

ОПТИМІЗАЦІЯ ВТРАТ ОДЕРЖУВАЧА
НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ПОСТАЧАННЯ ВАНТАЖУ «ТОЧНО В СТРОК»

Хаврук В. О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

OPTIMIZATION OF LOSSES OF THE ADDRESSEE
ON THE BASIS OF MODEL OF DELIVERY OF CARGO «JUST-IN-TIME»

Khavruk V. O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ПОЛУЧАТЕЛЯ
НА ОСНОВАНИИ МОДЕЛИ ПОСТАВКИ ГРУЗА «ТОЧНО В СРОК»

Хаврук В. А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Для кожного суб'єкта підприємницької діяльності, в тому числі і для автосервісних підприємств (АСП) актуальною проблемою є забезпечення ефективного управління запасами матеріальних ресурсів. При цьому першочергового значення набувають питання зменшення надмірних страхових товарних запасів та підвищення оперативності поповнення запасів для здійснення необхідної виробничої діяльності, наприклад для АСП – проведення ремонтів і ТО автомобілів. Як свідчить практика, кожне АСП має власну «напрацьовану» базу постачальників автомобільних компонентів (АК), а тому потреба в надмірних страхових запасах відпадає, а для АСП постає питання вибору оптимальної системи постачання з мінімальними рівнями страхових запасів запасних частин на основі логістичних методик.

Ефективне управління запасами з використанням логістичних методик оптимізації процесів постачання є актуальною проблемою, що знаходить втілення в наукових працях багатьох учених, зокрема: Альбекова А. У., Анікіна Б. О., Гаджинського А. М., Лукінського В. С., Сергеева В. І., Смехова А. О. та ін. В роботах цих авторів представлені методики рішення таких актуальних і перспективних завдань, як оптимізація розміру партії вантажу, вибір ефективної послідовності постачань за критерієм терміновість та ін.

Аналіз літератури по даній тематиці показав, що запропоновані моделі організації управління процесом постачань мають ряд недоліків, зокрема не враховується: оптимальна партія постачання із прив'язкою до вартості транспортування; імовірнісний характер часу постачання продукції. Крім того досить мало уваги автори приділяють таким сучасним системам постачання, як «точно в строк» (just-in-time) та проблемам її застосування.

Для невеликих АСП, для яких утримання складських приміщень з великою номенклатурою АК є економічно недоцільним, одним із напрямів підвищення ефективності виробничої діяльності є запровадження тактики замовлень АК через рівні проміжки часу з використанням системи постачання товарів «точно в строк» (just-in-time).

У рамках системи «точно в строк» доставка матеріалів здійснюється безпосередньо перед моментом їх використання (реалізації), що дає можливість значно знизити загальні запаси (на 80%) та виробничі витрати (на 10-20%) [1, с.133; 2, с. 18]. При цьому система «точно в строк» передбачає оперативне управління процесами замовлення, постачання та обробки вантажів, що потребує злагодженої роботи замовника, постачальника і перевізника [3, с. 179].

З огляду на недостатній аналіз системи постачання товарів «точно в строк» (just-in-time) в науковій літературі і наявність проблеми запровадження даної системи в діяльність АСП вказують на необхідність проведення подальших її досліджень.

Метою статті є отримання моделі постачання товарів «точно в строк» (just-in-time) та проведення на її основі оптимізації втрат замовника.

Головний розділ. Система just-in-time (ЖІТ), або «точно в строк» – це сучасна концепція у виробництві, забезпеченні і дистриб'юції, котра заснована на синхронізації процесів доставки матеріальних ресурсів і готової продукції у необхідній кількості, в той час, коли ланки логістики їх потребують, з метою мінімізації витрат, пов'язаних зі збереженням запасів. Концепція логістичної системи «точно в строк» характеризується: скороченими логістичними циклами; мінімальними

запасами матеріалів незавершеного виробництва, готової продукції [4, с. 132-133; 5, с. 179]; координуванням усіх виробничих процесів; стійкими зв'язками з постачальниками матеріальних ресурсів [3, с. 179]; наявністю надійного транспортного обслуговування; високим рівнем сервісу; ефективною інформаційною підтримкою.

У випадку АСП товари можуть замовляються фіксованими кількостями у партії з фіксованим графіком доставки [6]. Запаси в АСП (одержувача) не створюються (АК витрачаються на ремонт) або створюються тільки на кілька днів реалізації. Існують два взаємодоповнюючі вирішення завдання доставки вантажів «точно в строк» [7, с. 98]:

1) перше вирішення полягає в раціональному управлінні матеріальними та інформаційними потоками – у безперервному відстеженні переміщення вантажу, а в необхідних випадках застосуванні ефективних управлінських впливів;

2) друге вирішення вимагає узгодження технічних і технологічних параметрів суб'єктів логістичних ланцюгів (ЛЛ), що брали участь у перевезенні магістральним і промисловим транспортом, транспортних вузлів. Під транспортними вузлами розуміються транспортно-вантажні комплекси, тобто пункти ЛЛ, в яких відбувається «стикування», обслуговування й перетворення матеріальних потоків.

Технологічні параметри визначаються витратами часу на переміщення і обслуговування матеріального потоку, а також його потужністю. Технологічні параметри характеризуються таким інтегральним показником як час доставки вантажу при забезпеченні його якості й схоронності. Кінцевий результат роботи транспорту визначається часом доставки вантажу, а також забезпеченням якості й схоронності вантажу, що перевозиться.

Одним із параметрів, що виявляють істотний вплив на тимчасові технологічні показники, а в остаточному підсумку на строк доставки вантажу, є фактичний рівень використання технічних засобів транспорту (ρ). Цей показник іноді називають відносним завантаженням обслуговуючої системи. Він характеризує напруженість використання провізної спроможності елементів ЛЛ. В умовах ймовірного режиму функціонування, характерного для транспортної системи, ρ інтерпретується як ймовірність того, що технічні засоби, що обслуговують матеріальний потік (вагони, автомобілі, контейнери, вантажі), є зайнятими. Отже, цілком слушне твердження про те, що із збільшенням напруженості режиму роботи обслуговуючої системи зростають черги, простої транспортних засобів і затримки вантажів в очікуванні обслуговування.

Відомо, що при певних статистичних характеристиках вхідного потоку і часу обслуговування можна оцінити середні значення довжини черги й часу очікування, наприклад, виконання вантажних операцій транспортними засобами.

В умовах ринкових відносин перевізника цікавить транспортна складова планового часу виконання постачання (припустимий час доставки вантажу одержувачеві):

$$T_{дт} = T_T + \Delta t_T = T_T + \beta(T_T + \Delta t_T), \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\Delta t_T}{T_T + \Delta t_T}, \quad (2)$$

де Δt_T – допустиме відхилення часу постачання від його планового значення T_T .

В умовах створення транспортного ринку величина Δt_T може бути встановлена угодою з відправником. Вона може бути менша встановленого строку доставки вантажів. У договорі з відправником (одержувачем) можна ідентифікувати Δt_T . При цьому повинне бути виконана умова:

$$\frac{\Delta t_T}{T_T + \Delta t_T} \leq \beta \quad (3)$$

Проведемо оптимізацію втрат одержувача при доставці одного вантажу «точно в строк». Перевищення договірною часу T_T можна пояснити наступним:

а) на шляху руху матеріального потоку з'являються бар'єри, якими обумовлені додаткові втрати швидкості доставки вантажів;

б) бар'єри виникають насамперед при випадковому характері перевізного процесу в результаті створення черг в обслуговуючих матеріальний потік транспортних підсистем.

У зв'язку з вищевикладеним у цілому для транспортної системи справедлива залежність [7, с. 100]^

$$\Delta t_T \leq \sum_{i=1}^n t_i^0, \quad (4)$$

де $i = \overline{1, n}$ – кількість елементів ЛЛ; t_i^0 – додатковий простій транспортних засобів, якими постачаються вантажі в очікуванні обслуговування i -м елементом ЛЛ.

Для вирішення поставленого завдання необхідно шукати методичні оцінки t_i^0 . Тут може виявитися корисною концепція теорії надійності. З позицій теорії надійності появу черг в елементів ЛЛ можна розглядати як тимчасову відмову функціонування цього елемента. Ймовірність відмови позначимо q_i^0 . Якщо t_i – встановлений час обслуговування матеріального потоку i -м елементом ЛЛ, t_i^0 – час очікування обслуговування, обумовлений вищезгаданою конфліктною ситуацією. Тоді q_i^0 визначається відношенням:

$$q_i^0 = t_i^0 / t_i \quad (5)$$

Відповідно:

$$\Delta t_T \leq \sum_i q_i^0 t_i^0 \quad (6)$$

При визначенні ймовірності відмови й надійності доставки вантажу q_i^0 для всього виробничо-транспортного процесу ЛЛ можна розглядати як технічну (технологічну) систему з послідовно з'єднаними елементами. Завдання полягає у визначенні таких значень q_i^0 , які б мінімізували втрати одержувача (наприклад, штраф залізної дороги) за порушення договірного часу доставки при врахуванні наступних обмежень [8, с. 51]:

$$R^* = \min_{q_i^0} \sum_i q_i^0 l_i C_i \quad (7)$$

$$q_i \geq 0; i = \overline{1, n} \quad (8)$$

$$\sum_i q_i t_i \leq \Delta t_T \quad (9)$$

$$1 - n(1 - q_i^0) \leq \beta \quad (10)$$

де C_i – питомі втрати, обумовлені відхиленням фактичної величини $T_{ТД}$ від договірної T_T .

Економіко-математична модель, представлена залежностями (7)-(10), характеризує системний підхід при визначенні й взаємодії всіх елементів ЛЛ, що в першу чергу враховується обмеженням (9).

При експоненціальному законі розподілу часу обслуговування, приймаючи $\nu_i = 1$, де ν_i – коефіцієнт варіації випадкової величини, можна одержати гранично просте й досить корисне співвідношення:

$$q_i^0 = \rho_i \quad (11)$$

З урахуванням залежності (11) співвідношення (7)-(10) приймають вигляд:

$$R^* = \min_{\rho_i} \sum_{i=1} \rho_i l_i C_i, \text{ при } \rho_i \leq 0,85, \quad (12)$$

де ρ_i – граничне значення відносного завантаження, при якому справедлива формула (11), $\rho_i = 0,85$.

Тоді обмеження (9)-(10) приймуть вигляд:

$$\sum_{i=1} \rho_i t_i \leq \Delta t_T \quad (13)$$

$$1 - n(1 - \rho_i) \leq \beta \quad (14)$$

Оптимізація втрат одержувача при доставці декількох матеріальних потоків «точно в строк» передбачає аналіз більш складної ситуації, коли металогістична система інтегрує кілька матеріальних потоків. Такі потоки мають різні адреси й кожний з них по суті формує окремих ЛЛ. Тоді в рамках більш складної виробничо-транспортної системи неминуче виникає проблема взаємодії між окремими матеріальними потоками.

Отже, при обслуговуванні матеріального потоку, крім взаємодії між послідовно розміщеними транспортними підсистемами виникає необхідність узгодження обслуговування матеріальних потоків у межах транспортних підсистем. Мова йде, зокрема, про вибір пріоритетів при обслуговуванні окремих матеріальних потоків.

Необхідно модифікувати завдання (12)-(14) стосовно дослідження часу доставки вантажів декількома матеріальними потоками в рамках металогістичної системи. Із цією метою вводяться наступні позначення [7, с. 101]:

$q_{ij}^0 = \rho_{ij}^0$ – ймовірність відмови i -ї транспортної підсистеми для j -го потоку; для розглянутого випадку представляє відносне завантаження i -го елемента j -м потоком; t_{ij} – час обслуговування j -го потоку в i -й транспортній підсистемі; t_{ij}^0 – час очікування обслуговування транспортними засобами j -го потоку в i -й транспортній підсистемі; Δt_{Tj} – сумарні втрати часу, пов'язані з очікуванням обслуговування j -м потоком транспортної системи; T_{BTj} – допустимий час доставки вантажів j -го потоку з обліком втрат часу Δt_{Tj} .

За аналогією з (3) і (9) для j -го потоку справедливі залежності [8, с. 53]:

$$\left. \begin{aligned} T &= T_{Tj} + \Delta t_{Tj}; \\ \beta_j &= \Delta t_{Tj} / (T_{Tj} + \Delta t_{Tj}); \\ \Delta t_{Tj} &\leq \sum_i t_{ij}^0 \\ q_{ij}^0 &= t_{ij}^0 / t_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Для всіх ЛЛ та j -х матеріальних потоків приведемо повне математичне формулювання завдання у вигляді цільової функції [8, с. 53]:

$$R^* = \min_{\rho_{ij}} \rho_{ij} l_{ij} C_{ij}; \quad (16)$$

$$\rho_{ij} = 0; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; \quad (17)$$

$$\rho_i \leq 0,85; \quad (18)$$

$$\rho_i = \sum_j \rho_{ij}; \quad (19)$$

$$\Delta t_{Tj} \geq \sum_i \rho_{ij} t_{ij}; \quad (20)$$

$$1 - n \sum_i (1 - \rho_{ij}) \leq \beta_j. \quad (21)$$

Тут C_{ij} являє собою віднесений до одиниці часу штраф. По величині ρ_{ij}^* розраховуються значення Q_i^* та Q_{ij}^* :

$$Q_i = \sum_j Q_{ij}^*; \quad Q_{ij}^* = \frac{\rho_{ij}^0}{\rho_{ij}^*} \quad (22)$$

ρ_{ij}^0 – перероблювальна спроможність i -го елемента транспортної системи при обслуговуванні j -го потоку; Q_{ij}^* – потужність j -го транспортного потоку на елементі транспортної системи i ; Q_i – сумарна потужність транспортного потоку на елементі транспортної системи.

При реалізації значень ρ_{ij}^* :

1) узгоджується за рівнем завантаження функціонування елементів транспортної системи й тим самим забезпечується надійний рух транспортних потоків в ЛЛ;

2) мінімізуються втрати R , пов'язані із затримками на окремих напрямках ЛЛ.

Розглянемо приклад. Припустимий час доставки вантажу одержувачеві становить $T_{ТД} = 6$ діб, а відхилення часу доставки, що дозволяється, від його планового значення T_T рівне $\Delta t_T = 1$ доба. Плановий час постачання вантажу одержувачеві $T_T = T_{ТД} - \Delta t_T = 6 - 1 = 5$ діб. Коефіцієнт допустимою відхилення часу доставки стосовно загального дозволеного часу доставки вантажу одержувачеві $\Delta t_T / (T_T + \Delta t_T) \leq \beta$ рівний $1 / (5 + 1) = 1/6 \leq \beta$. Нехай встановлений технологічний час обслуговування матеріального потоку i -м елементом ЛЛ становить $t_1 = 2$ доби; $t_2 = 3$ доби. Тоді $T_T = 2 + 3 = 5$ діб. Питомі втрати, обумовлені відхиленням фактичної величини $T_{ДТ}$ від договірної T_D , можуть бути прийняті рівними вартості зберігання C_{zi} плюс вартості вагоно-доби C_{Bi} : $C_i = C_{zi} + C_{Bi} = 1,8 + 3,6 = 5,4$ дн. од./т доб.

Критерій при $i = 1,2$ буде мати вигляд:

$$R^* = q_1^0 t_1 C_1 + q_2^0 t_2 C_2.$$

Відповідно обмеження:

$$q_1^0 t_1 + q_2^0 t_2 \leq \Delta t; \quad q_2^0 t_2 \leq \Delta t - q_1^0 t_1; \quad q_2^0 \leq (\Delta t - q_1^0 t_1) / t_2$$

Підставляючи конкретні значення Δt , Δt_1 , і Δt_2 , одержуємо [8, с. 54]:

$$q_2^0 \leq (\Delta t - q_1^0 \cdot 2) / 3 = 0,33 - q_1^0 \cdot 0,67; \quad q_1^0 = 0; \quad q_2^0 \leq 0,33;$$

$$q_1^0 \leq (\Delta t - q_1^0 \cdot t_2) / t_1 \quad \text{при} \quad q_2^0 = 0; \quad q_1^0 \leq 0,5 - 1,5 \cdot 0; \quad q_1^0 \leq 0,5.$$

Для графічного зображення обмеження (14) зведемо результати розрахунків у таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків для обмеження (14)

Розрахунок величини q_1	Розрахунок величини q_2
$1 - (1 - q_1^0) \cdot (1 - q_2^0) \leq \beta; \quad (1 - q_1^0) \cdot (1 - q_2^0) \geq 1 - \beta$	

$(1-q_1^0) \geq \frac{1-\beta}{1-q_2^0}; -q_1^0 \geq \frac{1-\beta}{1-q_2^0} - 1;$ $q_1^0 \leq \frac{-1-\beta}{1-q_2^0}; q_2^0 = 0;$ $q_1^0 \leq 1 - \frac{1-\beta}{1-0} = 1-1+\beta = \beta;$ $q_1^0 = \beta$	$(1-q_1^0) \geq \frac{1-\beta}{1-q_2^0} \geq \frac{1-\beta}{1-q_2^0} - 1;$ $q_1^0 \leq 1 - \frac{1-\beta}{1-q_2^0}; q_2^0 = 0;$ $q_1^0 \leq 1 - \frac{1-\beta}{1-0} = 1-1+\beta = \beta;$ $q_1^0 = \beta$
$q_2^0 = 1;$ $q_1^0 \leq 1 - \frac{1-\beta}{1-1} = -\infty$	$q_1^0 = 1;$ $q_2^0 \leq 1 - \frac{1-\beta}{1-1} = -\infty$
$q_2^0 = 0,5;$ $q_1^0 \leq 1 - \frac{1-\beta}{1-0,5} = 1-2 \cdot (1-\beta);$ $\beta = 0,17;$ $q_1^0 \leq 1 - 2 \cdot (1-0,17) = 1 - 2 \cdot 0,83 = -0,66$	$q_1^0 = 0,5;$ $q_2^0 \leq 1 - \frac{1-\beta}{1-0,5} = 1-2 \cdot (1-\beta);$ $\beta = 0,17;$ $q_2^0 \leq 1 - 2 \cdot (1-0,17) = 1 - 2 \cdot 0,83 = -0,66$

Покажемо на графіку розглянуті вище обмеження (13) і (14) при $\beta = 0,17$.

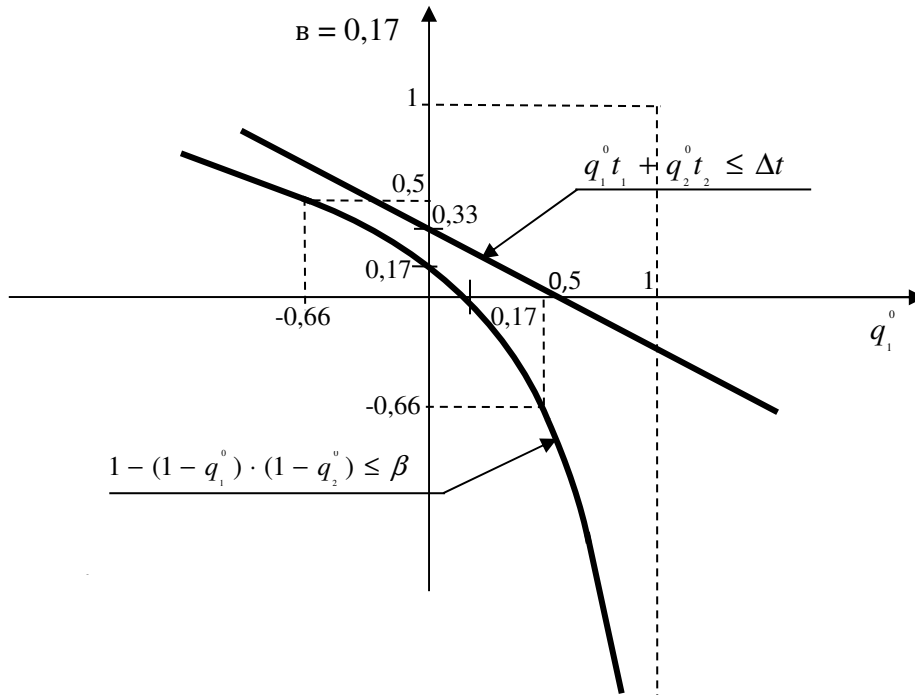


Рисунок 1 – Графічне зображення обмежень (13) і (14) при $\beta = 0,17$

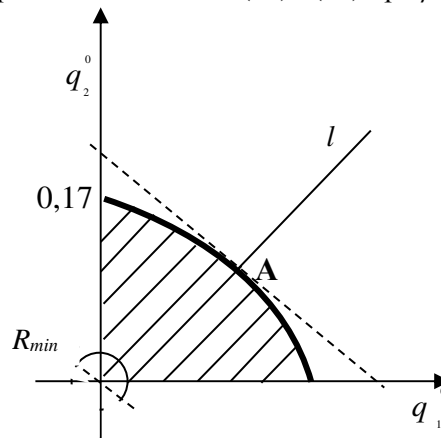


Рисунок 2 – Графічне зображення обмеження (14) і максимального критерія R_{min}

Для даного прикладу критерій R прийме вигляд $R = q_1^0 \cdot 2 \cdot 5,4 + q_2^0 \cdot 3 \cdot 5,4 = 10,8q_1^0 + 16,2q_2^0$. Коли необхідно вирішити задачу знаходження глобального оптимума функції $R = 10,8q_1^0 + 16,2q_2^0$ при обмеженнях $1 - (1 - q_1^0) \cdot (1 - q_2^0) \leq 0,17$; $q_1^0 \geq 0$; $q_2^0 \geq 0$.

Вирішення. На рис. 2 множина допустимих рішень заштрихована. Ця множина випукла. Лінії рівня функції $R = 10,8q_1^0 + 16,2q_2^0$ є паралельні прямі з кутовим коефіцієнтом $K = -0,67$ (при $R = 0, 0 = 10,8q_1^0 + 16,2q_2^0$; звідки $16,2q_2^0 = -10,8q_1^0$, або $q_2^0 = -10,8q_1^0 / 16,2 = -0,67q_1^0$). Очевидно, що глобальний мінімум в точці $O(0;0)$, а глобальний максимум – в точці A дотику прямої рівня і кривої $1 - (1 - q_1^0) \cdot (1 - q_2^0) = 0,17$ (рис. 2). Знайдемо координати точки A . Для цього достатньо скласти рівняння прямої l і вирішити систему, що складається з рівнянь прямої і рівняння $1 - (1 - q_1^0) \cdot (1 - q_2^0) = 0,17$. Зауважимо, що пряма l перпендикулярна лінії рівня і відповідно її кутовий коефіцієнт рівний: $K_l K = -1$; $K_l = -\frac{1}{-0,67} = 1,49$. Пряма l проходить через точку O і має кутовий коефіцієнт $K_l = 1,49$. Тому її рівняння має вигляд $q_2^0 = 1,49 \cdot q_1^0$. Розв'яжемо систему [8, с. 56]:

$$\begin{cases} 1 - (1 - q_1^0) \cdot (1 - q_2^0) = 0,17 \\ q_2^0 = 1,49 \cdot q_1^0 \end{cases}.$$

Після перетворень отримуємо:

$$(q_1^0)_1 = \frac{2,49 + \sqrt{6,2 - 1,013}}{2,98} = \frac{2,49 + 2,28}{2,98} = 1,6;$$

$$(q_1^0)_2 = \frac{2,49 - 2,28}{2,98} = 0,07.$$

Величина q_1^0 не може бути більша за 1. Тому в подальшому приймаємо $q_1^0 = 0,07$. Тоді $q_2^0 = 1,49 \cdot q_1^0 = 1,49 \cdot 0,07 = 0,10$. Остаточоно отримуємо:

$$t_1^0 = q_1^0 \cdot t_1 = 0,07 \cdot 2 = 0,14; \quad t_2^0 = q_2^0 \cdot t_2 = 0,1 \cdot 3 = 0,3.$$

Таким чином, мінімальне значення функції рівне нулю, коли $q_1^0 = 0$ і $q_2^0 = 0$, а максимальне отримуємо при $q_1^0 = 0,07$ і $q_2^0 = 0,1$ [8, с. 57]:

$$R = 10,8 \cdot q_1^0 + 16,2 \cdot q_2^0 = 10,8 \cdot 0,07 + 16,2 \cdot 0,1 = 2,376 \text{ гр.од./доб.}$$

Хоча і система «точно в строк» характеризується; мінімальними складськими запасами матеріалів, вона не виключає повністю наявності певного рівня страхових запасів товарів, особливо тих, на які є стабільний попит споживачів, у випадку ремонтів транспортних засобів такими запасними частинами є компоненти гальмівної системи, елементи підвіски і т.д. Тому, для запровадження системи постачання «точно в строк» на основі мінімізації сумарних витрат на утримання запасів необхідно знайти оптимальну кількість постачань і розмір партій запасних частин (оптимальний розмір замовлення). Розглянемо випадок для k закупівель протягом періоду N днів. Для j -го запасу (загальна кількість різновидів запасів L) визначимо величину витрат:

$$D_{Kj}^0 = D_{Kj} + N \cdot C_s, \quad (23)$$

де D_{Kj}^0 – величина витрат для j -го запасу при кількості закупівель K за розрахунковий період з урахуванням вартості постачання всієї партії C_s , D_{Kj} – величина витрат, пов'язаних із зберіганням матеріалів.

При $K = 1$:

$$D_{1j} = \sum_{i=1}^N q_{ij} \cdot i \cdot C_{1ij}; \quad D_{\text{сум_для_1}} = \sum_{j=1}^L D_{1j} + 1 \cdot C_s,$$

де q_{ij} – величина добової потреби в i -й день на j -й запас (матеріал), i -й – номер дня в розрахунковому періоді; C_{1j} – вартість зберігання j -го запасу.

При $K = 2$:

$$D_{2j} = \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} q_{ij} \cdot i \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{N}{2}}^N q_{ij} \cdot (\frac{N}{2} - i) \cdot C_{1j}; \quad D_{\text{сум_для_2}} = \sum_{j=1}^L D_{2j} + 2 \cdot C_s.$$

При $K = 3$:

$$D_{3j} = \sum_{i=1}^{\frac{N}{3}} q_{ij} \cdot i \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{N}{3}}^{\frac{2 \cdot N}{3}} q_{ij} \cdot (\frac{2 \cdot N}{3} - i) \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{2 \cdot N}{3}}^N q_{ij} \cdot (N - i) \cdot C_{1j}; \quad D_{\text{сум_для_3}} = \sum_{j=1}^L D_{3j} + 3 \cdot C_s.$$

При $K = 4$:

$$D_{4j} = \sum_{i=1}^{\frac{N}{4}} q_{ij} \cdot i \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{N}{4}}^{\frac{2 \cdot N}{4}} q_{ij} \cdot (\frac{2 \cdot N}{4} - i) \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{2 \cdot N}{4}}^{\frac{3 \cdot N}{4}} q_{ij} \cdot (\frac{3 \cdot N}{4} - i) \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{3 \cdot N}{4}}^N q_{ij} \cdot (N - i) \cdot C_{1j};$$

$$D_{\text{сум_для_4}} = \sum_{j=1}^L D_{4j} + 4 \cdot C_s.$$

При K закупівлях:

$$D_{Kj} = \sum_{i=1}^{\frac{N}{K}} q_{ij} \cdot i \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{N}{K}}^{\frac{2 \cdot N}{K}} q_{ij} \cdot (\frac{2 \cdot N}{K} - i) \cdot C_{1j} + \sum_{i=\frac{2 \cdot N}{K}}^{\frac{3 \cdot N}{K}} q_{ij} \cdot (\frac{3 \cdot N}{K} - i) \cdot C_{1j} + \dots + \sum_{i=\frac{(K-1) \cdot N}{K}}^N q_{ij} \cdot (N - i) \cdot C_{1j}$$

Сумарну величину витрат по всіх запасах можна знайти, просумувавши розрахункові витрати по j -м матеріалах або комплектуючих. Нехай L – кількість різних матеріалів і комплектуючих, які необхідні для забезпечення безперебійного функціонування підприємства. Тоді сумарні витрати можна визначити за формулою:

$$D_{\text{сум_для_K}} = \sum_{j=1}^L D_{Kj} + K \cdot C_s$$

Висновки. Таким чином, ефективність застосування системи постачання «точно в строк» в значній мірі залежить від часу виконання постачання (часу доставки вантажу одержувачеві). Розглянута математична модель дає змогу застосовувати систему постачання «точно в строк» на основі можливих обмежень транспортного процесу ЛЛ (простої, черги). Встановлено, що елементи ЛЛ (транспортно-вантажні комплекси) характеризуються певним часом обслуговування матеріального потоку, що в свою чергу впливає на ймовірність доставки вантажу згідно договірною

часу. На основі використання економіко-математичної моделі наведені приклади оптимізації втрат одержувача при доставці як одного так і декількох вантажів «точно в строк».

Подальші удосконалення математичної моделі транспортного процесу ЛЛ системи постачання «точно в строк» необхідно проводити у напрямі досліджень і аналізу маршрутів і вибору способів доставки вантажів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Неруш Ю. М. Коммерческая логистика / Ю. М. Неруш. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 271 с.
2. International Journal of Operations and Production Management, 1992, vol. 5, p. 18.
3. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / Джон Шрайбфедер; Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.
4. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / [Сергеев В. И., Белов Л. Б., Дыбская В. В и др.]; под ред. В. И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 976 с.
5. Гаджинский А. М. Логистика: учеб. /А. М. Гаджинский. – 20-е изд. – М.: Дашков и К. – 2012. – 484 с.
6. Вазиев Р. Р. Методика использования оборотных средств промышленных предприятий при создании запасов / Р. Р. Вазиев // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – №4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.auditfin.com/fin/2009/4/Vazaev/Vazaev%20.pdf>.
7. Смехов А. А. Основы транспортной логистики: учеб для вузов ж-д. тр-та / А. А. Смехов. – М.: Транспорт, 1995. – 197 с.
8. Еловой И. А. Разработка модели логистической цепи и определение ее основных параметров: пособ. по курс. и дипл. проек. / И. А. Еловой. – Гомель: БелГУТ, 2005. – 70 с.

REFERENCES

1. Nerush YU. M. *Kommercheskaya logistika*. [Commercial logistics]. Moscow, Banki i Birzhi, Yuniti Publ., 1997. 271 p. (Rus)
2. International Journal of Operations and Production Management, 1992, vol. 5, p. 18.
3. Jon Schreiberfeder. *Efektivnoe upravlenie zapasami* [Achieving Effective Inventory Management]. Moscow, Alpina Biznes Buks Publ., 2006. 304 p. (Rus)
4. Sergeev V. I., Belov L. B., Dybskaya V. V., Ivanov V. V., Zaytsev E. I., Sterligova A. N. *Korporativnaya logistika. 300 otvetov na voprosy professionalov* [Corporate Logistics 300 answers to the questions of professionals]. Moscow, INFRA-M Publ., 2005. 976 p. (Rus)
5. Gadzhinskiy A. M. *Logistika* [Logistics]. Moscow, Dashkov i K Publ., 2012. 484 p. (Rus)
6. Vaziev R. R. *Metodika ispolzovaniya oborotnykh sredstv promyshlennykh predpriyatij pri sozdanii zapasov*. [Technique of use of circulating assets of the industrial enterprises at creation of stocks]. *Audit i finansovyy analiz* [Audit and the financial analysis], 2009, no. 4. Available at: <http://www.auditfin.com/fin/2009/4/Vazaev/Vazaev%20.pdf>.
7. Smekhov A. A. *Osnovy transportnoy logistiki*. [Bases of transport logistics]. Moscow, 1995. 197 p. (Rus)
8. Elovoj I. A. *Razrabotka modeli logisticheskoy tsepi i opredelenie eye osnovnykh parametrov*. [Working out of model of a logistical chain and definition of its key parametres]. Gomel, 2005. 70 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Хаврук В. О. Оптимізація втрат одержувача на основі моделі постачання вантажу «точно в строк» / В. О. Хаврук // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

В статті розглядається питання постачання матеріальних ресурсів «точно в строк» в залежності від таких технологічних параметрів транспортної складової логістичного ланцюга, як час на переміщення і обслуговування матеріального потоку.

Об’єкт дослідження – система постачання матеріальних ресурсів.

Мета роботи – отримання залежностей для визначення параметрів математичної моделі постачання «точно в строк», які б мінімізували втрати одержувача за порушення договірної часу доставки вантажу.

Метод дослідження – аналіз та формалізація систем постачання «точно в строк» при доставці одного і декількох матеріальних потоків.

Встановлено, що одним із параметрів, що мають істотний вплив на технологічні показники, а в остаточному підсумку на строк доставки вантажу, є відносне завантаження логістичних ланцюгів, що характеризується чергами, простоями транспортних засобів і затримками вантажів в очікуванні обслуговування. При цьому, основними показниками економіко-математичної моделі виступають: ймовірності відмови й надійності доставки вантажу; питомі втрати, обумовлені відхиленням фактичної величини часу доставки від договірної.

Приводиться методологія розрахунку основних параметрів моделі постачання «точно в строк» та оптимізація витрат одержувача з використанням графічних зображень обмежень допустимого відхилення часу постачання від його планового значення і коефіцієнта допустимого відхилення.

Обґрунтовано доцільність проведення закупівель в залежності від величини витрат запасів за розрахунковий період та витрат, пов'язаних із зберіганням матеріалів.

Результати статті можуть бути використані для розробки та запровадження систем постачання «точно в строк», будь-якими суб'єктами господарської діяльності, зокрема автосервісними підприємствами, у випадку коли доставка вантажів (матеріальних ресурсів) здійснюється кількома видами транспорту.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розробка гнучкої системи аналізу та вибору способу постачання з кількох альтернативних з найменшим часом доставки та розширення мережі постачальників.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНИЙ КОМПОНЕНТ, АВТОСЕРВІСНЕ ПІДПРИЄМСТВО, ВАНТАЖ, ВТРАТИ, ЗАПАС, ЛОГІСТИЧНИЙ ЛАНЦЮГ, ОБСЛУГОВУВАННЯ, ОДЕРЖУВАЧ, ПОСТАЧАННЯ.

ABSTRACT

Khavruk V. O. Optimization of losses of the addressee on the basis model of delivery of cargo «just-in-time». Management of project, system analysis and logistics. Science journal: In Part 2. Part 1: Series: "Technical sciences" - Kyiv: NTU, 2014. - Vol. 14.

In article it is considered questions of delivery of material resources «just-in-time» depending on such technological parameters of a transport making logistical chain, as time for moving and service of a material stream.

Object of research – system of delivery of material resources.

Purpose of the study – reception of dependences for definition of parameters of mathematical model of delivery «just-in-time» which would minimise losses of the addressee for infringement of contractual time of delivery of cargo.

Method of the study – the analysis and formalisation of systems of delivery «just-in-time» on delivery one and several material streams.

It is established that relative loading of logistical chains which is characterised by turns, idle times of vehicles and delays of cargoes in expectation of service is one of parameters which have essential influence on technological indicators, and finally for the term of cargo delivery. Thus, as the basic indicators of economic-mathematical model act: probabilities of refusals and reliability of delivery of cargo; the specific losses, caused to deviations of actual size of time of delivery from the contractual.

The methodology of calculations of key parameters of model of delivery «just-in-time» and optimisation of losses of the addressee with use of graphic representations of restrictions of a maximum deviation of time of delivery from its planned value and maximum deviation factor is resulted.

The expediency of carrying out of purchases depending on size of the expense of stocks for the settlement period and the expenses connected with storage of materials is proved.

Results of article can be used for working out and introduction of systems of deliveries «just-in-time», any subjects of economic activities, in particular the autoservice enterprises, in a case when delivery of cargoes (material resources) is carried out by several types of transport.

Forecast assumptions about the object of study – a working out of flexible system of the analysis and a choice of a way of delivery from several deliveries alternative with the least time and expansion of a network of suppliers.

KEYWORDS: THE AUTOMOBILE COMPONENT, THE AUTOSERVICE ENTERPRISE, CARGO, LOSSES, THE STOCK, THE LOGISTICAL CHAIN, SERVICE, THE ADDRESSEE, DELIVERY.

РЕФЕРАТ

Хаврук В. А. Оптимизация потерь получателя на основе модели поставки груза «точно в срок» / В. А. Хаврук // Управление проектами, системный анализ и логистика. Научный журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серия: „Технические науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

В статье рассматриваются вопросы поставки материальных ресурсов «точно в срок» в зависимости от таких технологических параметров транспортной составляющей логистической цепи, как время на перемещение и обслуживание материального потока.

Объект исследования – система поставки материальных ресурсов.

Цель работы – получение зависимостей для определения параметров математической модели поставки «точно в срок», которые бы минимизировали потери получателя за нарушение договорного времени доставки груза.

Метод исследования – анализ и формализация систем поставки «точно в срок» при доставке одного и нескольких материальных потоков.

Установлено, что одним из параметров, которые имеют существенное влияние на технологические показатели, а в конечном итоге на срок доставки груза, есть относительная загрузка логистических цепей, которая характеризуется очередями, простоями транспортных средств и задержками грузов в ожидании обслуживания. При этом, основными показателями экономико-математической модели выступают: вероятности отказов и надежности доставки груза; удельные потери, обусловленные отклонением фактической величины времени доставки от договорного.

Приводится методология расчетов основных параметров модели поставки «точно в срок» и оптимизация потерь получателя с использованием графических изображений ограничений допустимого отклонения времени доставки от его планового значения и коэффициента допустимого отклонения.

Обоснована целесообразность проведения закупок в зависимости от величины расхода запасов за расчетный период и затрат, связанных с хранением материалов.

Результаты статьи могут быть использованы для разработки и внедрения систем поставок «точно в срок», любыми субъектами хозяйственной деятельности, в частности автосервисными предприятиями, в случае когда доставка грузов (материальных ресурсов) осуществляется несколькими видами транспорта.

Прогнозные предположения относительно развития объекта исследования – разработка гибкой системы анализа и выбора способа доставки с нескольких альтернативных с наименьшим временем доставки и расширение сети поставщиков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ, АВТОСЕРВИСНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, ГРУЗ, ПОТЕРИ, ЗАПАС, ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, ОБСЛУЖИВАНИЕ, ПОЛУЧАТЕЛЬ, ПОСТАВКА.

АВТОР

Хаврук Володимир Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: khavruk@gmail.com, тел.+380950187190, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.410.

AUTHOR

Khavruk Volodymir, National Transport University, assistant to chair of technical operation of cars and autoservice, e-mail: khavruk@gmail.com, tel.+380950187190, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 410.

АВТОР

Хаврук Владимир Александрович, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, e-mail: khavruk@gmail.com, тел.+380950187190, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Брегіда Федір Миколайович, кандидат технічних наук, ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСПОРТПРОЕКТ», завідувач Відділу дослідження та нормативно-правового забезпечення у сфері технічної експлуатації дорожніх транспортних засобів, e-mail: to@insat.org.ua, тел.+380442010806, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги 57, к.714.

Козак Людмила Степанівна, кандидат економічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор, завідувач кафедри економіки, тел.+380442803016, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.313.

REVIEWER:

Bregida Fedir, Candidate of Science (Engineering), DP «DERGAUTOTRANSNDIPROJEKT», Head of Department of research and is standard-legal maintenance in sphere of technical operation of road vehicles, e-mail: to@insat.org.ua, tel.+380442010806, Ukraine, 03113, Kyiv, pr. Peremogy 57, of. 714.

Kozak Ludmila, Ph.D., Candidate of Science (Economics), professor, National Transport University, professor, Head of department of economics, Kyiv, tel.+380442803016, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 313.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Брегида Фёдор Николаевич, кандидат технических наук, ГП «ГОСАВТОТРАНСНДИПРОЭКТ», заведующий Отделом исследования и нормативно-правового обеспечения в сфере технической эксплуатации дорожных транспортных средств, e-mail: to@insat.org.ua, тел.+380442010806, Украина, 03113, г. Киев, пр. Победы, 57, к. 714.

Козак Людмила Степановна, кандидат экономических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор, заведующий кафедры экономики, тел.+380442803016, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 313.