

УДК 658(075)  
UDC 658(075)

## ОПТИМІЗАЦІЯ КІЛЬКОСТІ РОЗПОДІЛЬЧИХ СКЛАДІВ У ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ

Коцюк О.Я., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Лужанська Н.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

## OPTIMIZING A NUMBER OF DISTRIBUTION WAREHOUSES IN LOGISTICS SYSTEM

Kotsiuk O.Y., Ph.D., Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Luzhanska N.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СКЛАДОВ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Коцюк А.Я., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина  
Лужанская Н.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Впровадження логістичних принципів до розподілу вироблених товарів потребує вирішення важливої проблеми – формування власної розподільчої мережі чи залучення до реалізації товарів посередницьких структур. Власна мережа дозволяє управляти доступністю, привабливістю та конкурентоспроможністю товару, але може викликати суттєве підвищення його собівартості із-за транспортно-складської складової. Системи розподільчих складів посередників за рахунок масштабу робіт, що виконуються забезпечують мінімальні транспортно-складські витрати, але їх зацікавленість у просуванні певного товару до споживача розглянуто не в повній мірі. Звісно порівняння двох систем розподілу за економічними показниками в конкретних умовах визначить кращу. Для виконання таких розрахунків необхідно оцінити вартість транспортування товарів, так як складська складова у собівартості – незначна. У свою чергу вартість перевезень визначається кількістю розподільчих складів у системі та обсягами перевезень. Обґрунтування кількості складів у логістичній системі є найбільш проблематичним, так як відсутня загально визнана методика їх розрахунку. Тому дослідження в цьому напрямку є актуальними, а проблема потребує наукового вирішення.

Аналіз публікацій. Формуванню мережі розподільчих складів присвячено багато наукових робіт у різних сферах господарської діяльності [1 - 5]. В роботах цих авторів знайшли відображення специфічні особливості організації системи розподільчих складів переважно за галузевим принципом. В роботах цих та інших учених були викладені теоретичні основи наукового підходу до формування мережі розподільчих складів. Однак, наведені способи рішення задачі пристосовані під конкретну господарську діяльність, і тому не можуть бути застосовані при розгляді інших видів предметної діяльності без суттєвого доопрацювання.

Автор роботи [1] довів, що мінімальні витрати на перевезення і зберігання вантажу досягаються при відповідності структури вантажопотоку структурі парку автотранспортних засобів. Як елемент узгодження цих структур запропоновано розглядати мережу розподільчих складів.

В роботі [2] запропоновано мережу розподільчих складів визначати шляхом випадкового пошуку на моделі автомобільних шляхів та прогнозних значень вантажопотоків. Інший метод вирішення проблеми формування мережі складів запропоновано в роботах [3,4]. Ці автори пропонують аналітичне вирішення задачі. Однак, запропоновані рішення мають суттєві недоліки, що не сприяє їх впровадженню у практичну діяльність.

Метод рішення задачі запропонований в роботі [5] в силу зроблених припущень та критерію ефективності не може бути використаний на транспорті.

Автори монографії [6] концентрують свою увагу на територіальному розташуванні конкретного складу, однак визначення їх загальної кількості залишилось без належної уваги.

У дисертації [7] запропоновано методичний підхід до вирішення проблеми, але реалізація його орієнтована на конкретну господарську діяльність та потребує імітаційного моделювання, що не дозволяє виконувати оперативно проектні розрахунки.

Виконаний аналіз літературних джерел свідчить про необхідність розробки методики встановлення кількості розподільчих складів орієнтованої на інженерне виконання розрахунків.

Метою публікації є апробація методики визначення оптимальної кількості розподільчих складів у логістичній системі.

Виклад основного матеріалу. Система “виробництво-транспортування-споживання” передбачає різні способи організації доставки товарів. Зокрема, у сфері розповсюдження кондитерських виробів, безалкогольних і алкогольних напоїв, тютюнових виробів тощо використовують схему підприємство-виробник – оптова база – дрібнооптова база – заклад реалізації товару. При цьому підприємства відправляють продукцію на оптові бази, де виконується комплектація з товарів відправлень різних виробників для баз меншого рівня, на яких також комплектують партії відправлень за замовленнями закладів торгівлі. Таким чином, формуються ієрархічні системи розподільчих складів. Особливістю таких систем є переробка вантажів у вузлах стикування підсистем різних рівнів, що з одного боку зменшує швидкість доставки товарів, збільшує витрати із-за перевантаження і сортування вантажів та потребує координації розкладу руху, а з іншого дозволяє у відповідності до потужності вантажопотоку вибрати раціональні типи транспортних засобів, що сприяє зниженню собівартості перевезень.

Оцінку можливих структур систем розподільчих складів доцільно починати із розгляду найпростіших схем із подальшим їх ускладненням. Тому в даній публікації розглядається задача постачання товарів на певну територію за двома елементарними схемами.

Нехай на території площею  $S$  реалізують у середньому за місяць  $N_c$  одиниць продукції через  $n$  пунктів продажу. Постачання продукції для продажу здійснюється автомобільним транспортом та можливе за двома схемами: безпосередньо у пункти продажу та через розподільчі склади (кількістю  $m$ ). Розподільчі склади дозволяють зменшити величину страхових запасів але збільшуються витрати на транспортування продукції. Необхідно визначити раціональну кількість складів.

Необхідна кількість продукції у пункті продажу із врахуванням страхового запасу становить:

$$N = N_o + t_\beta \cdot \sigma \quad (1)$$

де  $t_\beta$  – коефіцієнт довірчої ймовірності;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення.

При нормальному законі розподілу страхового запасу  $\sigma$  можливо визначити за правилом „ $6\sigma$ ”:

$$\sigma = (N_{max} - N_{min}) / 6 \quad (2)$$

де  $N_{min}$  і  $N_{max}$  – відповідно, мінімальна і максимальна кількість проданих одиниць продукції за місяць у пункті продажу.

За схемою доставки відправник – реалізатор кількість продукції із врахуванням страхового запасу становить:

$$N = \sum_{i=1}^n N_{oi} + t_\beta \sum_{i=1}^n \sigma_i = n \cdot N_o + t_\beta \cdot \sigma \cdot n = N_c + 2 \cdot \sigma \cdot n \quad (3)$$

де  $2\sigma n$  – страховий запас.

За схемою доставки відправник – розподільчий склад - реалізатор кількість одиниць продукції із врахуванням страхового запасу становить при одному розподільчому складі:

$$N = \sum_{i=1}^n N_{oi} + t_\beta \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = n \cdot N_o + t_\beta \cdot \sigma \sqrt{n} = N_c + 2 \cdot \sigma \sqrt{n} \quad (4)$$

при  $m$  розподільчих складах

$$N = N_c + 2 \cdot \sigma \cdot m \cdot \sqrt{\frac{n}{m}} = N_c + 2 \cdot \sigma \cdot \sqrt{nm} \quad (5)$$

Економія витрат на реалізацію продукції за рахунок страхового запасу складає:

$$E_z = 2 \cdot \sigma \cdot (n - \sqrt{nm}) \cdot C_{an} = 2 \cdot \sigma \cdot n \cdot C_{an} - 2 \cdot \sigma \cdot n \cdot C_{an} \cdot \sqrt{nm} = a - dm^{0.5} \quad (6)$$

де  $C_{an}$  – вартість пов'язана із реалізацією одиниці продукції (оренда павільйону, оплата праці співробітникам, охорона тощо).

Використання розподільчого складу збільшує відстань перевезень продукції і відповідно транспортні витрати. Це перевищення відстані однозначно менше відстані від розподільчого складу до пункту продажу. Тому приймаючи відстань від розподільчого складу до пункту продажу за граничне перевищення пробігу доставки вантажу забезпечуємо достовірність розрахунку транспортних витрат.

Для площі круга із радіусом  $R$  та рівномірним розміщення пунктів продажу відстань перевезень визначають за залежністю:

$$L = \frac{2}{3} R = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (7)$$

Тоді транспортні витрати становитимуть

$$B_m = L \cdot C_{km} \cdot \frac{N_c}{q} \quad (8)$$

де  $C_{km}$  – собівартість кілометра пробігу автомобіля;

$q$  – кількість одиниць продукції у кузові автомобіля.

При використанні  $m$  розподільчих складів транспортні витрати визначаються залежністю

$$B_m = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{S}{\pi \cdot m}} \cdot C_{km} \cdot \frac{N_c}{q} = A \cdot m^{-0.5} \quad (9)$$

Мінімальні витрати на реалізацію продукції будуть, якщо

$$E_z - B_m \rightarrow \max \quad (10)$$

або

$$a - d \cdot m^{0.5} - A \cdot m^{-0.5} \rightarrow \max \quad (11)$$

Для цього диференціюємо вираз та прирівнюємо його до 0.

$$-0,5 \cdot d \cdot m^{-0,5} + 0,5 \cdot A \cdot m^{-1,5} = 0 \quad (12)$$

Звідки

$$m = A / d \quad (13)$$

Після підстановки значень коефіцієнтів отримуємо оптимальну кількість розподільчих складів.

Висновки. Встановлено, що оптимальна кількість розподільчих складів прямо пропорційна розмірам території обслуговування, місткості ринку, собівартості кілометра пробігу автомобіля, та обернено пропорційна вантажності (місткості) автотранспортного засобу, стохастичності процесу продаж, кількості закладів реалізації та вартості утримання одиниці товару.

Запропонована методика розрахунку оптимальної кількості розподільчих складів дозволяє скоротити кількість варіантів побудови мережі складів, що підлягають аналізу та приймати обґрунтовані рішення на стадії виконання передпроектних робіт.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розгляд багаторівневих організаційних структур та питань організації взаємодії між складами різних рівнів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. — 2-е изд. — К. : Вища школа, 1986. — 447 с.
2. Беляев В. М. Терминальные системы перевозок грузов автомобильным транспортом / В. М. Беляев — М.: Транспорт, 1987.— 287с.
3. Мольнар И. Планирование развития сети почтовой связи / И. Мольнар — М.: Радиосвязь, 1987. — 143с.
4. Смехов А. А. Основы транспортной логистики / А.А. Смехов — М.: Транспорт, 1995.— 197 с.
5. Советов Б. Я. Построение сетей интегрального обслуживания / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев — Л.: Машиностроение, 1990. — 332с.
6. Модели и методы теории логистики / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Ю.В. Малевич, И.А. Пластуняк — СПб. : Питер, 2008. — 448 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.

## REFERENCES

1. Vorkut A.I. *Gruzovye avtomobilnye perevozki* [Road freight shipments]. Kiev, Vyshcha Shkola Publ., 1986. 447 p. (Rus)
2. Belyaev V.M. *Terminalnye sistemy perevozok грузов avtomobilnym transportom* [Terminal road freight systems]. Moscow, Transpory Publ., 1987. 287 p. (Rus)
3. Molnar I. *Planirovanie razvitiya seti pochtovoy svyazi* [Planning the development of mail service network]. Moscow, Radiosvyaz Publ., 1987. 143 p. (Rus)
4. Smekhov A.A. *Osnovy transportnoy logistiki* [Fundamentals of transport logistics]. Moscow, Transpory Publ., 1995. 197 p. (Rus)
5. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. *Postroenie setey integralnogo obsluzhivaniya* [Building integral service networks]. Leningrad, Mashynostroenie Publ., 1990. 332 p. (Rus)
6. . Lukinskiy V.S., Lukinskiy V.V., Malevich Yu.V., Plastuniak I.A. *Modeli i metody teorii logistiki* [Models and methods of logistics theory]. Saint-Petersburg, Piter, 2008. 448 p. (Rus)
7. Nefedov V.N. *Povyshenie effektivnosti avtomobilnykh perevozok partionnykh грузов s ispolzovaniem raspredelitelnykh zentrov*. Avtoreferat Diss. [Improving efficiency of road freight partial shipments by using distribution centers. Author's abstract.]. Kharkov, 2004. 18 p. (Rus)

## РЕФЕРАТ

Коцюк О.Я. Оптимізація кількості розподільчих складів у логістичній системі / О.Я. Коцюк, Н.О. Лужанська // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

Стаття присвячена підвищенню ефективності каналів розподілу товарів у логістичних системах.

Об'єкт дослідження – процес постачання споживачів товарами.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи розподільчої мережі шляхом оптимізації кількості складів.

Методи дослідження – статистичний аналіз та дослідження операцій.

Відмічено, що особливістю розподільчих систем доставки товарів є переробка вантажів у вузлах стикування підсистем різних рівнів, що з одного боку зменшує швидкість доставки товарів, збільшує витрати із-за перевантаження і сортування вантажів та потребує координації розкладу руху, а з іншого дозволяє у відповідності до потужності вантажопотоку вибрати раціональні типи транспортних засобів, що сприяє зниженню собівартості перевезень.

Розглянуто дві схеми поставки продукції для реалізації: безпосередньо у пункти продажу та через розподільчі склади. Розроблені відповідні моделі фінансових витрат. Різниця витрат на утримання страхового запасу та транспортування визначає доцільність запровадження однієї із схем поставки. Оптимізація цього функціоналу дозволяє встановити раціональну кількість розподільчих складів.

Встановлено, що оптимальна кількість розподільчих складів прямо пропорційна розмірам території обслуговування, місткості ринку, собівартості кілометру пробігу автомобіля, та обернено

пропорційна вантажності (місткості) автотранспортного засобу, стохастичності процесу продаж, кількості закладів реалізації та вартості утримання одиниці товару.

Запропонована методика розрахунку оптимальної кількості розподільчих складів дозволяє скоротити кількість варіантів побудови мережі складів, що підлягають аналізу та приймати обґрунтовані рішення на стадії виконання передпроектних робіт.

Результати статті можуть бути використані при розробці розподільчої систем доставки товарів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розгляд багаторівневих організаційних структур доставки товарів та питань організації взаємодії між складами різних рівнів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СКЛАД, ПЕРЕВЕЗЕННЯ, АВТОМОБІЛЬ, РОЗПОДІЛЬЧА МЕРЕЖА, ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА.

#### ABSTRACT

Kotsiuk O.Y., Luzhanska N.O. Optimizing a number of distribution warehouses in logistics systems. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

This article is dedicated to the efficiency improvement of commodity distribution channels in logistics systems.

Object of the study – commodity supply process.

Purpose of the study – to improve the efficiency of distribution network performance by optimizing a number of warehouses.

Methods of the study – statistics analysis and operation research.

The article points out that the peculiarity of commodity distribution systems consists in cargo processing in junction nodes of subsystems of different levels, that, on the one hand, decreases the velocity of delivery, increases the costs caused by overloading and sorting cargoes, and requires traffic schedule coordination, and on the other hand, allows for choosing the rational types of vehicles in accordance with freight flow capacity, that facilitates a reduction of transportation cost.

Two commodity supply systems are considered: directly to sales points and through distribution warehouses. The respective models of financial cost are developed. The difference between cost of holding safety stock and shipment defines a reasonability of introduction of one of the supply schemes. Optimization of this functional allows to ascertain the rational number of distribution warehouses.

The optimal number of distribution warehouses is defined to be directly proportional to the dimensions of service area, the market capacity, the cost of the vehicle trip per kilometer, and inversely proportional to the vehicle capacity, the stochasticity of sales process, the number of realization points, and the item holding cost.

The proposed methodology of calculating the optimal number of distribution warehouses allows to decrease number of analyzed options of warehouse network design and to undertake justified decisions at the stage of implementation of predesigned operations.

The results of the article can be used in designing a commodity distribution supply system.

Forecast assumptions about the object of study – consideration of multilevel organization structures for commodity delivery and of issues concerning the cooperation between warehouses of different levels.

**KEY WORDS:** WAREHOUSE, SHIPMENTS, ROAD VEHICLE, DISTRIBUTION NETWORK, LOGISTICS SYSTEM.

#### РЕФЕРАТ

Коцюк А.Я. Оптимизация количества распределительных складов в логистической системе / А.Я. Коцюк, Н.А. Лужанская // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

Статья посвящена задаче повышения эффективности каналов распределения товаров в логистических системах.

Объект исследования - процесс снабжения потребителей товарами.

Цель работы - повышение эффективности работы распределительной сети путем оптимизации количества складов.

Методы исследований - статистический анализ и исследование операций.

Отмечено, что особенностью распределительных систем доставки товаров является переработка грузов в узлах стыковки подсистем разных уровней, которая с одной стороны уменьшает скорость доставки товаров, увеличивает расходы из-за перегрузки и сортировки грузов и нуждается в координации расписания движения, а с другой стороны позволяет в соответствии с мощностью

грузопотока выбрать рациональные типы транспортных средств, которые способствуют снижению себестоимости перевозок.

Рассмотрено две схемы поставки продукции для реализации: непосредственно в пункты продажи и через распределительные склады. Разработанные соответствующие модели финансовых расходов. Разность расходов на содержание страхового запаса и транспортировку определяет целесообразность внедрения одной из схем поставки. Оптимизация этого функционалу разрешает установить рациональное количество распределительных складов.

Установлено, что оптимальное количество распределительных складов прямо пропорционально размерам территории обслуживания, вместительности рынка, себестоимости километра пробега автомобиля, и обратно пропорционально грузоподъемности (вместительности) автотранспортного средства, стохастичности процесса продаж, количества пунктов реализации и стоимости содержания единицы товара.

Предложенная методика расчета оптимального количества распределительных составов позволяет сократить количество анализируемых вариантов построения сети складов и принимать обоснованные решения на стадии выполнения передпроектных работ.

Результаты статьи могут быть использованы при разработке распределительной системы доставки товаров.

Прогнозные предположения относительно развития объекта исследования - рассмотрение многоуровневых организационных структур доставки товаров и вопросов организации взаимодействия между складами разных уровней.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СОСТАВ, ПЕРЕВОЗКА, АВТОМОБИЛЬ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ, ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.

#### АВТОРИ:

Коцюк Олександр Якович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортні системи та безпека дорожнього руху, e-mail: tsbdr@ukr.net, тел. +38(044)2804885, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 435.

Лужанська Наталія Олександрівна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри транспортні технології, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com, тел. +38(044)2803819, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 437.

#### AUTHORS:

Kotsiuk Oleksandr Yakovych. Ph.D., Engineering, National Transport University, professor, department transport systems and road safety, e-mail: tsbdr@ukr.net, tel. +38(044)2804885, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 435.

Luzhanska Natalia Oleksandrivna, National Transport University, senior lecturer, department transport technologies, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com, tel. +38(044)2803819, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 437.

#### АВТОРЫ:

Коцюк Александр Яковлевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры транспортные системы и безопасность дорожного движения, e-mail: tsbdr@ukr.net, тел. +38(044)2804885, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 435.

Лужанская Наталья Александровна, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры транспортные технологии, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com, тел. +38(044)2803819, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 437.

#### РЕЦЕНЗЕНТИ:

Воркут Т.А. доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

Заславський В.А. доктор технічних наук, професор, Київський національний університет ім. Т. Шевченко, професор кафедри математичної інформатики, Київ, Україна.

#### REVIEWER:

Vorkut T.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of department of transport law and logistics, Kyiv, Ukraine.

Zaslavskiy V.A., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, head of department for mathematical informatics, Kyiv, Ukraine.