

УДК 658.13.073
UDC 658.13.073

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ТОВАРІВ

Коцюк О.Я., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Мусатенко О.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

OPTIMIZATION OF GOODS DELIVERY DISTRIBUTION SYSTEM

Kotsuk O.J., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Bakulich O.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Musatenko E.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ТОВАРОВ

Коцюк А.Я., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Бакуліч Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Мусатенко Е.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Нестабільність у світовому просторі викликала появу нових тенденцій розвитку світової торгівлі, таких як зменшення термінів дії договорів купівлі-продажу, зменшення обсягів поставок товарів, підвищення вимог до транспортного забезпечення виконання міжнародних договорів, зменшення іммобілізації ресурсів тощо. Тому розвиток торгівельних відносин України з країнами Європи в умовах глобалізації економіки потребує впровадження сучасних систем розподілу та доставки товарів, які сприятимуть забезпеченню конкурентоспроможності національних підприємств. Перепоною на цьому шляху постає відсутність якісного методичного забезпечення удосконалення систем доставки товарів. Значна кількість досліджень у цьому напрямку, виконаних за останні роки, не дають відповіді на багато запитань практичної діяльності. Тому, вивчення закономірностей формування і функціонування розподільчих систем доставки вантажів потребує наукового дослідження. На це вказують положення «Транспортної стратегії України на період до 2020 року» та завдання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, ратифіковану Законом України № 1678 - VII від 16.09.2014 р.

Аналіз публікацій. Підвищенню ефективності процесу доставки товарів у розподільчих системах присвячені роботи багатьох національних та закордонних вчених [1–6]. Серед цих робіт можливо виділити наступні напрямки: управління складськими запасами [1–4], проектування логістичних систем [5]; організація автомобільних термінальних перевезень [6].

Структура розподільчої система постачань визначається господарськими зв'язками між підприємствами, має специфічні особливості та структуру. Тому, як основні об'єкти дослідження розглядають структуру мережі або процеси, завдяки яким товар переміщується від виробника до споживача. Найбільшу увагу науковці приділили вивченню послідовності потоків та процесів, що мають місце між різними контрагентами на шляху товару від виробника до споживача. В загальному випадку склад учасників процесу, комплексу технологічних операцій, їхню послідовність та тривалість визначає вид товарів. Це значно ускладнює дослідження розподільчих систем поставки товарів. Для вивчення основних закономірностей функціонування таких системи доставки достатньо обмежитись розглядом товарів, що не потребують специфічних умов, зберігання, перевезень та реалізації. За такого припущення сукупність виконуваних операцій і їхня послідовність залишаються без змін. Вони повторюються при виконанні кожної поставки тобто мають циклічний характер. Тому для аналізу процесу достатньо розглянути виконання одного циклу поставки. В розподільчій системі він реалізується через ланцюги постачань. Тому науковці сфокусували свою увагу на вирішенні практичних задач раціоналізації структури ланцюга постачань. При цьому використовують три підходи: процесний, об'єктний та оцінка якості логістичного сервісу, а як метод дослідження - моделювання. Процесний підхід передбачає розробку описових моделей. Тому можливості

оптимізації в межах цих моделей є обмеженими. Об'єктний підхід передбачає розробку моделей на основі теорії графів або математичного програмування, що спонукає складну багаторівневу динамічну систему представляти як однорівневу. Таке спрощення реального об'єкту викликає нехтування суттєвих зв'язків між контрагентами та росту похибки результатів розрахунків. Оцінка якості логістичного сервісу на поточний момент не має загально визнаного методу розрахунку та сукупності показників, що визначають рівень сервісу.

З огляду на прогрес у сфері комп'ютерного моделювання та математичних методів, на наш погляд, найбільш прийнятним для виконання досліджень розподільчих систем є об'єктний підхід з використанням методів імітаційного моделювання.

Набагато складнішою задачею за розробку ланцюга постачань є розробка розподільчої системи. Тому що територіальне розміщення складів визначається: потужністю матеріальних потоків, попитом на ринку збуту, розмірами регіону обслуговування та концентрацією споживачів, особливостями комунікаційних зав'язків тощо. Серед способів рішення цієї задачі виділяють такі групи методів як: метод повного перебору варіантів, евристичні методи, метод визначення центру мас, метод пробної точки, експериментального впровадження. Як правило в якості критеріїв ефективності приймають витрати на функціонування системи, рентабельність, попит на продукцію, тривалість обслуговування клієнтів, межа собівартості товару тощо. Запропоновані моделі дозволяють вирішувати задачу в конкретних умовах при наявності всебічної інформації про географію споживачів та обсяги споживання товарів, але слабо орієнтовані на врахування особливостей транспортного забезпечення процесу розподілу товарів.

Значний внесок у розвиток теорії термінальних автомобільних перевезень було внесено автором монографії [6]. Він зробив спробу поєднати мережу складів з транспортними технологіями. Використана автором методологія дослідження орієнтована на централізоване управління транспортом, дозволяє отримувати лише регресійні залежності і імітаційна модель надзвичайно чутлива до вхідних параметрів, що значно звужує можливості дослідження закономірностей розвитку системи. Подальший розвиток цей напрямок досліджень отримав в роботах [7-8], де топологія мережі складів пов'язувалась з організацією перевезень на маршрутах. В них розглядається не цілісна система, а композиція моделей автомобільного транспорту та складського господарства. Крім цього в роботі [8] розглядається тільки одна структура мережі, що передбачає закріплення за складом вищої ієрархії незмінну кількість складів нижчого рівня. Крім цього, припущення автора про перевезення між регіональними центрами на маятникових маршрутах, окрім останньої ланки де, при здійсненні доставки продукції кінцевому споживачеві, можливе застосування розвізних маршрутів не відображає можливих перспективних варіантів організації перевезень. В даному випадку рішення потребує визначення області застосування розвізних та маятникових маршрутів, яка визначається партіями відправлень та розмірами території на якій здійснюють перевезення.

Тому дослідження закономірностей функціонування розподільчих систем з урахуванням їх топології пов'язаної з технологіями автомобільних перевезень є актуальним.

Метою публікації є розробка математичної моделі двоярусної розподільчої системи з автотранспортним забезпеченням перевезення товарів та оптимізація її параметрів..

Виклад основного матеріалу. В сучасних умовах для розподільчих систем товарів однією із найважливіших проблем є рішення двох взаємозалежних та взаємопов'язаних задач: перевезення та складування. Структура розподільчої мережі залежить від багатьох чинників таких як: кількості та територіального розміщення клієнтів, попиту на товар, конкурентного середовища, товарної спеціалізації тощо. Географія складів, кількість, інтенсивність та маса відправлень безсумнівно визначають методи організації перевезень та вартість транспортної складової у собівартості товару. Тому важливо встановити закономірності взаємодії складського та транспортного забезпечення розподільчої системи. Основним способом вибору більш ефективної розподільчої системи є порівняння результатів різних організаційно-технологічних варіантів її функціонування.

Розповсюдження товарів закордонного виробництва передбачає виконання міжнародного перевезення, тобто розвезення вантажу автотранспортними засобами починається не з центру території обслуговування, як це передбачено в моделях багатьох дослідників, а з межі території.

Серед відправлень вантажів розрізняють дві групи: повнопоїзні відправлення, коли весь завантажений в автомобіль товар направляють на адресу одного одержувача та гуртові відправлення, які передбачають перевезення від одного відправника кільком одержувачам.

З огляду на значну вартість перевезень у міжнародному сполученні дрібні партії вантажів консолідує у великі відправлення та здійснюють рейс по можливості автопоїздами максимально допустимої вантажопідйомності.

Нехай у регіон площею S з-за кордону постачають продукцію з інтервалом часу T . Інтенсивність споживання товару становить λ з одиниці площі. В регіоні діє ієрархічна система з N складів, які забезпечують потреби споживачів. Всі склади одного ієрархічного рівня обслуговують однакову площу (район) та апроксимуються колами.

Визначимо умову доцільності впровадження дворівневої розподільчої системи. Дворівнева система відрізняється від однорівневої тільки витратами на перевантаження вантажу та перевезення у межах регіону. При величині партії відправлення (q_m) набагато більшій за масу, що отримує один склад (g_N), $q_m \gg g_N$, доставка вантажу виконується на розвізному маршруті. З урахуванням того, що багатьма дослідниками [7-8] доведено, що вартість автомобільних перевезень прямо пропорційна вантажопідйомності автомобіля та відстані перевезень, одержана залежність:

$$B_p = (a + b \cdot q_m) \cdot L_p \quad (1)$$

де a та b – коефіцієнти, що визначають постійну та змінну складові витрат;
– довжина розвізного маршруту у регіоні.

З урахуванням того, що рух по розвізному маршруту починається з межі регіону в напрямку першого пункту розвантаження із середньою відстанню, що дорівнює відстані між сусідніми складами, а також результатів наведених у [9], маємо:

$$L_p = a_1 \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \cdot N = a_1 \cdot \sqrt{S \cdot N} \quad (2)$$

$$a_1 = \frac{0,67 \cdot \varphi}{\sqrt{\pi}} \quad (3)$$

де φ – коефіцієнт непрямолінійності мережі автомобільних доріг.

При перевантаженні вантажу на автотранспортні засоби меншої вантажопідйомності з подальшим розвезенням його по складам за умови $\gamma=1$ загальні витрати становитимуть

$$B_m = (a + b \cdot q_m) \cdot a_1 \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \cdot \frac{N \cdot q_p}{q_m} \cdot \frac{q_m}{q_p} - 2 \cdot b_{\text{нр}} \cdot q_m = (a + b \cdot q_m) \cdot a_1 \cdot \sqrt{S \cdot N} - 2 \cdot b_{\text{нр}} \cdot q_m \quad (4)$$

де q_p – вантажопідйомність автотранспортного засобу, що використовується на розвізному маршруті;
 $b_{\text{нр}}$ – вартість вантажної операції з однією тонною вантажу.

Тоді умова доцільності впровадження пункту перевантаження має вираз:

$$B_p - B_m > 0 \quad (5)$$

Після підстановки (1) – (4) в (5) та перетворень одержана умова

$$N > \left(\frac{2 \cdot b_{\text{нр}}}{b \cdot a_1 \cdot (1-k) \cdot \sqrt{S}} \right)^2 \quad (6)$$

$$k = \frac{q_m}{q_p} \quad (7)$$

Отже, перехід з однорівневої розподільчої системи на дворівневу визначається вартістю вантажних робіт, параметром складової вартості від вантажопідйомності автотранспортного засобу, величиною території, масою поставки одному споживачу та їх кількістю.

Аналіз стандартного ряду вантажопідйомності автомобілів та кількості пунктів заводу, яку рекомендовано включати у розвізні маршрути, надає підстави стверджувати, що автомобільний транспорт може забезпечувати одноосібно обслуговуванням розподільчої системи, що мають не більше трьох рівнів.

Якщо умова (6) виконується то постає питання про кількість розподільчих центрів у дворівневій системі.

Загальні витрати на функціонування систем складаються з витрат на транспортування, зберігання продукції на складах, виконання вантажних робіт, утримання складів та складську переробку. Крім цього, до критерію ефективності функціонування системи доцільно ввести оцінку

вtrat від іммобілізації капіталу, тобто оцінку упущеної можливої вигоди. Отже, критерій ефективності має вигляд

$$B_{збт} + B_{збз} + B_{eN} + B_{нр} + B_{зк} + B_{мр} + B_{оф} \rightarrow \min \quad (8)$$

де $B_{збт}$ – витрати на зберігання товару, грн.;

$B_{збз}$ – витрати на зберігання страхового запасу, грн.;

B_{eN} – витрати на утримання складів, грн.;

$B_{нр}$ – витрати на виконання вантажних робіт, грн.;

$B_{зк}$ – оцінка вtrat із-за іммобілізації коштів у запасах, грн.;

$B_{мр}$ – витрати на перевезення, грн.;

$B_{оф}$ – витрати на оформлення відправлень, грн.

Витрати на зберігання запасу товарів за час T на N складах при поставці в g тон кожний розподільчий склад, за умови зберігання страхового запасу на Z розподільчих складах становлять:

$$B_{збт} + B_{збз} = T \cdot \left(\frac{g \cdot Z}{2} + \xi \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{N}{Z}} \right) \cdot \left(\frac{a_{зб1} \cdot \rho}{g} + b_{зб1} \right) \cdot \frac{u}{\rho} \quad (9)$$

де ξ – показник достовірності для заданої довірчої ймовірності результату розрахунку;

σ – середнє квадратичне відхилення, т;

$a_{зб1}$ та $b_{зб1}$ – коефіцієнти регресійної залежності вартості оренди необхідної площі зберігання товару;

ρ – питоме навантаження на 1 м² площі підлоги;

u – відношення загальної площі складу до площі зберігання вантажу.

Витрати на утримання N складських приміщень найменшого рівня визначаються багатьма чинниками. Тому приймаємо їх умовно постійними і незалежними від обсягу поставки.

$$B_{eN} = N \cdot T \cdot b_{eN}, \quad (10)$$

де b_{eN} – добові витрати на утримання одного складського приміщення, грн. / доба.

Витрати на утримання Z розподільчих складів залежать від їх кількості та місткості:

$$B_{eZ} = Z \cdot T \cdot b_{eZ} \quad (11)$$

Витрати на вантажні роботи визначає обсяг вантажу (Q), вартість виконання однієї вантажної операції та їх кількість

$$B_{нр} = Q \cdot b_{нр} \cdot n_{нр}, \quad (12)$$

де $b_{нр}$ – витрати на виконання навантаження-розвантаження 1т вантажу;

$n_{нр}$ – кількість вантажних робіт у ланцюгу поставки товару.

Обсяг вантажу, що буде поставлений в регіон за час T визначає вираз:

$$Q = \lambda \cdot S \cdot T \quad (13)$$

Оцінка вtrat від іммобілізації капіталу тобто отримання гарантованого мінімального прибутку, який можливо отримати за банківським відсотком на вкладений депозит, характеризується показником замороження капіталу однієї тони вантажу на добу:

$$\eta = \frac{C_{1т} \cdot H}{365 \cdot 100}, \quad (14)$$

де H – норма прибутку, %;

$C_{1т}$ – вартість однієї тони товару, грн. / т.

Оцінка вtrat від іммобілізації капіталу у поставці з урахуванням страхового запасу становить:

$$B_{зкс} = \eta \cdot T \cdot \left(g \cdot Z + \xi \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{N}{Z}} \right) \quad (15)$$

Оцінка витрат від іммобілізації капіталу за період виконання транспортних операцій складає:

$$B_{змс} = \eta \cdot Q \cdot (1 + T_{пук} + T_{оф}) \quad (16)$$

де Q – обсяг вантажу, що буде перевезений за час T ;

$T_{пук}$ – тривалість доставки вантажу, доба;

$T_{оф}$ – тривалість виконання різних формальностей, доба;

1 – тривалість розвантаження, доба.

Витрати на оформлення відправлення в автомобільному сполученні:

$$B_{оф} = \frac{Q \cdot b_{оф}}{q_m \cdot \gamma \cdot Z} \quad (17)$$

Для спрощення прийемо $\gamma = 1$.

Відстань перевезення вантажу від відправника до одержувача вантажу визначає пробіг автотранспортного засобу по території обслуговування та за її межами. Зовнішня відстань перевезень ($L_{мн}$) визначається взаємним розташуванням відправника вантажу та територією реалізації товару, яка представлена у вигляді кола площею S .

Середню відстань перевезення від межі кола до будь-якої точки кола згідно [9] визначає залежність:

$$L_e = 1,13 \cdot \varphi \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} = a_0 \cdot \sqrt{S} \quad (18)$$

$$a_0 = \frac{1,13 \cdot \varphi}{\sqrt{\pi}} \quad (19)$$

Тоді витрати на перевезення від відправника до розподільчого центру становлять:

$$B_{мпз} = \frac{Q}{q_m} \cdot \left(L_{мн} + a_0 \cdot \sqrt{S} + \left(\frac{q_m}{g} - 1 \right) \cdot a_1 \cdot \sqrt{\frac{S}{Z}} \right) \cdot (a + b \cdot q_m) , \quad (20)$$

а витрати на перевезення від розподільчого центру до одержувача визначає залежність:

$$B_{мпе} = \frac{Q \cdot a_1}{Z \cdot g} \cdot \left(\sqrt{\frac{S}{Z}} + \sqrt{\frac{S}{N}} \cdot \left(\frac{q_p \cdot N}{Z \cdot g} - 1 \right) \right) \cdot (a + b \cdot q_p) \quad (21)$$

Після підстановки у (8) виразів (9) – (21) одержано:

$$\begin{aligned} B_{заз} = & T \cdot \left(\frac{g \cdot Z}{2} + \xi \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{N}{Z}} \right) \cdot \left(\frac{a_{зб1} \cdot \rho}{g} + b_{зб1} \right) \cdot \frac{u}{\rho} + b_{eN} \cdot N \cdot T + b_{eZ} \cdot Z \cdot T + \\ & + Q \cdot b_{np} \cdot n_{np} + \eta \cdot \left[\left(g \cdot Z + \xi \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{N}{Z}} \right) \cdot T + Q \cdot (1 + T_{пук} + T_{оф}) \right] + \frac{Q \cdot b_{оф}}{q_m \cdot Z} + \\ & + \frac{Q}{q_m} \cdot \left(L_{мн} + a_0 \cdot \sqrt{S} + \left(\frac{q_m}{g} - 1 \right) \cdot a_1 \cdot \sqrt{\frac{S}{Z}} \right) \cdot (a + b \cdot q_m) + \\ & + \frac{Q \cdot a_1}{Z \cdot g} \cdot \left(\sqrt{\frac{S}{Z}} + \left(\frac{q_p}{g} - 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \right) \cdot (a + b \cdot q_p) \end{aligned} \quad (22)$$

З рівняння (22) видно, що загальні витрати для заданого регіону із відомим закордонним постачальником товару визначаються двома показниками g та Z . Для встановлення їх значень, що забезпечують отримання мінімального значення сумарних витрати на доставку товарів зніmemo тимчасово вимогу на цілочисельність показника Z . Так як функція $B_{\text{заз}}(g, Z)$ безперервна та має безперервні часткові похідні по g та Z , для пошуку оптимальних значень g^* та Z^* продиференціюємо її:

$$\frac{\partial B_{\text{заз}}}{\partial g} = T \cdot \left(\frac{b_{\text{зб1}} \cdot Z \cdot u}{2 \cdot \rho} - \frac{\xi \cdot \sigma \cdot a_{\text{зб1}} \cdot u}{g^2} \sqrt{\frac{N}{Z}} + \eta \cdot Z \right) - \frac{Q \cdot a_1}{g^2} \cdot (a + b \cdot q_m) \cdot \sqrt{\frac{S}{Z}} + \frac{Q \cdot a_1}{Z} \cdot (a + b \cdot q_p) \cdot \left[\frac{1}{g^2} \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} - \frac{1}{g^2} \cdot \sqrt{\frac{S}{Z}} - \frac{2 \cdot q_p}{g^3} \right] \quad (23)$$

$$\frac{\partial B_{\text{заз}}}{\partial Z} = T \cdot \left(\frac{u \cdot (a_{\text{зб1}} \cdot \rho + b_{\text{зб1}} \cdot g)}{2 \cdot \rho} - \frac{Z^{\frac{3}{2}} \cdot \xi \cdot \sigma \cdot u \cdot (a_{\text{зб1}} \cdot \rho + b_{\text{зб1}} \cdot g) \cdot \sqrt{N}}{2 \cdot \rho \cdot g} + b_{\text{зз}} + \eta \cdot \left(g - \frac{\xi \cdot \sigma \cdot \sqrt{N}}{2 \cdot Z^{\frac{3}{2}}} \right) \right) - \frac{Q \cdot b_{\text{оф}}}{2 \cdot q_m \cdot Z^{\frac{3}{2}}} - \frac{Q \cdot a_1 \cdot \sqrt{S}}{2 \cdot q_m \cdot Z^{\frac{3}{2}}} \cdot (a + b \cdot q_m) + \frac{Q \cdot a_1}{g} \cdot (a + b \cdot q_p) \cdot \left[-\frac{3 \cdot \sqrt{S}}{2 \cdot Z^{\frac{5}{2}}} - \frac{1}{Z^2} \cdot \left(\frac{q_p}{g} - 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \right] \quad (24)$$

Після підстановки (13) у вирази (23) та (24) одержаний результат прирівнюємо до 0. Так як T за фізичним змістом не дорівнює 0, то отримання результату рівного 0 забезпечують співмножники:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{b_{\text{зб1}} \cdot Z \cdot u}{2 \cdot \rho} - \frac{\xi \cdot \sigma \cdot a_{\text{зб1}} \cdot u}{g^2} \sqrt{\frac{N}{Z}} + \eta \cdot Z - \frac{\lambda \cdot S \cdot a_1}{g^2} \cdot (a + b \cdot q_m) \cdot \sqrt{\frac{S}{Z}} + \\ & + \frac{\lambda \cdot S \cdot a_1}{Z} \cdot (a + b \cdot q_p) \cdot \left[\frac{1}{g^2} \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} - \frac{1}{g^2} \cdot \sqrt{\frac{S}{Z}} - \frac{2 \cdot q_p}{g^3} \right] = 0 \\ & \frac{u \cdot (a_{\text{зб1}} \cdot \rho + b_{\text{зб1}} \cdot g)}{2 \cdot \rho} - \frac{Z^{\frac{3}{2}} \cdot \xi \cdot \sigma \cdot u \cdot (a_{\text{зб1}} \cdot \rho + b_{\text{зб1}} \cdot g) \cdot \sqrt{N}}{2 \cdot \rho \cdot g} + b_{\text{зз}} + \eta \cdot \left(g - \frac{\xi \cdot \sigma \cdot \sqrt{N}}{2 \cdot Z^{\frac{3}{2}}} \right) - \\ & - \lambda \cdot S \cdot \left[\frac{b_{\text{оф}} + a_1 \cdot \sqrt{S}}{2 \cdot q_m \cdot Z^{\frac{3}{2}}} \cdot (a + b \cdot q_m) + \frac{a_1}{g} \cdot (a + b \cdot q_p) \cdot \left[\frac{3 \cdot \sqrt{S}}{2 \cdot Z^{\frac{5}{2}}} + \frac{1}{Z^2} \cdot \left(\frac{q_p}{g} - 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{S}{N}} \right] \right] = 0 \end{aligned} \right. \quad (25)$$

Таким чином, одержуємо систему із двох рівнянь з двома невідомими. Її рішення визначає необхідну кількість розподільчих центрів. Рішення системи із двох нелінійних рівнянь з двома невідомими g та Z забезпечує отримання оптимальних значень g^* та Z^* . Таке рішення можливо отримати тільки графічним або чисельним методами.

Для встановлення доцільності впровадження трьохрівневої розподільчої системи можливо повторно виконати наведені розрахунки прийнявши розподільчий центр вищого рівня за відправника.

Отже, наведені методики розрахунку дозволяють визначити кількість рівнів у розподільчій системі товарів з урахуванням транспортних технологій.

Висновки. Встановлені залежності та закономірності створюють теоретичне підґрунтя для аналізу процесу доставки товарів у розподільчих системах.

Виконане дослідження надає теоретичне підґрунтя для моделювання процесу доставки товарів у розподільчих системах, яке дозволить вивчити вплив різних топологічних організаційних структур розподілу та стратегії управління запасами на ефективність процесу. На основі моделювання процесу стане можливим визначити оптимальні партії поставок товарів у конкретних умовах функціонування системи доставки та її ефективну топологічну структуру з урахуванням можливих технологій перевезень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бауэрсокс Доналл Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. – 640 с.
2. Сток Дж.Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой: Пер. с 4-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 797 с.
3. Управление цепями поставок: Справочник издательства Gower / Под ред. Дж. Гаторны (ред. Р. Огулин, М. Рейнольдс); пер. с 5-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 670 с.
4. Модели и методы теории логистики / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Ю.В. Малевич, И.А. Пластунок, Н.Г. Плетнева – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.
5. Організація та проектування логістичних систем: Підручник / за ред. проф. М. П. Денисенка, проф. П.Р. Лековця, проф. Л.І. Михайлової. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 336 с.
6. Беляев В.М. Терминальные системы перевозок грузов автомобильным транспортом / В.М. Беляев. – М.: Транспорт, 1987. – 287 с.
7. Нефедов В.Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов с использованием распределительных центров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Нефедов Виктор Николаевич; Харьковский нац. автомобильно-дорожный ин-т. – Х., 2006. – 18 с.
8. Потаман Н.В. Вибір раціональної кількості складів в ланцюгу постачань торговельних вантажів автомобільним транспортом в міжрегіональному сполученні: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Потаман Наталя Володимирівна; Харківський нац. автомобільно-дорожній університет. – Х., 2010. – 20 с.
9. Правдин Н.В., Негрей В.Я. Взаимодействие различных видов транспорта в транспортных узлах. – Мн.: Высшая школа, 1983. – 247 с.

REFERENCES

1. Bowersox Donall J., David J. Closs Logistika: integrirovannaya tsep postavok [Logistics: An integrated supply chain]. 2nd ed. Moskva, JSC "Olympus-Business" Publ., 2005. - 640 p. (Rus)
2. Stoke J.R., Lambert D.M. Strategicheskoe upravlenie logistikoy [Strategic logistics management]: Trans. 4th Eng. ed. – Moskva, INFRA-M Publ., 2005. - 797 p. (Rus)
3. Gathorne Ed.J. Ogulin R., Reynolds M. Upravlenie tsepyami postavok [Supply Chain Management] translated from the 5th English ed. Moskva, INFRA-M Publ., 2008. - 670 p. (Rus)
4. Lukinskiy V.S., Lukinskiy V.V., Malevich Y.V., Plastunyak I.A., Pletnev N.G. Modeli i metody teorii logistiki [Models and methods of the logistics theory] Saint Petersburg, Piter Publ., 2008. - 448 p. (Rus)
5. Denisenko M. Lekovtysya P.G., Mikhailova L.I. Organizatsiia ta proektuvannia logistychnykh system [The organization and design of logistics systems] Kiev, Tsentr uchbovoi literatury Publ., 2010. – 336 p. (Ukr)
6. Belyaev V.M. Terminalnye sistemy perevozkov gruzov avtomobilnym transportom [Terminal freight transport system road] Moskva, Transport Publ., 1987.- 287 p. (Rus)
7. Nefedov V.N. Povyshenie effektivnosti avtomobilnykh perevozkov partionnykh gruzov s ispolzovaniem raspredelitelnykh tsentrov. Avtoreferat Diss. [Improving the efficiency of road transport of goods using distribution centers]. Kharkiv, 2006. 18 p. (Ukr)
8. Potaman N.V. Vybir ratsionalnoi kilkosti skladiv v lantsiugu postachan torgivelnykh vantazhiv avtomobilnym transportom v mizhregionalnomu spolucheni. Avtoreferat Diss. The choice of a rational number of stores in the chain of supply of commercial goods by road in interregional traffic]. Kharkiv, 2010. 20 p. (Ukr)
9. Pravdin N.V., Negrei V.Y. Vzaimodeystvie razlichnykh vidov transporta v transportnykh uzлах [The interaction of different transport modes in transport hubs] Minsk, Vysshaya shkola Publ., 1983. - 247 p. (Blr)

РЕФЕРАТ

Коцюк О.Я. Оптимізація розподільчої системи доставки товарів / О.Я. Коцюк, О.О. Бакуліч, О.В. Мусатенко // Економіка та управління на транспорті. – К.: НТУ, 2016. – Вип. 3.

Стаття присвячена висвітленню результатів дослідження оптимізації розподільчої системи доставки товарів.

Об'єкт дослідження – процеси доставки товарів у ієрархічних розподільчих системах.

Мета роботи – визначити необхідні умови для обґрунтування існування розподільчих систем з більшою кількістю рівнів та раціональної кількості розподільчих центрів з урахуванням можливих технологій перевезень.

Методи дослідження. Методи дослідження операцій для рішення оптимізаційних задач, положення економічної теорії для встановлення витрат у процесі доставки товарів з використанням системи складів.

Відмічено, що доставки товарів у розподільчій системі реалізується через ланцюги постачань. Тому науковці сфокусували свою увагу на вирішенні практичних задач раціоналізації структури ланцюга постачань. Значно складнішою задачею є розробка розподільчої системи, тому що територіальне розміщення складів визначається: потужністю матеріальних потоків, попитом на ринку збуту, розмірами регіону обслуговування та концентрацією споживачів, особливостями комунікаційних зав'язків тощо. Серед способів рішення цієї задачі виділяють такі групи методів як: метод повного перебору варіантів, евристичні методи, метод визначення центру мас, метод пробної точки, експериментального впровадження. Як правило в якості критеріїв ефективності приймають витрати на функціонування системи, рентабельність, попит на продукцію, тривалість обслуговування клієнтів, межа собівартості товару тощо. Запропоновані моделі дозволяють вирішувати задачу в конкретних умовах при наявності всебічної інформації про географію споживачів та обсяги споживання товарів, але слабо орієнтовані на врахування особливостей транспортного забезпечення процесу розподілу товарів.

Задача оптимізації розподільчої системи доставки товарів сформульована наступним чином.

Нехай у регіон площею S з-за кордону постачають продукцію з інтервалом часу T . Інтенсивність споживання товару становить λ з одиниці площі. В регіоні діє ієрархічна система з N складів, які забезпечують потреби споживачів. Всі склади одного ієрархічного рівня обслуговують однакову площу (район) та апроксимуються колами. Страхові запаси зберігають у розподільчих складах. Автомобільний транспорт може використовувати маятникові та розвізні маршрути перевезень на різних ієрархічних рівнях системи. Необхідно встановити раціональну кількість розподільчих центрів та обсяги партій поставок.

Отримані аналітичним шляхом математичні вирази для оптимізації параметрів розподільчої системи уявляють собою систему трансцендентних рівнянь, рішення яких можливо отримати тільки графічним або чисельним методами.

Розроблена математична модель процесу доставки товарів дозволяє описати закономірності функціонування процесу доставки товарів у розподільчих системах для вибору раціональної стратегії управління запасами та формування ефективної топологічної структури.

Результати дослідження можуть бути використані для удосконалення роботи виробничих, транспортних та торгівельних підприємств та організацій.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розробка раціональної організаційної структури розподільчої системи з урахуванням транспортних технологій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, РОЗПОДІЛЬЧИЙ ЦЕНТР, МОДЕЛЬ, ЛОГІСТИКА, ПОСТАЧАННЯ.

ABSTRACT

Kotsuk O.J., Bakulich O.O., Musatenko O.V. Optimization of goods delivery distribution system. Economics and management on transport. Kyiv. National Transport University. 2016. Vol. 3.

The article highlights the research results of the optimization of goods delivery distribution system.

Object of study - the delivery of goods hierarchical distribution systems.

Purpose of the study - determine the conditions necessary to justify the existence of distribution systems with more rational levels and the number of distribution centers to possible transportation technologies.

Methods of the study: Methods of Operations Research to solve optimization problems, provision of economic theory to establish the cost of the goods delivery with the use of compositions.

It is noted that the delivery of goods in the distribution system implemented through the supply chain. So researchers focused their attention on solving practical problems rationalize the structure of the supply chain. More difficult task is to develop a distribution system, because the territorial location of warehouses defined: material flow capacity, demand on the market, the size of the region and the concentration of service

consumers, especially the communication ties and more. Among the ways of solving this problem isolated groups such methods as the method of exhaustive search options, heuristics, determine the center of gravity method, a method of test points, the pilot project. Typically as the performance criteria taking the cost of the system, profitability, demand for products, the duration of customer service, limit the cost of goods and so on. The models can solve the problem in specific conditions in the presence of comprehensive information about the geography of consumers and the consumption of goods but poorly focused on the accounting features provide transport goods distribution process.

The task of optimizing the distribution of goods delivery system formulated as follows.

Let region with area S from overseas supply products with time interval T . The intensity of consumption goods is λ per unit area. The region has a hierarchical system with N storages that address the needs of consumers. All storages of one hierarchical level serving the same area (district) and approximated by circles. Insurance stocks stored in distribution storages. Road transport can use the shuttle and deliver traffic routes at different hierarchical levels of the system. It is necessary to establish a rational number of distribution centers and volume of party supplies.

Received by analytical mathematical expressions for parameter optimization distribution system represent a system of transcendental equations whose decisions may only get graphical or numerical methods.

The mathematical model of the goods delivery to describe the patterns of process the goods delivery in distribution systems for the rational strategy of inventory control and efficient formation of topological structures.

Results of the study can be used for improvement of production, transportation and trade enterprises and organizations.

Projected assumptions about the object of study - the development of a rational organizational structure of the distribution system based transport technologies.

KEYWORDS: TRANSPORTATION, EFFICIENCY, DISTRIBUTION CENTER, MODEL, LOGISTICS, SUPPLY.

РЕФЕРАТ

Коцюк А.Я. Оптимизация распределительной системы доставки товаров / А.Я. Коцюк, Е.А. Бакулич, Е.В. Мусатенко // Экономика и управление на транспорте. – К.: НТУ, 2016. – Вып. 3.

Статья посвящена освещению результатов исследования оптимизации распределительной системы доставки товаров.

Объект исследования - процессы доставки товаров в иерархических распределительных системах.

Цель работы - определить необходимые условия для обоснования существования распределительных систем с большим количеством уровней и рационального количества распределительных центров с учетом возможных технологий перевозок.

Методы исследования. Методы исследования операций для решения оптимизационных задач, положения экономической теории для установления расходов в процессе доставки товаров с использованием системы складов.

Отмечено, что доставки товаров в распределительной системе реализуется через цепи поставок. Поэтому ученые сфокусировали свое внимание на решении практических задач по рационализации структуры цепи поставок. Значительно сложнее задачей является разработка распределительной системы, так как территориальное размещение складов определяется: мощностью материальных потоков, спросом на рынке сбыта, размерами региона обслуживания и концентрацией потребителей, особенностями коммуникационных завязок и тому подобное. Среди способов решения этой задачи выделяют такие группы методов как: метод полного перебора вариантов, эвристические методы, метод определения центра масс, метод пробной точки, экспериментального внедрения. Как правило, в качестве критериев эффективности принимают расходы на функционирование системы, рентабельность, спрос на продукцию, продолжительность обслуживания клиентов, предел себестоимости товара и др. Предложенные модели позволяют решать задачу в конкретных условиях при наличии всесторонней информации о географии потребителей и объемы потребления товаров, но слабо ориентированы на учет особенностей транспортного обеспечения процесса распределения товаров.

Задача оптимизации распределительной системы доставки товаров сформулирована следующим образом.

Пусть в регион площадью S из-за рубежа поставляют продукцию с интервалом времени T . Интенсивность потребления товара составляет λ с единицы площади. В регионе действует

иерархическая система из N складов, которые обеспечивают потребности потребителей. Все склады одного иерархического уровня обслуживают одинаковую площадь (район) и аппроксимируются кругами. Страховые запасы хранят в распределительных складах. Автомобильный транспорт может использовать маятниковые и развозные маршруты перевозок на различных иерархических уровнях системы. Необходимо установить рациональное количество распределительных центров и объемы партий поставок.

Полученные аналитическим путем математические выражения для оптимизации параметров распределительной системы представляют собой систему трансцендентных уравнений, решение которых возможно получить только графическим или численным методами.

Разработанная математическая модель процесса доставки товаров позволяет описать закономерности функционирования процесса доставки товаров в распределительных системах для выбора рациональной стратегии управления запасами и эффективной топологической структуры.

Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования работы производственных, транспортных и торговых предприятий и организаций.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - разработка рациональной организационной структуры распределительной системы с учетом транспортных технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПЕРЕВОЗКА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР, МОДЕЛЬ, ЛОГИСТИКА, СНАБЖЕНИЕ.

АВТОРИ:

Коцюк О.Я., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: ajkma@ukr.net, тел. +38(044)280-48-85, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, декан факультету менеджменту, логістики та туризму, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 245.

Мусатенко О.В., Національний транспортний університет, e-mail: imusatenko72@mail.ru, тел. +380504626487, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

AUTHOR:

Kotsuk O.J., Ph.D. (engineering), National Transport University, professor, department of Transport Systems and Road Safety, e-mail: ajkma@ukr.net, tel. +38(044)280-48-85, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1.

Bakulich O.O., Ph.D. (engineering), National Transport University, dean, faculty of Management, Logistics and Tourism, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, tel. +380937451421, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 245.

Mysatenko E.V., postgraduate, National Transport University, e-mail: imusatenko72@mail.ru, tel. +380504626487, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1.

АВТОРЫ:

Коцюк А.Я., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, профессор кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: ajkma@ukr.net, тел. +38(044)280-48-85, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

Бакуліч Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, декан факультета менеджмента, логистики и туризма, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 245.

Мусатенко Е.В., Национальный транспортный университет, e-mail: imusatenko72@mail.ru, тел. +380504626487, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Оксіюк О.Г., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації, Київ, Україна.

Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, декан факультету транспортних та інформаційних технологій, Київ, Україна.

REVIEWER:

Oksiyuk O.G., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, head, department of Cyber Security and Information Protection, Kyiv, Ukraine.

Danchuk V.D., Dr. Sc. (phys.-math.), professor, National Transport University, dean, faculty of Transport and Information Technologies, Kyiv, Ukraine.