

В.О. Вдовиченко¹, А.А. Кузьмін¹, Д.Є. Зінов'єв¹, О.С. Черепаха¹, Я.С. Воронцов²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

²Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

ВАРІАТИВНА ОЦІНКА ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ РОЗПОДІЛУ ТОВАРІВ ДО ТОРГОВЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Метою роботи є встановлення раціональної структури логістичного ланцюга доставки товарів до торговельної мережі на основі оцінки раціонального варіанта транспортно-логістичної схеми, що забезпечує умови своєчасності реалізації технологічних операцій. Методологічною основою є розроблена структурна модель впливу вхідних параметрів на загальні витрати та своєчасність доставки партії товару до торговельної мережі.

Ключові слова: доставка, товар, торговельна мережа, ланцюг доставки, логістична система.

Постановка проблеми

Ефективність доставки товарів до торговельної мережі визначається цілою низкою чинників, які можна розподілити за наступними групами [1]: параметри споживання товарів та їх розподіл серед об'єктів торговельної мережі; наявний парк транспортних засобів та об'єктів складського господарства, що використовуються в процесі доставки; рівень планування та організації взаємодії учасників процесу доставки; зовнішні впливи тощо.

Детальний аналіз вищевикладених поглядів призводить до висновку, що потенціал підвищення ефективності доставки товарів до торговельної мережі визначається сукупністю заходів з організації, планування та контролю за використанням рухомого складу, що безпосередньо залежить від застосованої структури транспортно-логістичної схеми доставки (ТЛСД) [2]. У такому разі всі елементи технологічного потенціалу служать одній загальній меті, що стоїть перед службою логістики дистриб'ютора товару. Але саме те, що місце і функції кожного елемента визначаються вимогами, які пред'являються до сукупності процесів загалом, і характеризує його впорядкованість. З іншого боку, виконання сукупністю елементів загальної для технологічного потенціалу низки завдань означає, що вони взаємопов'язані і взаємодіють між собою. Отже, виробничий потенціал доставки товарів відповідає вимогам, що пред'являються до систем складної організації процесів.

Головне завдання служби логістики дистриб'ютора полягає у своєчасній доставці товарів до підрозділів торговельної мережі. Час доставки в логістичній системі є основоположним чинником, що відтворює ефективність її функціонування та своєчасність доставки товару. Це обумовлено тим,

що собівартість витрат на доставку здебільшого вже оптимізована та сформована на етапі розподілу прибутку від продажу товару.

Очевидно, що для того, щоб служба логістики змогла здійснити цей безперервний і постійно поновлюваний процес з чітким дотриманням своєчасності доставки, структура транспортно-логістичної схеми також повинна безперервно і постійно оновлюватися. На практиці ця здатність підтверджується певними тенденціями: системою планування та контролю за технологічними операціями, що потребують на кожному етапі проведення варіативної оцінки ефективності доставки товару з позиції своєчасності реалізації технологічних операцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Технологічний потенціал доставки товарів характеризується низкою відмінних рис. Перша з них – це цілісність процесу [3]. Вона означає, що всі елементи служать спільній меті – своєчасній доставці товарів до торговельних точок з мінімальними витратами часу та ресурсів. Цілісність забезпечується реалізацією в процесі управління доставкою наступних принципів [4]:

- спільності та єдності цільової функції для кожного його елемента;
- спільності критеріїв оцінювання ефективності функціонування елементів.

Другою відмінною рисою є складність процесів. Вона проявляється в наявності декількох складових елементів, кожен з яких є сукупністю окремих частин. Як третю характерну рису визначення технологічного потенціалу доставки товарів слід зазначити взаємозалежність його елементів. Четвертою характеристикою є взаємозв'язок і взаємодія його елементів. Вона являє собою якісний і кількісний зв'язок, виражений мірою відповідності та співвідношення

речових, особистих і нематеріальних чинників доставки товарів.

Розв'язання задачі підвищення ефективності доставки товарів до торговельної мережі переважно передбачає використання оптимізаційних моделей пошуку рішень для окремих елементів ТЛСД [5, 6]. У роботі [5] описується постановка задачі та наявні підходи до встановлення оптимального шляху проходження маршрутів доставки товарів. Водночас слід зазначити, що використання будь-якого методу пошуку оптимального маршруту є можливим лише після встановлення структури ТЛСД. Залежно від наявності проміжних складів буде визначено загальні умови для формування трас маршрутів. Тому оптимізацію маршрутів варто використовувати як подальший етап удосконалення, що може бути здійснено після встановлення структури ТЛСД.

У логістичному ланцюзі ТЛСД важливу роль відіграють процеси переробки товарів на складах. Забезпечення ефективності роботи складських комплексів потребує використання прогресивних підходів, що засновані на застосуванні інформаційних технологій. Одним з прикладів застосування систем управління є WMS (Warehouse Management System). У роботах [7, 8] авторами представлено результати аналізу використання управлінських рішень WMS на параметри ефективності роботи транспортно-логістичного комплексу. Використання WMS-рішень в межах складських комплексів дозволяє спростити процедури збору даних, підвищити результативність служби управління, отримувати можливість перегляду всіх складських операцій та ін. Це певним чином покращує ефективність доставки товарів, але не дозволяє значною мірою впливати на загальні терміни їх доставки.

Перед сучасними ТЛСД стоїть задача забезпечити своєчасність та ритмічність поставок товарів до торговельної мережі. Для досягнення цього можуть бути використані підходи до планування технологічних процесів, що сформовані у принципах моделі «останньої милі» [9, 10]. Основне призначення її полягає у дотриманні терміну завезення на кінцевому етапі ланцюга – розвізному маршруті. Для цього застосовуються методи розробки розкладів руху транспортних засобів по маршрутах та моделі прогнозування параметрів роботи транспорту [10]. Такий підхід є важливим, але його використання передбачає попереднє встановлення умов планування та здійснення рухових операцій, що безпосередньо залежать від схеми доставки.

Вирішення задачі організації доставки товарів до торговельної мережі має багатоаспектний характер та потребує розв'язання комплексу окремих задач. Однак це є можливим лише після того, як буде визначено структуру ТЛСД, що відповідає досягненню бажаного значення критерію ефективності.

Інтегральний вплив елементів технологічного процесу на оцінку параметрів доставки товарів наводить на думку про доцільність розробки моделі структурно-логічного зв'язку між базовими техніко-експлуатаційними показниками роботи рухомого складу та рівнем ефективності ланцюга доставки. Стає зрозумілим, що поліпшенням тільки одного елемента неможливо домогтися істотного зростання віддачі результату технологічного потенціалу роботи транспортно-логістичного ланцюга. Найвища віддача потенціалу можлива лише при використанні її раціональної структури, що описується переліком та послідовністю операцій.

Мета та завдання статті

Метою цієї роботи є встановлення раціональної структури визначення ефективності доставки товарів до торговельної мережі на основі оцінки раціонального варіанта транспортно-логістичної схеми, що забезпечує умови своєчасності реалізації технологічних операцій. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати сучасний науково-практичний досвід формування ТЛСД товарів;
- виділити структуру функціональних зв'язків прийняття рішення про доцільність використання ТЛСД;
- провести аналіз розподілу часових параметрів своєчасності виконання операцій ТЛСД для різних схем розподілу товару.

Виклад основного матеріалу

Важливу роль у чіткій організації процесу доставки та підвищенні ефективності використання рухомого складу відіграють розробка і вибір раціональної ТЛСД, що необхідна для ретельного опрацювання процесу виконання перевезень в конкретних умовах і узгоджується з параметрами вантажопотоку та замовлення. Структура операцій, що входять до ТЛСД товарів, залежить від особливостей формування замовлення на доставку та у загальному вигляді представлена як сукупність елементарних операцій (рис. 1).

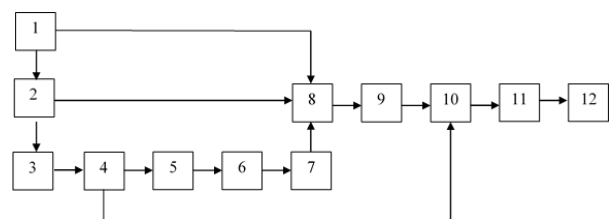


Рис. 1. Структура операцій транспортно-логістичної схеми доставки товарів

На рис. 1 використані наступні умовні позна-

чення: 1 – визначення обсягів та розробка плану доставки; 2 – оформлення заявки на відвантаження вантажу з центрального складу (ЦС); 3 – подача автомобіля великої вантажності; 4 – завантаження на ЦС; 5 – рух автомобіля від ЦС до регіонального складу (РС); 6 – розвантаження на РС; 7 – зберігання на РС; 8 – завантаження автомобіля на РС; 9 – перевезення до торговельних точок (ТТ); 10 – розвантаження в ТТ; 11 – оформлення документів; 12 – повернення автомобіля.

Логістичні канали розподілу товарів відіграють ключову роль у формуванні системи дистрибуції, забезпечуючи ефективний рух продукції від місця виробництва до кінцевого споживача. Такі канали включають всі етапи доставки товарів: від зберігання і транспортування до обробки замовлень і розподілу. Оптимізація цих каналів дозволяє скоротити час доставки, знизити витрати та покращити якість обслуговування клієнтів. На підставі ТЛСД розробляється технологічний графік доставки з урахуванням часу виконання робіт і можливості їх одночасного проведення різними виконавцями, визначається фактичний час, необхідний для виконання кожної операції. На підставі отриманих значень узгоджується робота автотранспортних засобів, вантажно-розвантажувальних пунктів і визначається плановий час заводу товару до торговельних точок.

Незважаючи на те, що методи прийняття рішень при організації процесів доставки вантажів відрізняються універсальністю, їх успішне застосування значною мірою залежить від коректності постановки умов пошуку оптимальних параметрів ТЛСД. При формуванні розподільчої логістики необхідно мати чітке уявлення про специфічні особливості досліджуваної системи і вміння правильно поставити оптимізаційну задачу. Мистецтво постановки завдань досягається на прикладах успішно реалізованих розробок і ґрунтується на чіткому уявленні переваг, недоліків і специфіки різних методів оптимізації та їх пристосованості до конкретних умов виробництва [11]. Розширення меж системи підвищує розмірність і складність багатоконпонентної системи доставки, чим ускладнює її аналіз. Отже, в прикладній практиці удосконалення доставки вантажів слід прагнути до декомпозиції складних систем на підсистеми, які можна вивчати окремо без зайвого спрощення реальної ситуації.

В основі формування комплексу управлінських рішень з розробки ТЛСД лежить коректне формулювання задачі, що за своїм змістом розподіляється на прикладну (розробка технології) та оптимізаційну (пошук найкращого варіанта). Але незважаючи на такий умовний розподіл, потрібно дотримуватися єдності цілей удосконалення ТЛСД. Для формування постановки задачі проаналізуємо зображені на рис. 2 можливі схеми каналів розподілу товарів.

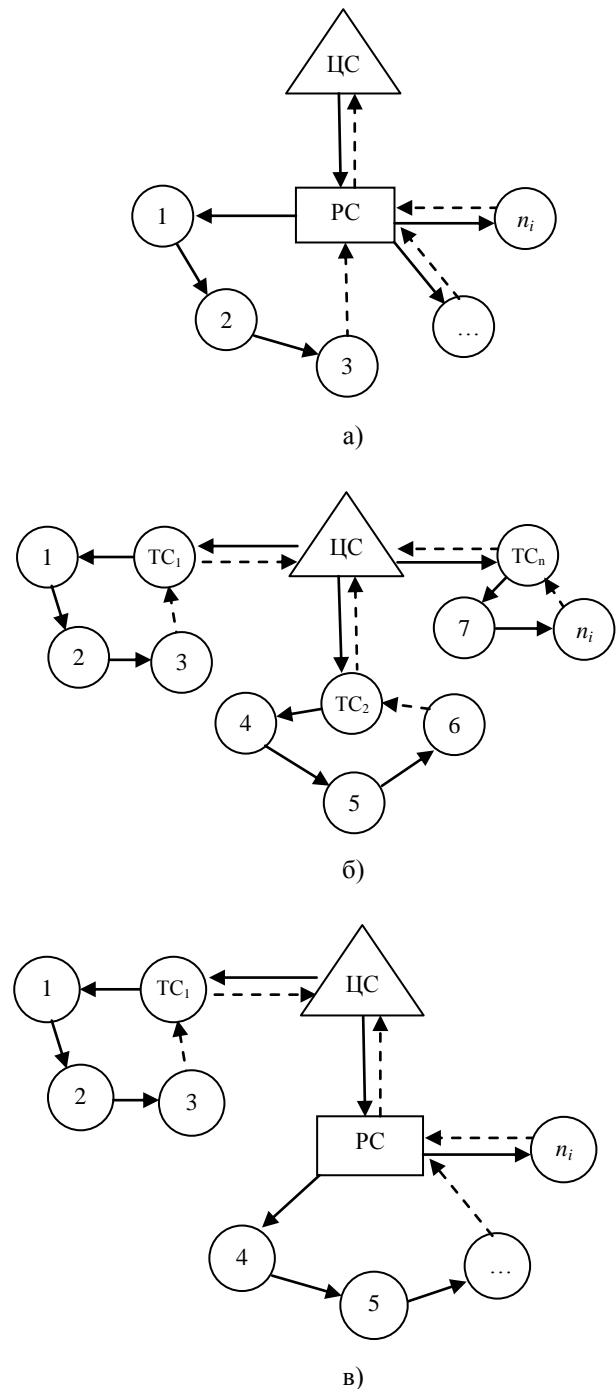


Рис. 2. Типові варіанти схеми каналів розподілу товарів: а) – доставка з перевалкою; б) – прямий варіант; в) – змішаний варіант

На рис. 2 використані позначення: ЦС – центральний склад; РС – регіональний склад; 1, 2, 3, ..., n_i – торговельні точки.

У першому наближенні можна сформулювати наступну послідовність дій, які складають зміст процесу постановки оптимізаційної задачі визначення параметрів ТЛСД:

– встановлення раціональної схеми розподілу товарів на основі аналізу можливих варіантів формування каналів ТЛСД;

– виділення меж системи доставки, що підлягає оптимізації, тобто уявлення системи у вигляді деякої ізольованої частини від загального процесу;

– визначення показника ефективності, на основі якого можна оцінити ключові характеристики ТЛСД для того, щоб виявити раціональні значення параметрів управління процесом доставки;

– вибір внутрішньосистемних незалежних змінних, які повинні адекватно описувати процес доставки і сприяти тому, щоб всі найважливіші управлінські рішення знайшли відображення у формулюванні завдання;

– побудова моделі, що описує взаємозв'язки між змінними величинами завдання і відображає вплив незалежних змінних на значення показника своєчасності доставки.

Для виділеного об'єкта дослідження прикладна постановка задачі полягає в необхідності встановлення сукупності параметрів, що визначають процес доставки товарів з центрального складу до торговельних точок. Доставка може здійснюватися прямо з центрального складу до торговельної мережі або з перевалкою на регіональному складі. Можливе також застосування змішаної схеми доставки. Необхідно визначити такий набір раціональних маршрутів та умов організації, при яких буде забезпечено максимальний рівень своєчасності доставки товарів за принципом «якраз вчасно» (*just-in-time, JIT*). Набір маршрутів безпосередньо залежить від структури каналів розподілу в межах транспортно-логістичної схеми доставки.

Математична постановка задачі полягає в знаходженні сукупності технологічних параметрів, що забезпечують досягнення локальної умови $\Delta T \rightarrow \min$. Як критерій ΔT використовується параметр, що дозволяє оцінити відхилення фактичного часу завершення операцій переміщення товару до окремої торговельної точки мережі від запланованого. У загальному вигляді він може бути представлений як функція виду:

$$\Delta T = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_p} (T_i^n - T_i^\phi)^2}, \quad (1)$$

де T_i^n – плановий час прибуття партії товару до торговельної точки, год;

T_i^ϕ – фактичний час прибуття партії товару до торговельної точки, год;

n_p – кількість точок завою товару в мережі.

Встановлення планового часу прибуття товару обумовлено принципами, що закладені в підхід «логістики останньої милі». Відповідно до цього підходу, необхідно забезпечити прибуття товару в

чіткий діапазон часу, що визначений умовами формування запасів товару в торговельній мережі та розподілом розвантажувальних робіт. Плановий час має допустимий діапазон відхилення:

$$T_i^n \in [T_i^n; T_i^n + \Delta t_i^n], \quad (2)$$

де Δt_i^n – допустиме відхилення пізнього прибуття товару до торговельної точки, год.

Фактичний час прибуття товару до торговельної точки залежить від часу початку доставки та тривалості операцій доставки:

$$T_i^\phi = T_i^e + T_{il}^{px} + T_{ip}^{np} + T_{iz}^{z\phi}, \quad (3)$$

де T_i^e – плановий час відправлення партії товару до торговельної мережі, год;

T_{il}^{px} – час руху автомобілів з товаром, год;

T_{ip}^{np} – час простою автомобілів під навантаженням–розвантаженням, год;

$T_{iz}^{z\phi}$ – час зберігання товару на складі, год.

Для встановлення можливості досягнення екстремуму критерію $\Delta T \rightarrow \min$ необхідно типові варіанти доставки описати логічними зв'язками. Для формалізованого опису впливу вхідних параметрів на складові елементи критерію ефективності (тривалості ланцюга доставки товару до торговельної мережі) застосовано наступні загальні функції, що описують складові фактичного часу прибуття товару до торговельної точки:

$$T_{il}^{px} = f(m_\phi^3, l_\phi^{M,L}, q_a^{M,L}, v_m^{M,L}); \quad (4)$$

$$T_{ip}^{np} = f(t_{n-p}^{M,L}, n_{n-p}^{M,L}, q_a^{M,L}); \quad (5)$$

$$T_{iz}^{z\phi} = f(t_{z\phi}^n), \quad (6)$$

де m_ϕ^3 – обсяг доставки в партії товару, т;

$l_\phi^{M,L}$ – пробіг автомобіля на маршрутах перевезення (магістральних та локальних), км;

$q_a^{M,L}$ – вантажність автомобіля, т;

$v_m^{M,L}$ – технічна швидкість руху, км/год;

$t_{n-p}^{M,L}$ – час навантаження–розвантаження, год;

$n_{n-p}^{M,L}$ – кількість операцій перевалки вантажу;

$t_{z\phi}^n$ – час зберігання на складі, год.

Час оборотного рейсу автомобіля:

$$t_p = t_n + t_o + t_n + t_p + t_x, \quad (7)$$

де t_n – час навантаження, год;
 t_o – час очікування відправки вантажу, год;
 t_n – час перевезення вантажу, год;
 t_p – час розвантаження вантажу, год;
 t_x – час холостого ходу, год.

Час навантаження автомобіля:

$$t_n = t_m + q_n \cdot \tau_m^c + t_n \cdot k_{сн}, \quad (8)$$

де t_m – час маневрування автомобіля при подачі під навантаження, год;
 q_n – обсяг партії відправки вантажу, т;
 τ_m^c – час навантаження 1 т вантажу при використанні c -го механізму, год/т;
 t_n – час оформлення документів, год;
 $k_{сн}$ – коефіцієнт суміщення операцій з оформлення вантажу.

Час очікування відправки вантажу:

$$t_o = \max(0, (t_p - q_n \cdot \tau_y) \cdot n_p), \quad (9)$$

де t_p – тривалість рейсу доставки, год;
 τ_y – час підготовки до відправки, год/т;
 n_p – порядковий номер рейсу відправки протягом доби.

Час розвантаження вантажу:

$$t_p = t_m + q_n \cdot \tau_p^c + t_n \cdot k_{сн}, \quad (10)$$

де τ_p^c – час розвантаження 1 т при використанні c -го механізму, год/т.

Середній термін зберігання вантажу на складі:

$$\bar{t}_{зб} = \frac{D_p \cdot k_e \cdot E_c}{R_c}, \quad (11)$$

де D_p – кількість робочих днів у розрахунковому періоді, днів;

k_e – коефіцієнт використання ємності складу;
 E_c – ємність складу, т;
 R_c – вантажообіг складу за період, т/період.

Окрім своєчасності доставки партій товару,

важливу роль в оцінці ТЛСД відіграє економічна ефективність. Для цього використовується оцінка загальних витрат на доставку партії товару до торговельної мережі. Загальні витрати на доставку товарів визначаються за формулою:

$$C^{PX} = \sum_{i=1}^{n_{mp}} (2l_i^M \cdot c_{зМ}^M + t_i^{PM} \cdot c_{nc}^M) + \sum_{j=1}^{n_{zp}} (2l_j^L \cdot c_{зМ}^L + t_j^{PL} \cdot c_{nc}^L) \quad (12)$$

де t_i^{PM} – час оберту для маршруту ЦС – РС, год;
 t_j^{PL} – час оберту для маршруту РС – ТТ, год;
 $c_{зМ}^M, c_{nc}^M$ – змінні та постійні витрати автомобіля на маршруті ЦС – РС, грн/км, грн/год;
 $c_{зМ}^L, c_{nc}^L$ – змінні та постійні витрати автомобіля на маршруті РС – ТТ, грн/км, грн/год.

Загальні витрати на операції з навантаження–розвантаження товарів визначаються за формулою:

$$C^{PX} = \sum_{i=1}^{n_{mp}} (t_{ni}^M \cdot c_n^M + t_{pi}^M \cdot c_p^M) + \sum_{j=1}^{n_{zp}} (t_{nj}^L \cdot c_n^L + t_{pj}^L \cdot c_p^L) \quad (13)$$

де t_{ni}^M, t_{pi}^M – час навантаження та розвантаження автомобіля для маршруту ЦС – РС, год;
 t_{nj}^L, t_{pj}^L – час навантаження та розвантаження автомобіля для маршруту РС – ТТ, год;
 c_n^M, c_p^M – питомі витрати на навантаження та розвантаження для маршруту ЦС – РС, грн/т;
 c_n^L, c_p^L – питомі витрати на навантаження та розвантаження для маршруту РС – ТТ, грн/т.

Загальні витрати на операції зі зберігання товарів на РС визначаються за формулою:

$$C^{PX} = \bar{t}_{зб} \cdot q_c \cdot c_{зб}^n \quad (14)$$

Знаходження оптимуму цільової функції для детермінованих процесів – це складна задача, що не може бути розв’язана числовими методами. Зважаючи на представлені елементи ТЛСД та три базові варіанти доставки (прямий, з перевалкою або змішаний), можливо розділити параметри впливу на окремі базові категорії. На рис. 3 у формі моделі «білої скрині» представлена структура чинників впливу на ефективність доставки товарів.

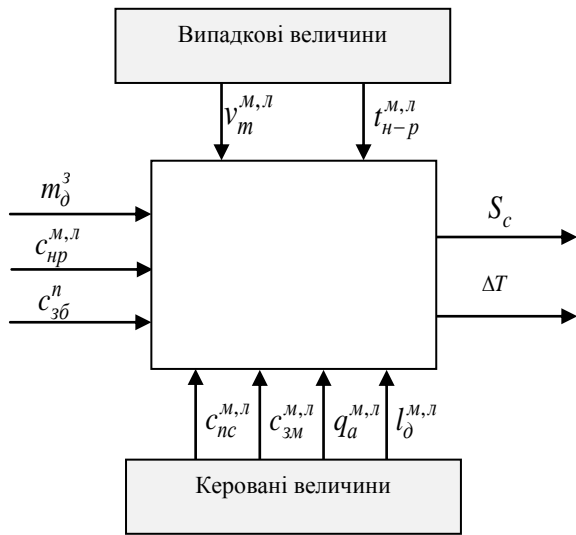


Рис. 3. Чинники впливу на ефективність ТЛСД

Розглядаючи ТЛСД як складну систему управління, необхідно явно визначити зв'язки між всіма чинниками та умовами формування показників ефективності. На рис. 4 зображена схема структурного контуру функціонального зв'язку елементів об'єкта дослідження.

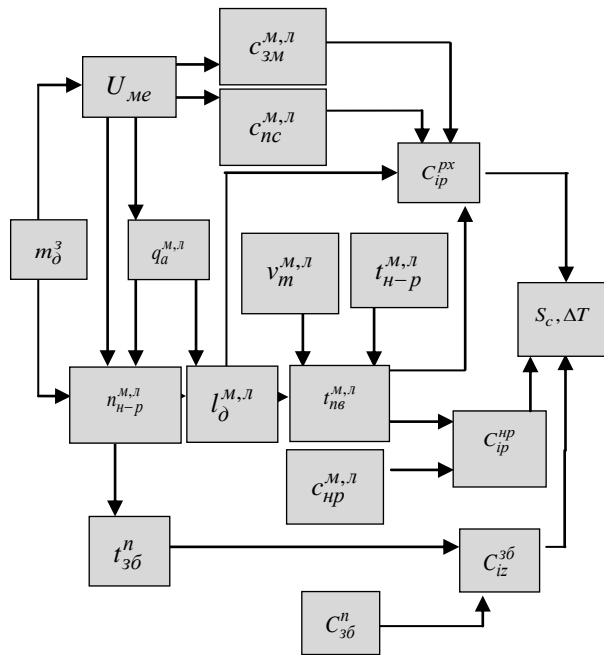


Рис. 4. Схема контуру функціонального зв'язку елементів ТЛСД товарів

Важливим етапом формування моделі дослідження є представлення зв'язку досліджуваного об'єкта через вербальний опис характеру протікання процесів. Для ТЛСД товарів можна виділити наступні типи потоків: вхідний інформаційний потік про обсяги замовлення доставки ($I_{z\delta}$), інформаційний потік про характер зміни параметрів перебування

автомобілів в русі та під навантаженням–розвантаженням (I_{en}), інформація про структуру наявного парку доступних автомобілів (I_{au}), характеристики мережі сполучення (I_{mc}) та керувальні впливи (U_{me}). На основі встановлення логічної послідовності зв'язку між цими потоками визначається можливість одержання придатного значення критеріїв ефективності. До системи поступає замовлення на доставку товарів до кожного споживача m_{Δ}^3 . План завозу товарів розробляється заздалегідь на перспективний період. Служба логістики на основі аналізу одержаної інформації формує управлінські рішення U_{me} про вибір раціонального варіанта виконання програми доставки (розробляє набір маршрутів на цей період), обирає моделі автомобілів та визначає їх вантажність $q_a^{M,l}$ для кожного маршруту. В подальшому на основі прийнятого управлінського рішення U_{me} визначається кількість операцій навантаження–розвантаження $n_{n-p}^{M,l}$, розраховується сумарний пробіг за період для всіх моделей автомобілів $l_{\Delta}^{M,l}$. Залежно від варіанта ТЛСД (прямий, з перевалкою на РС або змішаний) визначається сумарна кількість перевантажувальних операцій $n_{n-p}^{M,l}$ та розраховується середній термін зберігання вантажу на складі $t_{z\delta}^n$. На основі аналізу умов здійснення транспортного процесу (встановлюється середня технічна швидкість $v_t^{M,l}$ та час навантаження–розвантаження $t_{n-p}^{M,l}$) визначається тривалість рейсів $t_{ne}^{M,l}$ по всім маршрутам періоду. На основі постійних $C_{nc}^{M,l}$ та змінних $C_{zm}^{M,l}$ витрат на експлуатацію автомобілів визначаються сумарні витрати на перевезення товарів C_{il}^{px} . Для розрахунку витрат на зберігання C_{ip}^{hp} використовується інформація про питомі витрати на експлуатацію навантажувально–розвантажувальних механізмів $C_{np}^{M,l}$. Витрати на зберігання товарів $C_{iz}^{z\delta}$ визначаються через облік середнього часу зберігання $t_{z\delta}^n$ та вартості зберігання $C_{z\delta}^n$. Значення загального критерію S_c встановлюється шляхом підсумовування значення складових частин C_{il}^{px} , C_{ip}^{hp} та $C_{iz}^{z\delta}$. Основним управлінським впливом, який реалізується в межах системи доставки товарів, є вибір схеми формування маршрутів та автомобілів, що забезпечують найменше значення критерію ефективності S_c . Систему обмеження

формують дані про щоденні обсяги замовлення, допустимий діапазон варіювання вантажності автомобілів, діапазон зміни довжини маршрутів та умови своєчасності доставки до торговельної мережі $\Delta T \rightarrow \min$.

Вибір критерію оцінки ефективності залежить від мети діяльності організації та повинен відтворювати ступінь її досяжності. З огляду на це, можна запропонувати як критерій оцінки ефективності управлінських рішень застосувати показник витрат на доставку товарів:

$$S_c = \sum_{i=1}^{T_p} \left(\sum_{l=1}^{K_l} C_{il}^{px} + \sum_{p=1}^{K_p} C_{ip}^{hp} + \sum_{z=1}^{K_z} C_{iz}^{zb} \right) \rightarrow \min, \quad (15)$$

де T_p – кількість партій вантажу у періоді;

K_l – кількість операцій з рухом (їздом) під час реалізації заявки i ;

K_p – кількість операцій з навантаження-розвантаження під час реалізації заявки i ;

K_z – кількість операцій зберігання під час реалізації партії доставки i ;

C_{il}^{px} – витрати на операції з перевезення, грн;

C_{ip}^{hp} – витрати на вантажні операції, грн;

C_{iz}^{zb} – витрати на операції зі зберігання, грн.

Системою обмеження критерію ефективності є параметри, що встановлюються обсягом наявного та перспективного щоденного замовлення товарів, можливостями складського господарства підприємства, довжиною маршрутів та діапазоном вантажності автомобілів та їх кількості.

Висновки

Розроблена структура моделі варіативної оцінки ТЛСД товарів включає набір послідовних етапів та аналітичних моделей визначення техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників, пов'язаних з оцінкою альтернативних схем, рівняння, що описують взаємозв'язок технологічних процесів, нерівності, що визначають допустимі значення незалежних змінних та встановлюють ліміти використання виробничих ресурсів під час доставки товарів до торговельної мережі. Елементи моделі містять усю необхідну інформацію до розрахунку складових критерію оцінки ефективності чи прогнозування характеристик ТЛСД. Побудована структурна модель доставки дозволяє на етапі моделювання точно відтворювати реальні процеси та базується на описі логічної послідовності виконання сукупності операцій доставки товарів.

Окрім загальної структури ТЛСД товарів, важ-

ливу роль відіграють локальні моделі визначення часових показників технологічних процесів доставки. До основних моделей відносяться: моделі часових параметрів доставки вантажу, модель витрат на доставку, модель встановлення продуктивності парку рухомого складу, модель визначення параметрів зберігання вантажу на складі. Точне визначення всіх цих параметрів дозволяє оптимізувати процес доставки та покращити його ефективність. Модель часових параметрів доставки вантажу допомагає планувати маршрути та визначати оптимальний час доставки кожної партії товару. Модель витрат на доставку дозволяє розрахувати собівартість перевезення вантажу та обчислити найбільш економічні способи доставки. Модель встановлення продуктивності парку рухомого складу допомагає визначити оптимальний розмір та склад транспортних засобів для забезпечення необхідної продуктивності ТЛСД. Крім того, модель визначення параметрів зберігання вантажу на складі є ключовим інструментом для оптимізації складських процесів та керування запасами товарів. Всі ці локальні моделі працюють у комплексі із загальною структурою ТЛСД товарів, забезпечуючи більш ефективне та прозоре управління логістичними процесами. Їх використання дозволяє компаніям знизити витрати, підвищити якість обслуговування клієнтів та покращити конкурентоспроможність закладів торгівлі на споживчому ринку.

Література

1. Луб'яний П. В., Розова А. Ю. Формування способів доставки дрібнопартійних товарів у логістичній системі роздрібно-торгівельної мережі / П. В. Луб'яний, А. Ю. Розова // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2021. – №. 1 (76). – С. 43-47. DOI:10.35546/kntu2078-4481.2021.1.5
2. Птиця Н. В., Макарічев О. В., Ковцур К. Г. Ефективна організація розподілу вантажопотоків у межах міста та фактори, що на неї впливають / Н. В. Птиця, О. В. Макарічев, К. Г. Ковцур // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2024. – №. 2. – С. 94-100. DOI:10.31649/1997-9266-2024-173-2-94-100
3. Judijanto L., Asniar N., Kushariyadi K., Utami E., Telaumbanua E. Application of Integrated Logistics Networks in Improving the Efficiency of Distribution and Delivery of Goods in Indonesia a Literature Review / L. Judijanto, N. Asniar, K. Kushariyadi, E. Utami, E. Telaumbanua // Sciences du Nord Economics and Business. – 2024. – №. 01. – С. 01-10. DOI:10.58812/09cy0n26
4. Arnäs P., Holmström J., Kalantari J. In-transit services and hybrid shipment control: The use of smart goods in transportation networks / P. Arnäs, J. Holmström, J. Kalantari // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2013. – Т. 36. – С. 231-244. DOI:10.1016/j.trc.2013.09.005
5. Сологубов І.Я., Скрупський С.Ю., Хохлов М.М. Оптимізація логістичних процесів: застосування алгоритмів пошуку оптимального маршруту / І.Я. Сологубов, С.Ю. Скрупський, М.М. Хохлов // Тиждень науки-2023. Тези доповідей науково-технічної конференції, Запоріжжя, 24-28 квітня 2023 р. – 2023. – С. 89-90. Режим доступу: https://zp.edu.ua/uploads/dept_s&r/2023/conf/4.1/TN-2023-FKNT.pdf, вільний. (дата звернення: 15.04.2024).

6. Mohammadi S., Al-e-Hashem S., Rezik Y. An integrated production scheduling and delivery route planning with multi-purpose machines: A case study from a furniture manufacturing company / S. Mohammadi, S. Al-e-Hashem, Y. Rezik // *International Journal of Production Economics*. – 2020. – Т. 219. – С. 347-359. DOI:10.1016/j.ijpe.2019.05.017

7. Гульчак О. Д., Лисенко І. В., Шапенко С. М., Шевченко А. Т. Аналіз доцільності впровадження «розумних» систем на складах / О. Д. Гульчак, І. В. Лисенко, С. М. Шапенко, А. Т. Шевченко // *Дороги і мости*. – 2021. – Вип. 23. – С. 197–204. DOI:10.36100/dorogimosti2021.23.197

8. Setiawan A., Melyana C., Keke Y., Veronica V. The effect of warehouse management system on the distribution of the Electrolux products in PT. CEVA Logistics / A. Setiawan, C. Melyana, Y. Keke, V. Veronica // *Advances in Transportation and Logistics Research*. – 2020 – 3. – P. 758-765. DOI:10.25292/atlr.v3i0.329

9. Archetti C., Bertazzi L. Recent challenges in Routing and Inventory Routing: E-commerce and last-mile delivery / C. Archetti, L. Bertazzi // *Networks*. – 2021. – Т. 77. – №. 2. – P. 255-268. DOI:10.1002/net.21995

10. Sajid M., Mittal H., Pare S., Prasad M. Routing and scheduling optimization for UAV assisted delivery system: A hybrid approach / M. Sajid, H. Mittal, S. Pare, M. Prasad // *Applied Soft Computing*. – 2022. – Т. 126. – P. 109-125. DOI:10.1016/j.asoc.2022.109225

11. Вдовиченко В.О., Анікейцева В.О. Структура оцінювання логістичних витрат на доставку нафтопродуктів відомчим транспортом. / В.О. Вдовиченко, В.О. Анікейцева // *Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ», м. Харків, 22 квітня 2021 р.; Харків, 2021. С. 21-24. Режим доступу: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/19303/1/NR_TS_APV_2021_7.pdf, вільний. (дата звернення: 15.07.2024).*

References

1. Lubyany, P.V., Rozova, A.Y. (2021) Formation of methods of delivery of small party goods in the logistics system of retail trade network. *Visnyk of Kherson National Technical University*, 1(76), 43-47. DOI:10.35546/kntu2078-4481.2021.1.5

2. Ptytsia, N. V., Makarichev, O. V., Kovtsur, K. H. (2024) Efficient Organization of Freight Flow Distribution Within City Boundaries and Factors Affecting it. *Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute*, 2, 94-100. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-173-2-94-100>

3. Judijanto, L., Asniar, N., Kushariyadi, K., Utami, E., Telaumbanua, E. (2024) Application of Integrated Logistics Networks in Improving the Efficiency of Distribution and Delivery of Goods in Indonesia a Literature Review. *Sciences du Nord Economics and Business*. 1. 1-10. DOI:10.58812/09cy0n26

4. Arnäs, P., Holmström, J., Kalantari, J. (2013) In-transit services and hybrid shipment control: The use of smart goods in transportation networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2013. 36. 231-244. DOI:10.1016/j.trc.2013.09.005

5. Sologubov, I.Ya., Skrupskiy, S.Yu., Khokhlov, M.M. (2023) Optimization of logistics processes: application of optimal route search algorithms. *Science Week-2023. Abstracts of reports of the scientific and technical conference, Zaporizhzhia, April 24-28*. 89-90.

6. Mohammadi S., Al-e-Hashem S., Rezik Y. (2020) An integrated production scheduling and delivery route planning with multi-purpose machines: A case study from a furniture manufacturing company. *International Journal of Production Economics*. 219. 347-359. DOI:10.1016/j.ijpe.2019.05.017

7. Hulchak, O., Lysenko, I., Shapenko, Y., Shevchenko A. (2021) An analysis of the feasibility of introducing «smart» systems in warehouses. *Roads and bridges*. 23. 197–204. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.23.197>

8. Setiawan. A., Melyana. C., Keke. Y., Veronica. V. (2020). The effect of warehouse management system on the distribution of the electrolux products in pt. ceva logistics. *Advances in Transportation and Logistics Research*, 3, 758-765. DOI: <https://doi.org/10.25292/atlr.v3i0.329>

9. Archetti. C., Bertazzi. L. (2021) Recent challenges in Routing and Inventory Routing: E-commerce and last-mile delivery. *Networks*. 77/2. 255-268. <https://doi.org/10.1002/net.21995>

10. Sajid, M., Mittal, H., Pare, S., Prasad, M. (2022) Routing and scheduling optimization for UAV assisted delivery system: A hybrid approach. *Applied Soft Computing*. 126. 109-125. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109225>

11. Vdovychenko, V., Anikeyeva, V. (2021) The structure of estimating the logistics costs for the delivery of petroleum products by departmental transport. *Materials of the third International Scientific and Practical Internet Conference "Directions of the Development of Technological Systems and Logistics in APV", Kharkiv, April 22*. 21-24.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.О. Таран, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна.

Автор: ВДОВИЧЕНКО Володимир Олексійович
доктор технічних наук, доцент, професор кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – Vval2301@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2746-8175>

Автор: КУЗЬМІН Артем Анатолійович
аспірант кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – Art.kuzmin.77@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1596-0314>

Автор: ЗІНОВ'ЄВ Дмитро Євгенович
аспірант кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – dezinoviev.86@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9144-4411>

Автор: ЧЕРЕПАХА Олександр Сергійович
кандидат технічних наук, асистент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – Stt_0014@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6129-1945>

Автор: ВОРОНЦОВ Ярослав Сергійович
аспірант
Державний університет інфраструктури та технологій
E-mail – voroncov.yaroslav@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8178-5468>

**VARIABLE ASSESSMENT OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS SCHEME
FOR THE DISTRIBUTION OF GOODS TO THE TRADE NETWORK**

V. Vdovychenko¹, A. Kuzmin¹, D. Zinoviev¹, O. Cherepakha¹, Ya. Vorontsov²

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

²State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine

The distribution of goods to the trade network is a complex process that requires a careful approach to determining the hierarchical structure of the interaction of participants in the logistics chain and planning their activities. An essential element of this process is choosing the configuration of the transport and logistics scheme, which ensures efficient and timely delivery of goods to the trade network. In this study, we propose to carry out a variable assessment of the efficiency of the distribution of goods according to basic schemes on the ground of taking into account a set of factors, such as the distance of transportation, volume of cargo, delivery terms, specific costs for transportation and storage of freight, the impact of changes in the speed of movement and the time of cargo operations. It makes it possible to present the choice of a rational transport and logistics scheme in the form of an optimisation process to make it more flexible and adaptable to the changing conditions that characterise the current distribution of goods.

The article aims to establish a rational structure for determining the efficiency of the delivery of goods to the trade network based on evaluating a sensible version of the transport and logistics scheme, which ensures the conditions for implementing technological operations in time.

The methodological basis for establishing a rational version of the transport and logistics scheme is a developed structural model of the influence of input parameters on the total costs and timeliness of delivery of a batch of goods to the trade network. Such a research model describes the functional relationship between incoming information flows about the volumes of orders for the delivery of goods, the nature of changes in the parameters of cars in motion and under loading-unloading, information about the structure of the available car fleet, and the characteristics of the communication network and the controlling influences represented by the choice of a rational total of trunk and delivery routes. Designating a logical sequence of communication between these flows enables determining the value of the components of the efficiency criterion of the transport and logistics delivery system. We established that the transport and logistics scheme of delivery is the basis for the development of transportation routes and the organisation of the functioning of warehouse distribution complexes.

The developed structure for evaluating the efficiency of the delivery of goods to the trade network allows for determining the core conditions of activity of the logistics chain participants and specifying a set of technical, operational, and economic indicators of their work. Accounting for the time parameters of the transport and logistics chain enables taking into account the influence of fluctuations in the high-speed mode of movement and idle time at loading and unloading points. The developed models for estimating the time parameters of cargo delivery facilitate efficient planning of the transportation routes and determine the rational time for delivery of each consignment. All local models work in a complex with the general structure of evaluating the efficiency of goods delivery and ensuring a more efficient and transparent management of logistics processes. Their use allows logistics companies to reduce delivery costs, improve the quality of customer service, and increase the competitiveness of the trading network in the market.

Keywords: *delivery, product, trade network, delivery chain, logistics system.*