

І. М. Годлевський, М. Д. Туревич, В. В. Медведєв

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ВАРІАНТІВ КОНФІГУРАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО КАНАЛУ ДИСТРИБУЦІЇ

**Анотація.** Предметом дослідження є процес формування логістичного каналу на основі конфігурування логістичної системи дистрибуції товарів масового використання. Мета роботи полягає у розробці інформаційної технології формування варіантів конфігурації логістичного каналу. Розглядається множина виробників продукції, центрів консолідації продукції, центрів кастомізації та множина споживачів продукції. Транспортна задача з двома проміжними вузлами декомпозується на дві. Задача розсіювання вирішує проблему прив'язки конкретних споживачів продукції до відповідних складів кастомізації. Друга транспортна задача вирішує проблему доставки готової продукції зі складів виробників до складів регіонального рівня і має проміжні вузли консолідації продукції. Для вирішення цих задач розроблена інформаційна технологія, діаграма розгортання якої складається з чотирьох вузлів: Client, Web server, Application server, Data base. Результати дослідження представлені як варіанти конфігурації логістичної системи дистрибуції. Подальше використання отриманих результатів пов'язане з визначенням рівня сервісу для конкретних варіантів конфігурації, а також їх стійкості до різноманітних надзвичайних ситуацій. Отримані результати є основою для формування організаційної структури управління логістичною системою дистрибуції.

**Ключові слова:** логістичний канал; товари масового використання; інформаційна технологія; транспортна задача; рівень страхових запасів; організаційна структура управління.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Логістична система дистрибуції функціонально розподіляється на логістичний та маркетинговий канали. Логістичний канал уявляє собою фізичний рух та розміщення готової продукції на основі низки логістичних операцій, таких як: транспортування, зберігання продукції, обробка заказів, вантажопереробка і т.і. Витрати логістики на транспортування продукції та її зберігання превалюють по відношенню до інших видів операцій у логістичному каналі. Тому при стратегічному плануванні розглядаються два види (типи) операцій: транспортування готової продукції (ГП), зберігання ГП.

Маркетинговий канал формується низкою фірм, які беруть участь у купівлі та продажу ГП від її виробників до кінцевих споживачів.

Учасниками маркетингового каналу є: оптовик; роздрібні торговці; агенти або брокери; ритейлер і т.і.

Формування конфігурації логістичного каналу дистрибуції проводиться на основі його конкретизації і класифікації [1]. Звичайно за основу беруться наступні показники: сектор бізнесу, вид та параметри матеріальних потоків, логістична концепція. З точки зору перших двох позицій у роботі розглядаються промислові та продовольчі товари, які є товарами широкого вжитку і щоденного попиту. Для такого сектора бізнесу, виду та параметрів матеріальних потоків використовуються дві основні логістичні концепції: спеціалізація і асортимент. Перша логістична концепція у більшій мірі відповідає побудові маркетингового каналу. Концепція продуктового асортименту припускає, що готова продукція повинна у визначених місцях логістичного каналу бути сконцентрована, сортована та розподілена по напрямку її руху від виробника до кінцевого споживача продукції. При цьому виділяються три основні

етапи, такі як: консолідація (концентрація), кастомізація та розсіювання.

Консолідація припускає наявність відповідних складів, на яких накопичують обмежену кількість найменувань ГП у великих обсягах. Основна задача консолідації продукції полягає у зменшенні кількості транзакцій з метою мінімізації логістичних витрат. Після концентрації стоїть задача сортування та групування продукції в деякі комбінації. Такий процес називається кастомізацією. Результат кастомізації визначає такі групи товарів, які задовольняють запитам споживачів. Третім етапом концепції продуктового асортименту є розсіювання, яке полягає у відправці кінцевому споживачеві унікальної асортиментної групи товарів у задане місце та час.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Конфігурування логістичної системи (КЛС) дистрибуції відповідає формуванню логістичного каналу. Відповідно до [2] логістичний канал синтезується на основі структурного та параметричного синтезу логістичної системи. При проведенні структурного синтезу в першу чергу необхідно розглянути логістичний канал з точки зору двох структурних розмірностей (складових): горизонтальної та вертикальної. У нашому випадку горизонтальна складова має чотири рівні.

1. Виробники продукції.
2. Центри консолідації продукції, які є логістичними розподільчими центрами (ЛРЦ).
3. Проміжні розподільчі центри, які реалізують процес кастомізації.
4. Локальні склади різного роду торговельних точок: супермаркети, продовольчі магазини і т.ін.

Вертикальна складова кожного рівня логістичного каналу дистрибуції визначається кількістю та місцем розташування відповідних складів [3–5].

Найкращими місцями розташування логістичних центрів є великі міста, морські та річкові порти, крупні залізничні станції. Вони призначені для роз-

поділу товарів і знаходяться між підприємствами, продукцію яких вони отримують, і ринками, які вони обслуговують. Тому розміщення логістичних центрів залежить від розміщення виробників готової продукції та її споживачів. У роботі вважаються заданими конкретні споживачі продукції, місце їх знаходження та попит на продукцію, а також виробники продукції, її асортимент та об'єми, місце розташування кожного виробника. Таким чином, у нашому випадку структурний синтез визначає: кількість складів консолідації і кастомізації; можливі місця їх розташування та пропускну спроможність. Різні методи визначення оптимального територіального розміщення логістичних центрів в залежності від обраного критерію оптимізації розглядаються у роботах [6–9].

У роботі подалі проблема вибору ЛРЦ зводиться до вибору деякої підмножини ЛРЦ із заздалегідь заданої множини на основі методів оптимізації. Після визначення ЛРЦ- претендентів до включення у низку ланцюгів постачання вирішуються задачі параметричного синтезу на основі двох основних класів задач:

- різні модифікації транспортних задач, у тому числі транспортні задачі з проміжними вузлами;
- задачі управління запасами.

Критерієм при вирішенні цих задач є сумарні логістичні фінансові витрати на транспортування та тримання продукції на складах різного гатунку. Отже, низка логістичних потужностей (склади та транспортні засоби) є каркасом для реалізації логістичних операцій [10–12].

**Мета статті.** Побудова логістичного каналу звично базується на двох логістичних стратегіях [1]: мінімізація фінансових витрат та максимізація рівня споживчого сервісу. Зазвичай рівень сервісу залежить від кількості складів та їх розташування, тривалості логістичного функціонального циклу, стратегії управління запасами. Якщо розглядається задача стратегічного планування, необхідно забезпечити стійкість логістичного каналу по відношенню до різноманітних надзвичайних ситуацій. А метод (технологія) багатокритеріального синтезу конфігурування логістичної системи дистрибуції [13–15] повинен базуватися на трьох групах критеріїв.

1. Критерії, пов'язані з фінансовими витратами на функціонування логістичного каналу.
2. Критерії, які забезпечують рівень відповідного сервісу до споживачів продукції.
3. Критерії стійкості логістичного каналу до різноманітних надзвичайних ситуацій.

У роботі розглядається задача формування логістичного каналу на основі критеріїв першої групи. Отже, мета статті полягає у розробці інформаційної технології формування варіантів конфігурації логістичного каналу. У подальшому на основі критеріїв, рівень сервісу та стійкість до надзвичайних ситуацій, вибирається кращий варіант з множини ефективних. Отримані результати є основою для формування маркетингового каналу, конкретних виконавців бізнес-процесів та організаційної структури управління.

## Формування логістичного каналу на основі фінансових витрат

На основі конкретизації логістичного каналу розглянемо логістичну систему дистрибуції, яка складається з двох видів бізнес-процесів: транспортування ГП, зберігання ГП. Будемо вважати, що розглядаються: множина  $M_1$  виробників продукції;  $M_2$  – множина центрів консолідації продукції (національні склади);  $M_3$  – множина центрів кастомізації продукції (регіональні склади);  $M_4$  – множина споживачів продукції (рис. 1).

Фактично необхідно вирішувати транспортну задачу з двома рівнями проміжних вузлів. Це множини  $M_2$  і  $M_3$ . Сформуємо перелік вихідної інформації та управляючих змінних, які впливають на її розв'язання.

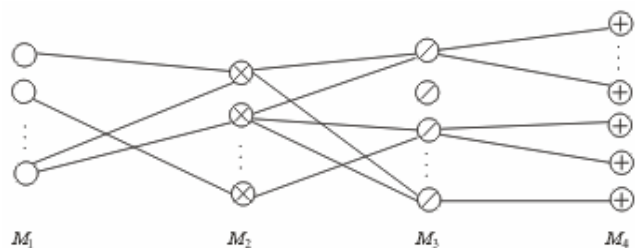


Рис. 1. Структура логістичного каналу

Попередньо розглянемо попит споживачів (множина  $M_4$ ) на готову продукцію. При стратегічному плануванні звичайно розглядається задача управління запасами з фіксованим циклом заказів ГП. Тому при заданій довжині циклу можна визначити об'єм продукції кожного виду. На основі проведених досліджень будемо вважати, що попит на кожний вид продукції має нормальний закон розподілу (НЗР) і довжина циклу однакова для всієї номенклатури і споживачів продукції. Тому можна записати вектор параметрів множини  $M_4$  нормальних законів розподілу попиту споживачів ГП таким чином

$$a = \left\{ \left( \hat{a}_{kp}, \check{a}_{kp} \right), k \in M_4, p \in P \right\},$$

де  $\hat{a}_{kp}$  – математичне сподівання та  $\check{a}_{kp}$  – середньоквадратичне відхилення для  $k$ -го споживача та  $p$ -го виду продукції.  $P$  – множина видів продукції.

Аналіз просування готової продукції від виробників до центрів консолідації та кастомізації і далі до локальних складів споживачів готової продукції показав, що необхідно транспортну задачу з двома проміжними вузлами розділити (декомпозувати) на дві. Це пов'язано з наступними обставинами.

1. Великий розмір задачі (велика кількість змінних).

2. На локальному рівні (просування продукції від регіональних складів до споживачів продукції) незначні об'єми продукції окремих постачальників (виробників) не дозволяють вирішувати транспортну задачу без об'єднання з потоками продукції інших виробників.

3. Неможливість значного збільшення довжини циклу постачання продукції на локальному рівні завдяки обмеженому об'єму локальних складів.

Тому у подальшому будемо розглядати:

1) задачу розсіювання, яка вирішує проблему прив'язки конкретних споживачів продукції до відповідних складів регіонального рівня. При цьому, якщо задані допустимі місця розташування регіональних складів та їх кількість, вирішується задача вибору конкретної множини складів з переліку претендентів;

2) транспортна задача поставки продукції зі складів її виробників до складів регіонального рівня. Це задача з проміжними вузлами консолідації продукції. У якості вихідної інформації для її вирішення використовуються наступні результати розв'язання задачі розсіювання: фіксована кількість складів регіонального рівня і місця їх розташування; закони розподілу об'ємів продукції, яка повинна поступати на регіональні склади (попит продукції з боку регіональних складів).

Перейдемо до розгляду моделі транспортної задачі розсіювання готової продукції, яка фактично виводиться у задачу структурно-топологічного синтезу. Одиницею розмірності потоку перевезень є палета, у якій може бути розміщена різна кількість одиниць конкретних видів вантажу. Будемо вважати, що немає обмежень на сумісне перевезення різного виду вантажу. Тому, зважаючи на незалежність випадкових величин попиту на продукцію різних видів, які мають нормальний закон розподілу, при виконанні центральної граничної теореми сумарний потік ГП може бути описаний випадковою величиною з нормальним законом розподілу і наступними параметрами

$$\bar{a}_k = \sum_{p \in P} \bar{a}_{kp}, \quad \bar{\bar{a}}_k = \sqrt{\sum_{p \in P} (\bar{a}_{kp})^2}, \quad k \in M_4,$$

де  $\bar{a}_k$  та  $\bar{\bar{a}}_k$  – математичне сподівання і середньоквадратичне відхилення величини сумарного потоку продукції для  $k$ -го споживача.

Модель задачі розсіювання наведено у роботі [8]. Перейдемо до розгляду транспортної задачі переміщення продукції зі складів виробників до регіональних складів. Це задача з проміжними вузлами консолідації продукції. Для її вирішення будемо використовувати наступні результати розв'язання задачі розсіювання: множина складів регіонального рівня  $\bar{M}_3$ ; множина  $\bar{M}_3 \subseteq M_3$  місць їх розташування; закони розподілу попиту на ГП, яка повинна поступати на регіональні склади; множини  $\bar{M}_{4j} \subseteq M_4$ ,  $j \in \bar{M}_3$  складів локального рівня, кожен з яких отримує продукцію з відповідного  $j$ -го регіонального складу.

Будемо вважати, що попит на кожний  $p$ -й вид продукції множини  $\bar{M}_{4j}$  є незалежною випадковою величиною. Тому попит на  $p$ -й вид продукції  $j$ -го регіонального складу має нормальний закон розподілу з такими характеристиками

$$\hat{\beta}_{jp} = \sum_{k \in \bar{M}_{4j}} \hat{\alpha}_{kp}, \quad p \in P, \quad j \in \bar{M}_3, \quad (1)$$

$$\tilde{\beta}_{jp} = \sqrt{\sum_{k \in \bar{M}_{4j}} (\tilde{\alpha}_{kp})^2}, \quad p \in P, \quad j \in \bar{M}_3, \quad (2)$$

де  $\hat{\beta}_{jp}$  та  $\tilde{\beta}_{jp}$  – математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення нормального закону розподілу величини сумарного потоку продукції  $p$ -го виду у  $j$ -му регіональному складі. Ці параметри відповідають фіксованій довжині циклу поставки ГП з регіональних складів на рівень первинних споживачів продукції. Якщо довжина циклу змінюється, то виконується корекція відповідних параметрів (1) та (2).

Модель транспортної задачі просування ГП зі складів її виробників до регіональних складів з використанням проміжних національних складів консолідації продукції наведено у роботі [8].

Перейдемо до розгляду другої складової фінансових витрат задачі конфігурування логістичного каналу дистрибуції, які пов'язані зі зберіганням ГП на складах регіонального і національного рівнів. При стратегічному плануванні ця задача розглядається з фіксованою довжиною циклу заказів ГП. Будемо вважати, що довжина циклу заказів продукції зі складів її виробників на склади національного рівня дорівнює довжині циклу заказу продукції зі складів національного рівня на склади регіонального рівня. Крім цього, ці довжини дорівнюють  $N$  довжинам циклу заказів задачі розсіювання, де  $N$  – ціле число більше одиниці.

Будемо вважати, що попит на ГП у нашому випадку є стаціонарним процесом. Тому ймовірна величина потреби у  $p$ -му виді продукції на  $j$ -му регіональному складі при довжині циклу заказів, який дорівнює  $N$  циклам локального рівня, також є ймовірною величиною з нормальним законом розподілу. Тому його математичне сподівання та середньоквадратичне відхилення визначаються таким чином:

$$\bar{\beta}_{jp} = \hat{\beta}_{jp} \cdot N, \quad p \in P, \quad j \in \bar{M}_3,$$

$$\bar{\bar{\beta}}_{jp} = \sqrt{(\tilde{\beta}_{jp})^2 \cdot N}, \quad p \in P, \quad j \in \bar{M}_3.$$

У свою чергу на регіональних складах усі  $P$  видів продукції є незалежними випадковими величинами. Крім цього, вони мають однаковий вид збереження продукції в палетах. Тому їх інтегрована величина також має нормальний закон розподілу з математичним сподіванням та середньоквадратичним відхиленням. Ці параметри нормального закону визначаються таким чином:

$$\bar{\beta}_j^\Sigma = \sum_{p \in P} \bar{\beta}_{jp}, \quad j \in \bar{M}_3,$$

$$\bar{\bar{\beta}}_j^\Sigma = \sqrt{\sum_{p \in P} (\bar{\bar{\beta}}_{jp})^2}, \quad j \in \bar{M}_3.$$

Для визначення витрат на зберігання продукції) необхідно розглянути питання їх залежності від рівня задоволення потреби у запасі ГП (рівня сервісу). Будемо вважати, що інтегральний запас ГП визначається величиною  $\beta$ , а потреба у ньому – щільністю ймовірності з нормальним законом розподілу і па-

раметрами  $\bar{\beta}_j^\Sigma$ ,  $\overline{\bar{\beta}}_j^\Sigma$  (рис. 2). Математичне сподівання  $\bar{\beta}_j^\Sigma$  – це середня потреба у запасі. Праворуч від математичного сподівання випадкової величини  $\beta$  знаходиться область ризику дефіциту запасу, який виникає при задоволенні потреби у ГП, який перевищує середню величину (математичне сподівання). Ліворуч від математичного сподівання випадкової величини  $\beta$  знаходиться область ризику надлишків запасу ГП. Площа, яка знаходиться під кривою функції щільності розподілу ймовірності в управлінні запасами є аналогом рівня сервісу. На рис. 2 у якості прикладу розглядаються три варіанти страхового запасу, які відповідають  $\sigma$ ,  $2\sigma$ ,  $3\sigma$ .

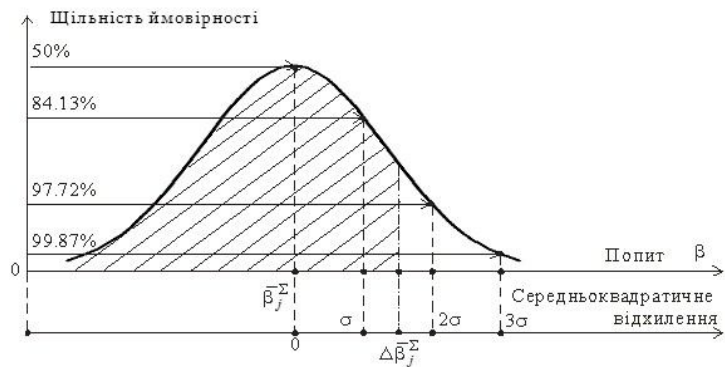


Рис. 2. Щільність нормального закону розподілу попиту

Якщо страховий запас дорівнює нулю, а можливість зберігання ГП на  $j$ -му регіональному складі дорівнює величині  $\bar{\beta}_j^\Sigma$ , то базовий рівень сервісу обслуговування споживачів продукції дорівнює 50%. Якщо страховий запас дорівнює  $\sigma$ , то базовий рівень сервісу буде 84,13%. Для страхового запасу  $2\sigma$  це 97,72%, а для  $3\sigma$  – 99,87%.

сумарні витрати на національному рівні на зберігання ГП визначаються таким чином

$$F_4\left(\left\{\bar{\beta}_k^\Lambda + \Delta\bar{\beta}_k^\Lambda\right\}\right) = \sum_{k \in \bar{M}_2} \bar{F}_k\left(\bar{\beta}_k^\Lambda + \Delta\bar{\beta}_k^\Lambda\right).$$

Отже, середньоквадратичне відхилення  $\Delta\bar{\beta}_j^\Sigma$  є величиною страхового запасу для  $j$ -го регіонального складу, яка визначає рівень сервісу для споживачів, які за ним закріплені на основі вирішення задачі розсіювання. Якщо вважати, що  $\bar{F}_j(\beta)$  функція, яка визначає витрати на оренду приміщень на  $j$ -му складі для зберігання  $\beta$ -об'єму продукції, то сумарні витрати на регіональному рівні на зберігання ГП визначаються таким чином

У результаті вирішення транспортних задач на основі моделей, які наведені у [8] визначаються наступні змінні:  $\bar{x}_{kj}$  – булева змінна, яка дорівнює одиниці, якщо  $k$ -й споживач продукції пов'язаний транспортною артерією з  $j$ -м регіональним складом;  $\bar{y}_{ik}^l$  – кількість транспортних засобів  $l$ -го типу, які перевозять ГП з  $i$ -го в  $k$ -й пункт;  $\bar{y}_{kj}^l$  – кількість транспортних засобів  $l$ -го типу, які перевозять ГП з  $k$ -го в  $j$ -й пункт. На основі цих змінних визначаються фінансові витрати на локальному рівні, які дорівнюють  $F_1\left(\left\{\bar{x}_{kj}^*, k \in \bar{M}_{4j}, j \in \bar{M}_3\right\}\right)$  та витрати регіонального і національного рівнів

$$F_3\left(\left\{\bar{\beta}_j^\Sigma + \Delta\bar{\beta}_j^\Sigma\right\}\right) = \sum_{j \in \bar{M}_3} \bar{F}_j\left(\bar{\beta}_j^\Sigma + \Delta\bar{\beta}_j^\Sigma\right).$$

$$F_2\left(\left\{\bar{y}_{ik}^{l*}, \bar{y}_{kj}^{l*}, i \in \bar{M}_1, k \in \bar{M}_2, j \in \bar{M}_3, l \in L\right\}\right),$$

Отже, інтегровані фінансові витрати визначаються таким чином

$$F^* = F_1\left(\left\{\bar{x}_{kj}^*, k \in \bar{M}_{4j}, j \in \bar{M}_3\right\}\right) + F_2\left(\left\{\bar{y}_{ik}^{l*}, \bar{y}_{kj}^{l*}, i \in \bar{M}_1, k \in \bar{M}_2, j \in \bar{M}_3, l \in L\right\}\right) + F_3\left(\left\{\left(\bar{\beta}_j^\Sigma + \Delta\bar{\beta}_j^\Sigma\right), j \in \bar{M}_3\right\}\right) + F_4\left(\left\{\left(\bar{\beta}_k^\Lambda + \Delta\bar{\beta}_k^\Lambda\right), k \in \bar{M}_2\right\}\right),$$

Перейдемо до визначення витрат на зберігання продукції на національному рівні. Сформувавши закон розподілу попиту для складів національного рівня по аналогії з регіональними складами неможливо, тому що один і той же регіональний склад обслуговується різними національними складами. Тому запропоновано вважати, що сумарний об'єм страхового запасу для всіх складів національного рівня дорівнює сумарному страховому запасу регіонального рівня і для кожного складу національного рівня він є пропорційним величині  $\bar{\beta}_k^\Lambda$ , яка визначає сумарний об'єм ГП через  $k$ -й національний склад. Отже, об'єм страхового запасу для  $k$ -го національного складу визначається таким чином

де «\*» визначає конкретні значення відповідних змінних, які наведено вище.

Моделі, на основі яких визначається  $F^*$ , мають такі параметри.

1. Кількість складів регіонального і національного рівнів, місця розташування яких визначаються на множинах  $M_2$  та  $M_3$ .

2. Страхові запаси:  $\Delta\bar{\beta}_j^\Sigma, j \in \bar{M}_3; \Delta\bar{\beta}_k^\Lambda, k \in \bar{M}_2$ , відповідно, регіонального та національного рівнів.

3. Довжини циклів заказів ГП на склади локального, регіонального та національного рівнів, від яких залежать параметри законів розподілу попиту на ГП кінцевих споживачів, а також попиту на ГП для складів регіонального рівня.

Якщо задані різні варіанти параметрів, які були визначені вище, то отримаємо різні значення фі-

$$\Delta\bar{\beta}_k^\Lambda = \left( \sum_{j \in \bar{M}_3} \left( \Delta\bar{\beta}_j^\Sigma \cdot \bar{\beta}_k^\Lambda \right) \right) / \sum_{k \in \bar{M}_2} \bar{\beta}_k^\Lambda, k \in \bar{M}_2.$$

Якщо вважати, що  $\bar{F}_k(\beta)$  функція, яка визначає витрати на оренду приміщень на  $k$ -му національному складі для зберігання  $\beta$ -об'єму продукції, то

нансових витрат  $F^*$ , а також різний рівень інтегрального сервісу для кінцевих споживачів продукції. Він відрізняється від рівнів сервісу, які надають окремі регіональні та національні склади в залежності від їх страхових запасів. Інтегральний рівень сервісу пропонується визначати на основі імітаційного моделювання.

**Інформаційна технологія**

На діаграмі варіантів використання зображено три актора (рис. 3):

1. Експерт – актор, який формує вихідну інформацію та має два прецеденти:
  - формування вихідної інформації – прецедент, який дозволяє актору формувати вихідну інформацію для вирішення задачі КЛС, а саме: очікуваний попит на локальному рівні, можливі маршрути транспортування, вартості операцій транспортування тощо;
  - введення параметрів конфігурації – прецедент сумісний з аналітиком, дозволяє актору вводити інформацію до системи.
2. Аналітик – актор, який формує варіанти конфігурації логістичної мережі та має наступні прецеденти:
  - введення параметрів конфігурації – прецедент сумісний з експертом, дозволяє актору вводити інформацію до системи;
  - рішення задачі розсіювання – прецедент, який дає можливість вирішити задачу прив'язки конкретних споживачів продукції до відповідних складів регіонального рівня;
  - рішення транспортної задачі з проміжними пунктами – прецедент, який дає можливість вирішити задачу формування оптимальних потоків продукції зі складів її виробників до складів регіонального рівня;
  - рішення задачі управління запасами – прецедент, який дає можливість вирішити задачу визначення об'єму страхового запасу продукції для складів регіонального і національного рівнів;
  - побудова графу мережі – прецедент, який дає можливість будувати граф, на якому вирішується задача з проміжними транспортними пунктами;
  - збереження мережі – прецедент, який дає можливість сформувати базу даних для множини варіантів вирішення задачі КЛС.
3. ОПР (особа, яка приймає рішення) – актор, який приймає рішення щодо вибору деякого прийнятного (ефективного) варіанту конфігурації логістичної мережі, має один прецедент та всі можливості Аналітика.

При розробці вимог до системи та кінцевого архітектурного рішення, були виділені такі нефункціональні вимоги:



Рис. 3. Діаграма варіантів використання

- спрощення процесу розгортання клієнтської частини програмної компоненти на стороні користувача;
- впровадження масштабованості програмного забезпечення;
- покращення захисту інформаційних ресурсів;
- незалежність від програмної платформи;
- спрощення процесу оновлення функціоналу програмного забезпечення;
- покращення надійності та супровід ПЗ за допомогою тестування.

На рис. 4 зображена діаграма розгортання для програмної компоненти [16–18]. На діаграмі розгортання зображено три вузла.

1. Client – вузол, який відповідає за представлення інформації та має дві компоненти:
  - Vis.js – компонента для побудови графу;
  - JQuery – бібліотека, яка містить в функції спрощення роботи HTML;
2. Web server – вузол, який відповідає за динамічну побудову сторінки, має одну компоненту:
  - Servlet container – компонента, яка містить в собі дані для динамічної побудови веб сторінки.
3. Application server – вузол, який містить в собі основну логіку ПЗ, має п'ять компонент:
  - LpSolver – компонента, яка містить в собі логіку вирішення задач лінійної оптимізації;
  - Spring MVC – компонента, яка містить в собі фреймворк, який відповідає шаблону MVC;

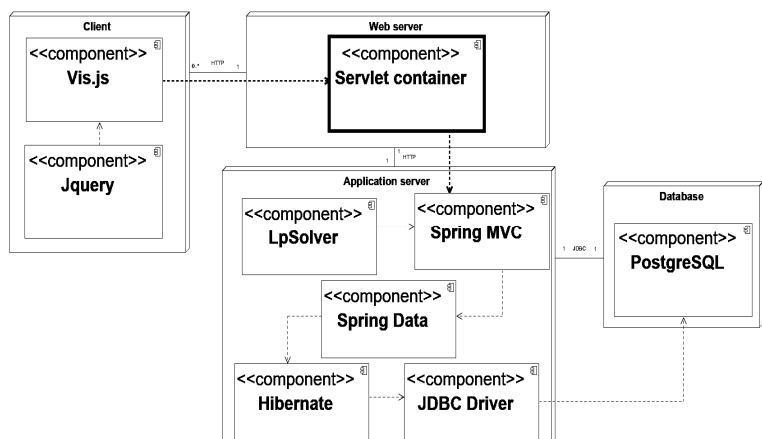


Рис. 4. Діаграма розгортання

– Spring Data – компонента, яка зв'язує бази даних з концепціями об'єктно-орієнтованих мов програмування, створює «віртуальну об'єктну базу даних»;

– Hibernate – компонента, яка є засобом відображення між об'єктами та реляційними структурами для платформи Java;

– JDBC Driver – компонента, яка визначає методи, з допомогою яких програмне забезпечення на Java здійснює доступ до бази даних.

4. Database – вузол, який відповідає за збереження моделі даних ПЗ, має в собі одну компоненту.

– PostgreSQL – компонента, яка являє собою систему управління базою даних.

### Аналіз результатів дослідження

У табл. 1 представлені результати вирішення задачі структурно-топологічного синтезу для різної кількості регіональних складів. Окремі рядки таблиці 1 показують зміну кількості локальних складів, прикріплених до відповідного регіонального складу в залежності від загальної кількості регіональних складів, яке було обмеженням при вирішенні задачі. Як видно із табл. 1, коли кількість складів зменшується до 7 зі списку регіональних складів зникає Дніпро, а його локальні склади переходять до Харкова та Миколаєва, коли кількість регіональних складів зменшується до 6 – зі списку регіональних складів зникає Львів. Здебільшого його локальні склади переходять до Луцька, крім одного, який приєднується до Житомиру. Зменшуючи кількість регіональних складів до 5 зі списку регіональних складів зникає Луцьк, а його локальні склади в повному обсязі приєднуються до Житомиру.

Таблиця 1 – Результати задачі з структурно-топологічного синтезу

Регіональний склад	Кількість складів регіонального рівня			
	5	6	7	8
Житомир	34	8	7	7
Харків	39	39	39	24
Луцьк	0	26	9	9
Київ	25	25	25	25
Дніпро	0	0	0	24
Одеса	11	11	11	11
Львів	0	0	18	18
Миколаїв	31	31	31	22

У табл. 2 приведені витрати на логістичну мережу на локальному рівні для різної кількості регіональних складів. Слід зазначити, що витрати на логістичну систему зростають нелінійно, якщо різниця між конфігураціями с 8, 7 та 6 регіональними складами являє десь 3000 гривень, то різниця конфігурацій логістичних мереж з 6 та 5 регіональними складами

Таблиця 3 – Результати досліджень

Базовий рівень страхового запасу (%)		84,13			97,72		
Тривалість циклу (тижнів)		2	3	4	2	3	4
Кількість регіональних складів	5	210810	222392	233973	214552	228004	241456
	6	212334	223916	235497	216076	229528	242980
	7	212620	224201	235782	216361	229813	243265
	8	215377	226958	238539	219118	232570	246022

6000 гривень. З метою формування набору ефективних рішень конфігурації логістичної системи в роботі були приведені прорахунки для двох варіантів базового рівня сервісу на регіональних складах: 84,13%, 97,72%. Для кожного базового рівня сервісу розглядалися тривалості циклів замовлень з виробничого на національний і далі на регіональний рівні: 2, 3 і 4 тижні. У свою чергу, для кожної тривалості циклів проведені прорахунки при варіюванні кількості складів регіонального рівня від 5 до 8.

Таким чином, сформовано 24 конфігурації логістичної мережі. Результати досліджень наведені в табл. 3. Як видно з табл. 3, витрати на логістичну мережу зростають в залежності від зменшення кількості регіональних складів, збільшення тривалості циклу доставки товарів та збільшення базового рівня страхового запасу.

Таблиця 2 – Витрати на логістичну систему на локальному рівні

Регіональний склад	Кількість складів регіонального рівня			
	5	6	7	8
Житомир	10419.6	374.38	223.32	223.32
Харків	6200.56	6200.56	6200.56	2203.98
Луцьк	0	3757.25	582.17	582.17
Київ	3102.51	3102.51	3102.51	3102.51
Дніпро	0	0	0	4006.91
Одеса	1068.86	1068.86	1068.86	1068.86
Львів	0	0	1474	1474
Миколаїв	6840.64	6840.64	6840.64	3864
Всього	27632,17	21344,2	19492,06	16525,75

Зменшення кількості регіональних складів збільшує вартість логістичної мережі тому що товар перевозиться на більшу відстань, збільшення тривалості циклу перевезення впливає на вартість логістичної мережі тим, що зростає плата на збереження товару на проміжних складах, а збільшення страхового запасу впливає на загальну вартість логістичної системи тим, що забезпечує кращий рівень сервісу доставки.

Аналізуючи дані таблиці 3 можна побачити, що для всіх рівнів страхового запасу найдешевшим варіантом конфігурації є логістична система з 5 регіональними складами та тривалістю циклу 2 тижні, але цей варіант не обов'язково може бути розцінений експертами, як прийнятний, тому що він може не задовольнити потреби сервісу.

### Висновки і перспектива подальших досліджень

У результаті проведених досліджень визначена актуальність проблеми побудови логістичного каналу дистрибуції і розробки інформаційної технології формування множини варіантів його конфігурації.

Проведено аналіз публікацій та досліджень, які є базою для подальшого їх вдосконалення у представлений роботі. На основі класифікації і конкретизації логістичної системи, а також моделях, розроблених раніше у [2; 8] авторами запропонована і апробована інформаційна технологія, яку використано для конфігурування

логістичного каналу дистрибуції на основі фінансових критеріїв. Подальші дослідження пов'язані з оцінкою логістичного сервісу сформованих варіантів логістичного каналу дистрибуції на основі агентного моделювання, а також визначення кращого з погляду стійкості до надзвичайних ситуацій.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бауэрсокс Доналл Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. 640 с.
2. Годлевский М. Д., Станкевич А. А., Годлевский И. М. Технология формирования системы организационного управления логистикой дистрибуции при стратегическом планировании. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. Харків :Технологічний центр, 2012. № 4/3(58). С. 17-21.
3. Reza Zanjirani Farahani. *Logistics Operations and Management*, Elsevier Inc., 2011. 486 p.
4. Gwynne Richards. *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*, Kogan Page Inc., 2017. 448 p.
5. John J. Coyle. *Transportation: A Global Supply Chain Perspective*, Cengage Learning Inc., 2015. 528 p.
6. Сергеев В. И. Общие тенденции развития логистических центров за рубежом. *Логистика и управление цепями поставок*. 2012. № 5. С. 7–18.
7. Сергеев В. И. Концептуальные подходы к формированию логистических центров. *Прикладная логистика*. 2011. № 1–2. С. 12–22.
8. Годлевский И. М., Пинаева А. А. Модели транспортных задач и структурно-топологического синтеза при стратегическом управлении логистикой дистрибуции. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків : НТУ «ХПІ», 2014. № 61 (1103). С. 8–13.
9. Бескоровайный В. В., Подоляка К. Е. Выбор многокритериальных решений при реинжиниринге топологических структур систем крупномасштабного мониторинга. *Системи обробки інформації*. 2016. № 5 (142). С. 80–86.
10. Федорович О. Е., Западня К. О., Еременко Н. В. Модели оптимизации и конфигурирования логистической системы дистрибуции. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2013. № 4 (63). С. 121–124.
11. Scott C., Lundgren H., Thompson P. *Guide to Supply Chain Management*, Springer, Berlin, 2011. 190 p.
12. Christopher M. *Logistics & Supply Chain Management*, Pearson Education Limited, Great Britain, 2011. 276 p.
13. Ishizaka A., Nemery P. *Multi-criteria Decision Analysis: Method and Software*, Wiley, USA, 2013. 310 p.
14. Velasquez M., Hester P. An Analysis of Multi-criteria Decision Making Methods. *International Journal of Operations Research*. 2013. № 2. P. 56–66.
15. Christodoulos A., Pardalos M. *Recent Advances in Global Optimization*, Princeton University Press, Princeton, 2014. 648 p.
16. Rob Me, Paul Maritz, Scott Yara, Bill Cook (2020), *Spring framework reference documentation*, available at: <https://spring.io/docs/reference>.
17. John Rezig (2019), *JQuery API reference documentation*, available at: <https://api.jquery.com/>.
18. Hans Abbink, Peet van Tooren (2018), *Vis.js network reference documentation*, available at: <https://visjs.github.io/vis-network/docs/network/>.

## REFERENCES

1. Bauersoks, Donall Dzh. and Kloss, Deivid Dzh. (2005), *Logistics: integrated supply chain*, Olimp-Biznes, Moscow, 640 p.
2. Godlevskii M.D., Stankevich A.A. and Godlevskii I.M. (2012), “The technology of forming a system of organizational management of distribution logistics in strategic planning”, *Skhidno-Evropeiskii zhurnal peredovikh tekhnologii*, Tekhnologichnii tsentr, Kharkiv, № 4/3(58), pp. 17-21.
3. Farahani, Reza Zanjirani (2011), *Logistics Operations and Management*, Elsevier Inc., 486 p.
4. Gwynne, Richards (2017), *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*, Kogan Page Inc., 448 p.
5. Coyle, John J. (2015), *Transportation: A Global Supply Chain Perspective*, Cengage Learning Inc., 528 p.
6. Sergeev, V.I. (2012), “General trends in the development of logistics centers abroad”, *Logistika i upravlenie tsepyami postavok*, № 5, pp. 7–18.
7. Sergeev, V.I. (2011), “Conceptual approaches to the formation of logistics centers”, *Prikladnaya logistika*, No. 1–2, pp. 12–22.
8. Godlevskii, I.M. and Pinaeva, A.A. (2014), “Models of transport problems and structural and topological synthesis in the strategic management of distribution logistics”, *Visnik NTU «KhPI»*. Seriya: Sistemnyi analiz, upravlinnya ta informatsiini tekhnologii, NTU «KhPI», Kharkiv, No. 61 (1103), pp. 8–13.
9. Beskrovainyi, V.V. and Podolyaka, K.E. (2016), “The choice of multicriteria solutions for the reengineering of topological structures of large-scale monitoring systems”, *Sistemi obrobki informatsii*, No. 5 (142), pp. 80-86.
10. Fedorovich, O.E., Zapadnya, K.O., Eremenko, N.V. (2013), “Models for optimizing and configuring a logistics distribution system”, *Radioelektronni i komp'yuterni sistemi*, No. 4 (63), pp. 121–124.
11. Scott, C., Lundgren, H. and Thompson, P. (2011), *Guide to Supply Chain Management*, Springer, Berlin, 190 p.
12. Christopher, M. (2011), *Logistics & Supply Chain Management*, Pearson Education Limited, Great Britain, 276 p.
13. Ishizaka, A. and Nemery, P. (2013), *Multi-criteria Decision Analysis: Method and Software*, Wiley, USA, 310 p.
14. Velasquez, M. and Hester, P. (2013), “An Analysis of Multi-criteria Decision Making Methods”, *International Journal of Operations Research*, No. 2, pp. 56–66.
15. Christodoulos, A. and Pardalos, M. (2014), *Recent Advances in Global Optimization*, Princeton University Press, Princeton, 648 p.
16. Me, Rob, Maritz, Paul, Yara, Scott and Cook, Bill (2020), *Spring framework reference documentation*, available at: <https://spring.io/docs/reference>
17. Rezig, John (2019), *JQuery API reference documentation*, available at: <https://api.jquery.com/>

18. Abbink, Hans, van Tooren, Peet (2018), *Vis.js network reference documentation*, available at: <https://visjs.github.io/vis-network/docs/network/>

Надійшла (received) 11.12.2019

Прийнята до друку (accepted for publication) 22.01.2020

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

**Годлевський Ігор Михайлович** – асистент кафедри «Системний аналіз та інформаційно-аналітичні технології», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

**Igor Godlevskiy** – Assistant Lecturer, Department of Systems Analysis and Information-Analytical Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;

e-mail: [godlevskiy.igor@gmail.com](mailto:godlevskiy.igor@gmail.com); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7651-525X>.

**Медведєв Володимир Владиславович** – студент магістратури кафедри «Системний аналіз та інформаційно-аналітичні технології», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

**Volodymyr Medvediev** – Master's student, Department of Systems Analysis and Information-Analytical Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;

e-mail: [medvediev.volodymyr@gmail.com](mailto:medvediev.volodymyr@gmail.com); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1433-0479>.

**Туревич Микола Дмитрович** – магістр з програмної інженерії кафедри «Системний аналіз та інформаційно-аналітичні технології», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

**Kolya Turevych** – Master's Degree in Software Engineering, Department of Systems Analysis and Information-Analytical Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;

e-mail: [turevych.kolya@gmail.com](mailto:turevych.kolya@gmail.com); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6939-2389>.

#### **Информационная технология формирования вариантов конфигурации логистического канала дистрибуции**

И. М. Годлевский, М. Д. Туревич, В. В. Медведєв

**Аннотация.** Предметом исследования является процесс формирования логистического канала на основе конфигурирования логистической системы дистрибуции товаров массового использования. Цель работы состоит в разработке информационной технологии формирования вариантов конфигурации логистического канала. Рассматривается множество производителей продукции, центров консолидации продукции, центров кастомизации и множество ее потребителей. Транспортная задача с двумя промежуточными узлами декомпозируется на две. Для их решения сформированы функциональные требования. На диаграмме вариантов использования представлены три актора. Эксперт формирует исходную информацию для решения задачи конфигурирования логистической системы дистрибуции. Аналитик (лицо, формирующее решение) обеспечивает на основе исходной информации решение различных задач, которые входят в технологию конфигурирования логистической системы. Лицо, принимающее решение – актер, который выбирает решение из множества эффективных. Разработана информационная технология, диаграмма разворачивания которой состоит из четырех узлов: Client, Web server, Application server, Data base. Результаты представлены в виде вариантов конфигурации логистической системы дистрибуции. Дальнейшее их использование состоит в определении уровня сервиса для вариантов конфигурации, их устойчивости относительно различных чрезвычайных ситуаций. Результаты являются основой для формирования организационной структуры управления логистической системой дистрибуции.

**Ключевые слова:** логистический канал; товары массового использования; информационная технология; транспортная задача; уровень страховых запасов; организационная структура управления.

#### **Information technology forming options for logistics distribution channel configuration**

I. Godlevskiy, M. Turevych, V. Medvediev

**Abstract.** The study topic focuses on the process of establishing a logistics channel based on the configuration of the logistics system for the distribution of mass-produced goods. The aim of the research is to develop information technology for logistics channel configuration options. The logistics system consists of two types of business processes: transportation of finished products (FP), storage of FP. A number of producers, product consolidation centers, customization centers and numerous consumers are considered. A transport problem with two intermediate units is decomposed into two ones. A scattering task solves the problem of linking particular product consumers to the relevant customization warehouses. The second transportation problem solves the problem of FP delivery from manufacturers' warehouses to regional ones, and has intermediate units for product consolidation. Functional requirements are formed to solve these tasks. Three actors are represented in the use case diagram. The expert forms the background information for the task of configuring the logistics distribution system. An analyst provides input-based solutions to various tasks that are part of technology of logistics system configuring. The decision maker is the actor who chooses the solution from the many effective ones. An information technology has been developed, the deployment diagram of which consists of four nodes: Client, Web server, Application server, Data base. The results of the study are presented in the form of configurations of the logistics distribution system based on the following parameters: number of warehouse facilities for consolidation and customization of the FP; level of insurance supply; order cycles length of FP. The further use of the results obtained is to determine the level of service for the specific configuration options as well as their sustainability in relation to different emergency situations. The results obtained are the basis for the organizational structure for the management of the logistics distribution system.

**Keywords:** logistics channel; mass-produced goods; information technology; transportation task; level of insurance supply; organizational structure for management.