the context of a balanced scorecard. The model shows the main components of costs and producers in their efficiency in the logistics, internal process, client development areas. The practical application of induced model will optimize inventory management for commercial enterprise with a multilevel hierarchical structure.

**Ключові слова:** Моделювання управління запасами, ієрархічна торгова система, нестационарний попит.

### Вступ

Торгівля товарами широкого вжитку (товаринародного споживання, продукти харчування) є невід'ємною частиною життя населення країни, механізмом, що забезпечує задоволення їх потреб. Ефективність роботи уряду, проведення економічних та соціальних реформ в першу чергу відображається на стані торгівельної галузі країни – спроможності вести бізнес для підприємців і забезпечувати весь спектр необхідних послуг і товарів з одної сторони і купівельна здатність населення – з іншої. Визначальним напрямком політики економічного зростання України є розвиток внутрішньої торгівлі, в першу чергу товарами вітчизняного виробництва. Виходячи з виключного значення внутрішньої торгівлі в суспільстві, стає цільовою настановою проведення дослідження цієї галузі в сучасних умовах, виявлення характерних рис і тенденцій розвитку, проведення оцінок та розробки висновків.

Об'єктом дослідження даної роботи виступає торгове підприємство як найменший елемент торгівельної галузі країни.

Теоретичні і практичні аспекти проблеми, що досліджуються, знайшли відображення в роботах відомих зарубіжних вчених: Ф. Харріса, К. Стефанік-Алмейера, К. Андлера, Р. Уілсона, Дж. Букана, Е. Кенігсберга, П. Зерматі, П. Мілгрона, Дж. Роберта; російських - Д.А. Тектова, М.Г. Гастратова, А.В. Козлова, І.В. Грильової, А.М. Маслікова, А.Е. Фарафанова, А.К. Голоскової, О.В. Бадюкіна, В.А. Лотоцького, О.В. Козловаб, Д.Н. Кузнецоваб, М.В. Вегери; українських – О.С. Гордієнко, О.М. Ляшенко, О.А. Круглової, Т.В. Павленко, В.В. Лифар, С.Ю. Мелешенко, І.В. Федосова, П.Е. Пустовойтова, С.Д. Ткаліченко, Н.М. Богацької, Р.В. Колчина, Т.Я. Лагоцького, О.В. Чаусової та інших.

### Постановка задачі

В роботі досліджується діяльність торгового підприємства що відповідає наступним умовам:

1. Діяльність компанії оцінюється в довгостроковому періоді на основі системи збалансованих показників, що включає в себе показники з фінансів, логістики, розвитку клієнтів, ефективності внутрішніх процесів.

2. Зразкові показники діяльності логістичного ланцюжку, коли фірма не несе збитків -  $L(D_i)$  - логістичні втрати – втрати від незадоволеного попиту, втрати від зберігання надлишку продукції, втрати від утилізації продукції із закінченим строком придатності, штрафи за відсутність товару, вчасну доставку, витрати на повернення не якісної продукції. На практиці це випадкова величина, що залежить від якості побудови і навантаженості логістичного ланцюга.

3. Зразкові показники внутрішніх процесів, коли фірма не несе збитків  $P(D_i)$  - втрати внутрішніх процесів (ВП) – непродуктивні затримки роботи, конфліктні ситуації, зрив поставок, витрати на лікарняні листи, тощо. На практиці це випадкова величина, що залежить від якості побудови внутрішніх процесів і навантаженості працівників.

4. Рівень запасів повинен забезпечити максимальне задоволення попиту

5. Можливі випадки дефіциту товару, якщо це виправдано (рішення прийнято на основі оцінки Прибутків і Збитків, стратегії компанії в конкретний момент часу)

6. Рівень запасів не повинен мати надлишків (визначення надлишків уточнюється в залежності від стратегії, що обирає компанія в конкретний момент часу)

7. Можливі випадки надлишку товарів, якщо це виправдано (рішення прийнято на основі оцінки Прибутків і Збитків, стратегії компанії в конкретний момент часу)

В класичній літературі [4] використовують такий підхід до опису моделей управління запасами - нехай функції  $A(t)$ ,  $B(t)$  і  $R(t)$  відповідно поповнення запасів, їх витрати і попит на продукт за проміжок часу  $[0, t]$ . В межах управління запасами звичай переходять до похідних цих функцій у часі  $a(t)$ ,  $b(t)$  і  $r(t)$  і називають відповідно інтенсивностями поповнення, витрачання, попиту. Якщо хоча б одна з функцій  $a(t)$ ,  $b(t)$ ,  $r(t)$  має випадковий характер, то її називають стохастичною, якщо ні – детермінованою. Рівень запасів в момент  $t$  визначається основним рівнянням запасів:

$$J(t) = J(t-1) + A(t) - B(t)$$

де  $J(t-1)$  — початковий запас в попередній момент часу  $t = t-1$ .

Це рівняння найчастіше використовують інтегральній формі:

$$J(t) = J(t-1) + \int_{t-1}^t a(t)dt - \int_{t-1}^t b(t)dt$$

У наступному розділі буде відображено побудовану модель у загальному вигляді, а також динамічна математична модель в матричному вигляді.

#### Результати

Опишемо систему, що складається з центру,  $M$  - дистриб'юторів та  $M$  - клієнтів нижнього рівня

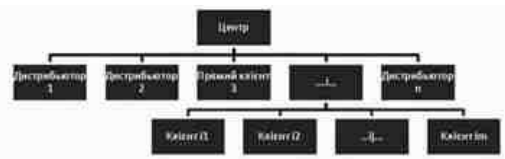


Рисунок 1 Структура ієрархічної торгової мережі

Рівняння, які описують тривірневу систему для розподілу одного виду ресурсу, мають вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi(D_t) = \sum_{i=1}^n F_i(D_t^i, P(D_t^i, t)) - \sum_{i=1}^n L_i(D_t^i, P(D_t^i, t)) - \sum_{i=1}^n E_i(D_t^i, P(D_t^i, t)) - \\ \sum_{i=1}^n \sigma_i(D_t^i) - U(x_t, D_{t+1}, Cp(x_t, t), Co(x_t, t)) - W(x_t, U(x_{t-1}, D_t), D_t, Cw(x_t, t)) \\ \Phi_j(D_t^j) = H_j(D_t^j) - \sum_{i=1}^{n_j} \sigma_{ij}(D_t^j) + \sigma_j(D_t^j) \\ f_{ij}(D_t^{ij}) = \sigma_{ij}(D_t^{ij}) - c_{ij}(D_t^{ij}) \\ \Psi(D_t) = I(D_{t+1}) + l(D_{t+1}) + e(D_{t+1}) + M(D_{t+1}) + \sigma(D_{t+1}) \end{array} \right. \quad (1)$$

де  $\Psi(D)$  - функція прибутку центру;

$H(D_t) = F(D_t) - L(D_t) - E(D_t)$  - цільова функція центру - згортка збалансованої системи показників в момент часу  $t$ ;

$F(D_t)$  - чиста виручка від реалізації продукції;

$U(x_t, D_{t+1})$  - розмір замовлення продукції для поповнення запасів з заводу;

$x_t = x_{t-1} + U(x_{t-1}, D_t) - D_{t-1}$  - рівень запасів компанії, що залежить від замовлення минулого періоду, що приходить на склад з транзиту та фактичних продажів минулого періоду;

$W(x_t, U(x_{t-1}, D_t), D_t)$  - витрати на зберігання продукції на складі, лінійна функція, що залежить від загальної кількості запасів і вартості зберігання за ящик, палету,  $m^2$ , тощо;

$$L(D_t) = Loos(x_t, D_t, t) + Los(x_t, D_t, t) + \sum_{i=1}^n Lfee_i(x_t, D_t^i, t) \quad , \quad \text{де} \quad Loos(x_t, D_t, t) = \begin{cases} P(t)(D_t^i - x_t), & \text{якщо } x_t < D_t^i \\ 0, & \text{якщо } x_t > D_t^i \end{cases} \quad - \text{втрати від незадоволеного}$$

попиту у випадку відсутності товару на складі;

$$Los(x_t, D_t, t) = \begin{cases} Cw(t)(x_t - (1 + SS(t))D_t^i), & \text{якщо } x_t > ((1 + SS(t))D_t^i) \\ 0, & \text{якщо } x_t < ((1 + SS(t))D_t^i) \end{cases} \quad - \text{втрати від плати за зберігання надмірної кількості запасів, коли попит}$$

нижче за замовлення із заводу,  $SS(t)$  - прийнятий коефіцієнт страхових запасів

$D_t = \sum_{j=1}^m D_t^j$  - інтервальна величина замовлення усіх агентів в момент часу  $t$ ;

$\Phi_j(D_t^j)$  - функція прибутку центру від діяльності  $j$ -го агента в момент часу  $t$ ;

$f_{ij}(D_t^{ij})$  - цільова функція  $i$ -го агента, яка залежить від діяльності  $j$ -го агента;

$\sigma(D_t)$  - затрати на стимулювання попиту відповідно до обраної стратегії, кускова функція;

$c_{ij}(D_t^{ij})$  - затрати агента нижнього рівня ієрархії.

Цільові функції:

$x(t) \rightarrow \min$  - мінімізація запасів;

$H(D_t) \rightarrow \max$  - максимізація прибутку в довгостроковому періоді в контексті збалансованої системи показників.

Обмеження:

$\sigma(D_t) \leq s_\sigma H(D_t)$ , де  $s_\sigma$  - прийнятий відсоток від прибутку, що витрачається на розвиток системи дистрибуції;

$l(D_t) \leq s_l H(D_t)$  де  $s_l$  - прийнятий відсоток допустимих логістичних втрат від прибутку;

$e(D_t) \leq s_e H(D_t)$  де  $s_e$  - прийнятий відсоток допустимих втрат внутрішніх процесів від прибутку;

$I(D_t) \geq s_i H(D_t)$  де  $s_i$  - прийнятий відсоток виплати дивідендів акціонерам.

Процес реалізації описаної моделі відображено на рисунку 2.

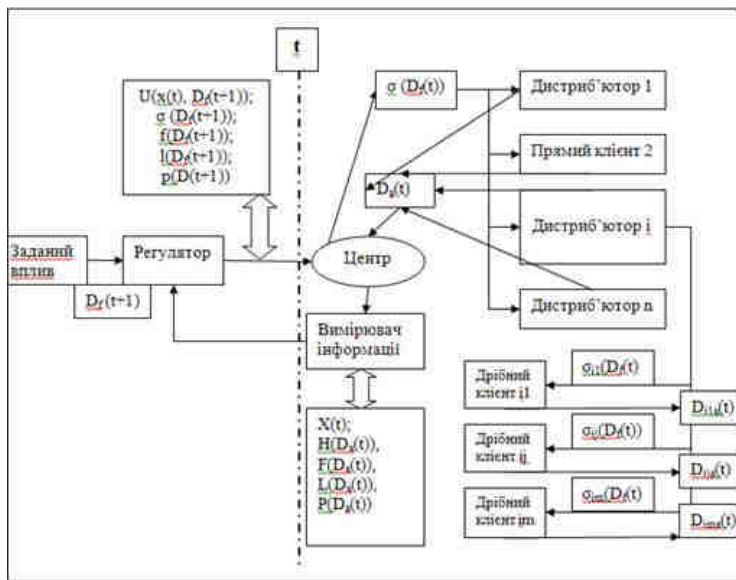


Рисунок 2. Графічне відображення узагальноної моделі управління запасами ієрархічного торгового підприємства

Розглянемо динамічну ієрархічну модель управління запасами з інтервально заданим нестационарним попитом. Динаміку ієрархічної мережі описується наступним різницевою рівнянням:

$$x(t+1) = x(t) + Bu(t) + Ed(t), \quad t \geq 0,$$

Де  $x(t) \in R^n$  - вектор стану системи,  $i$ -та компонента якого описує рівень запасу в  $i$ -тому вузлі мережі, в момент часу  $t$ ;

$u(t) \in R^q$  - вектор управляючих впливів, компоненти якого представляють потоки управління у мережі в момент часу  $t$ ;

$d(t) \in R^m$  - вектор некерованих впливів (попит), компоненти якого описує некеровані потоки в мережі в момент часу  $t$ ;

Структура ієрархічної мережі визначається структурою матриць  $B \in R^{n \times q}, E \in R^{n \times m}$ .

Щодо попиту  $d(t)$  відомо лише те, що він приймає значення в заданому інтервалі, границі якого змінюються в часі:

$$d(t) \in D(t), \quad t \geq 0$$

де  $D \in IR^m$  - інтервальний вектор,  $D(t) = [\underline{D}(t), \overline{D}(t)]$ ,  $\underline{D}(t), \overline{D}(t)$  - дійсні вектор-функції, такі що

$$D(t) \subseteq D, \quad t \geq 0,$$

$$\text{де } D \in IR^m, D \geq 0 [5].$$

Невідомий попит має нестационарний характер. У цьому випадку інтервал можливих значень попиту можна уточнювати і представити його у вигляді деяких обмежених функцій часу.

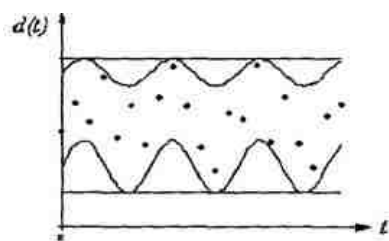


Рисунок 3. Графічне зображення нестационарного попиту на товари

Запишемо модель в різницевому неперервному вигляді, з кроком  $\Delta t$ :

$$\varphi(t + \Delta t) = \varphi(t) + Bu(\varphi(t), x(t), d(t), h(t), t) + Ed(t), \quad t \geq 0,$$

$$\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t) = (Bu(\varphi(t), x(t), d(t), h(t), t) + Ed(t))\Delta t, \quad t \geq 0,$$

$$\frac{\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)}{\Delta t} = Bu(\varphi(t), x(t), d(t), h(t), t) + Ed(t), \quad t \geq 0,$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = Bu(\varphi(t), x(t), d(t), h(t), t) + Ed(t), \quad t \geq 0.$$

Підставимо отримане диференціальне рівняння в узагальнену систему (1):

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dt} = Bu(\varphi(t), x(t), d(t), h(t), t) + Ed(t), & t \geq 0 \\ \varphi(t) = I(t+1) + l(t+1) + e(t+1) + M(t+1) + \sigma(t+1) \end{cases} \quad (2)$$

де  $h(t)$  - згортка системи збалансованих показників, а інші величини відповідають описанню у системі (1).

Потрібно зазначити, що розв'язання побудованої моделі на конкретному підприємстві дозволить оптимізувати процес управління запасами, синхронізуючи його із системою дистрибуції товарів. ЗСП значно розширює можливості стратегічного управління, роблячи його більш реальним. З цієї причини розробки щодо формування і використання цієї концепції в системах управління українських підприємств мають велике перспективне значення і заслуговують на увагу з боку науковців і практиків.

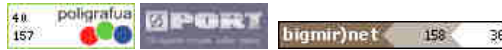
#### Висновки

Побудована узагальнена модель взаємодії системи дистрибуції товарів та управління запасами на багаторівневому підприємстві у контексті системи збалансованих показників дозволить синхронізувати процес збуту і замовлення продукції в повсякденній діяльності торгової фірми. В моделі відображено основні складові витрат підприємства та їх ефективність в логістичному, внутрішньому процесному, клієнтському напрямках розвитку. А інтервальне відображення нестационарного попиту дозволить враховувати коливання продажів через сезонність, конкуренцію та інше. Практичне застосування наведеної моделі дозволить оптимізувати управління запасами на торговому підприємстві з багаторівневою ієрархічною структурою, а збалансована система показників значно розширює можливості стратегічного управління, роблячи його більш реальним.

**Використані джерела**

1. Орлов А.И. Оптимальные методы в экономике и управлении. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 44 с.
2. Минаев Э.С., Агеева Н.Г., Аббата Дага А. Управление производством и операциями: 17-модульная программа для менеджеров «Управление развитием организации». Модуль 15. — М.: ИНФРА-М, 2000. - 256 с. ISBN 5-16-000289-8 (Модуль 15) ISBN 5-16-000350-9
3. Карамайкин А.С., Моделирование процессов и систем: Текст лекций / СПбГУАП, СПб, 2005, с.108
4. Исследование операций в экономике: Учеб. пособие для вузов /Н.Ш. Кремер, Б А Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; Под рея- проф. НЖ Кремера. - М: ЮНИТИ, 2002. - 407 с. ISBN 5-85173-092-7
5. Применение интервальных методов в управлении запасами, В.В. Домбровский, Е.В. Чаусова, Томский государственный университет, Россия, Вычислительные технологии, том 7, №2, 2002 г.
6. Долгов А.П. Теория запасов и логистический менеджмент: методология системной интеграции и принятия эффективных решений / А.П. Долгов – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2004. – 272 с.
7. Ткаліченко С. В., Математичне моделювання управління запасами в ієрархічних системах, 08.00.11 «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці»: 08.00.11/ С.В. Ткаліченко – К., 2009. – 193с.

*Стаття надійшла до редакції 15.11.2011 р.*



ТОВ "ДКС Центр"