

МОДЕЛЬ ПОСТАЧАННЯ ВАНТАЖУ «ТОЧНО В СТРОК»,
ЯКА ВРАХОВУЄ ТРИВАЛІСТЬ ОКРЕМИХ ОПЕРАЦІЙ ВИКОНАННЯ ЗАМОВЛЕННЯ

Хаврук В.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна
Пустовойтенко С.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

MODEL OF DELIVERY OF CARGO «JUST-IN-TIME»,
CONSIDERING DURATION OF SEPARATE OPERATIONS OF PERFORMANCE OF THE ORDER

Khavruk V.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine
Pustovoytenko S.V., Ph.D in Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine

МОДЕЛЬ ПОСТАВКИ ГРУЗА «ТОЧНО В СТРОК»,
УЧИТЫВАЮЩАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗА

Хаврук В.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Пустовойтенко С.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет,
Киев, Украина

Постановка проблеми. В умовах конкуренції на ринку надання автосервісних послуг для будь-якої станції технічного обслуговування (СТО) першочергове значення мають оперативність і якість виконання робіт з ремонту і технічного обслуговування. При цьому, оперативність виконання ремонтних робіт в значній мірі буде залежати від наявності необхідних автомобільних компонентів (АК) або ж строків їх постачання у разі відсутності. Практика показує, що в переважній більшості СТО економічно недоцільно утримувати великі складські запаси широкої номенклатури АК. Але, в той же час можливе затримання у наданні автосервісних послуг через відсутність АК, що призводить до втрати клієнтів – власників транспортних засобів. За таких умов СТО необхідно запроваджувати ефективні методи управління запасами АК з використанням логістичних методик оптимізації процесів постачання.

Проблеми оптимізації процесів постачання та управління запасами матеріальних ресурсів розглядаються в наукових працях багатьох учених, зокрема: Гаджинського А. М., Дональда Дж. Бауерсокса, Лукінського В. С., Міротіна Л. Б., Сергєєва В. І., Дж. Шрайбфедера та ін.

Аналіз літератури по даній тематиці показав, що автори недостатньо уваги приділяють такій системі постачання, як «точно в строк» (Just-in-time). Тим більше відсутні ґрунтовні дослідження складових системи «точно в строк», якими виступають окремі операції циклу виконання замовлення (передача, обробка, комплектування замовлення; транспортування; доставка). А тому дані питання потребують проведення додаткових наукових досліджень.

Метою статті є отримання моделі постачання товарів «точно в строк» (Just-in-time) на основі «функціонального циклу», який включає п'ять операцій: передача замовлення, обробка замовлення, комплектування замовлення, транспортування, доставка споживачеві.

Головний розділ. Система постачання «точно в строк» передбачає розміщення замовлень на поповнення запасів матеріальних ресурсів або товарів, коли їх кількість досягає критичного рівня. При цьому, істотну роль відіграє попит [1, с. 200], що і визначає номенклатуру, обсяги та строки постачання. Система постачання «точно в строк» є сучасною логістичною системою управління запасами, що має ряд переваг перед «традиційним підходом» (табл. 1) [2, с. 168-169].

Таблиця 1 – Порівняння системи «точно в строк» з «традиційним підходом»

Фактори	Система «точно в строк»	«Традиційний підхід»
Запаси	Включаються в пасиви. Всі зусилля спрямовуються на їх усунення.	Включаються в активи. Захищають виробництво від помилок прогнозування та ненадійності постачальників.
Розмір запасу, обсяг замовлення	Розмір запасу показує лише поточну потребу. Найбільш економічний розмір замовлення.	Не враховується зміна розміру запасу при зміні витрат при скороченні діяльності
Постачальники	Розглядаються як партнери виробничої діяльності. Невелика кількість надійних постачальників	Підтримуються тривалі зв'язки з постачальниками.

Фактори	Система «точно в строк»	«Традиційний підхід»
Тривалість виробничого циклу	Підтримується на мінімально можливому рівні. Зменшується невизначеність прогнозування потреби матеріальних ресурсів.	Охоплює великий часовий інтервал. Немає потреби в його зменшенні, поки підтримуються значні страхові запаси.

Разом з тим, система постачання «точно в строк» потребує від підприємства наявності сформованої бази хоча і невеликої кількості постачальників, але таких, які відрізняються високим ступенем надійності поставок [3, с. 179; 4, с. 132], оскільки будь-який збій у поставках може порушити виробничий процес [2, с. 169].

Математичну модель системи постачання «точно в строк», яка враховує тривалість виконання операцій замовлення, можна отримати на основі поняття «функціонального циклу» (ФЦ). В роботах [5, с. 63; 6, с. 57] використовується поняття ФЦ або «циклу виконання замовлення» [4, с. 61-63], що є основним об'єктом інтегрованої логістики. Функціональним циклом властиві наступні особливості [6, с. 57; 7 с. 376-377]:

- базова структура ФЦ (зв'язки, вузли і т.д.) однакова для фізичного розподілу, матеріально-технічного забезпечення виробництва й постачання;

- якою би складною не була логістична система в цілому, необхідно досліджувати конфігурацію окремого ФЦ, щоб з'ясувати найважливіші взаємозв'язки й напрями контролю;

- оскільки часові інтервали виконання окремих операцій, з яких складається ФЦ, є випадковими величинами, тоді і увесь цикл є випадковою величиною, що підпорядковується певному закону розподілу.

Для математичного опису тривалості ФЦ, яка, як правило, представляє суму тривалості виконання окремих елементів циклу, можна скористатися відомими формулами теорії ймовірностей:

- для середнього часу ФЦ:

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^N \bar{T}_i, \quad (1)$$

- для середньоквадратичного відхилення:

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 + 2 \sum_{i < j} r_{ij} \sigma_i \sigma_j, \quad (2)$$

де \bar{T}_i , σ_i – відповідно середнє значення і середньоквадратичне відхилення часу виконання i -ї операції ФЦ, r_{ij} – коефіцієнт кореляції між i -ю та j -ю операціями ФЦ.

Знак $i < j$ означає, що підсумовування поширюється на всі можливі попарні комбінації випадкових величин. Якщо розглянуті величини не є корельованими, то при всіх $r_{ij} = 0$ формула для середньоквадратичного відхилення σ_T спрощується.

Ймовірнісне трактування ФЦ дозволяє визначити його тривалість T_0 із заданою довірчою ймовірністю. Наприклад, за умови, що функція розподілу часу ФЦ підпорядковується нормальному закону:

$$T_0 = \bar{T} + x_p \sigma_T, \quad (3)$$

де x_p – показник нормального розподілу, що відповідає ймовірності P .

Таким чином, за допомогою формули (3) можна розрахувати час виконання замовлення, тобто по суті розв'язати завдання «точно в строк».

Відомо, що одна з основних проблем логістичного менеджменту – це зменшення невизначеності ФЦ. У загальному випадку джерелами невизначеності є випадкові величини T_i , що характеризують тривалість виконання окремих операцій ФЦ, які описуються різними законами розподілу. Якщо не розглядаються інші можливі обмеження при здійсненні ФЦ (нормативно-правові, фінансові й т.п.), тоді формально економіко-оптимізаційне завдання виконання ФЦ «точно в строк» може бути представлена у вигляді [6, с. 58]:

$$\sum_{i=1}^N C_i(t) \phi(\bar{T}_i, \sigma_i) \rightarrow \min \quad (4)$$

де $C_i(t)$ – залежність витрат на виконання i -ї операції ФЦ від її тривалості, \bar{T}_i , σ_i – параметри, що характеризують тривалість i -ї операції ФЦ.

Наприклад, в якості $\varphi(\bar{T}_i, \sigma_i)$ можна обрати середнє значення \bar{T}_i або оцінки часу виконання кожної операції із заданою довірчою ймовірністю T_{pi} . Витрати на виконання операцій ФЦ $C_i(t)$ мають неоднозначний характер. Так, при транспортуванні витрати по доставці зростають при зменшенні часу доставки, тоді як збільшення часу зберігання приводить до збільшення витрат. Отже, $C_i(t)$ – залежність витрат від тривалості операції матиме мінімальне значення. Якщо середнє значення $\bar{T}_i = const$, тоді визначником невизначеності ФЦ є дисперсії σ_i^2 і залежність (4) можна представити, зокрема, наступним чином:

$$\sum_{i=1}^N C_i(\sigma) \cdot \sigma_i^2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

де $C_i(t)$ – залежність витрат виконання i -ї операції ФЦ від розсіювання (невизначеності) часу її виконання.

З аналізу залежностей (1)-(5) випливає, що виконання умови (3) – «точно в строк» може бути досягнуте різними способами. Для прикладу розглянемо залежність (5). Очевидно, перший варіант – це зменшення складових σ_i , при цьому в силу обмеженості ресурсів, головним чином найбільших з них.

Другий варіант – використання властивостей зворотної (негативної) кореляції між окремими елементами ФЦ за умови, що це не призведе до росту інших r_{ij} . Якщо кореляція відсутня, то можливе створення системи, що забезпечує зворотний зв'язок.

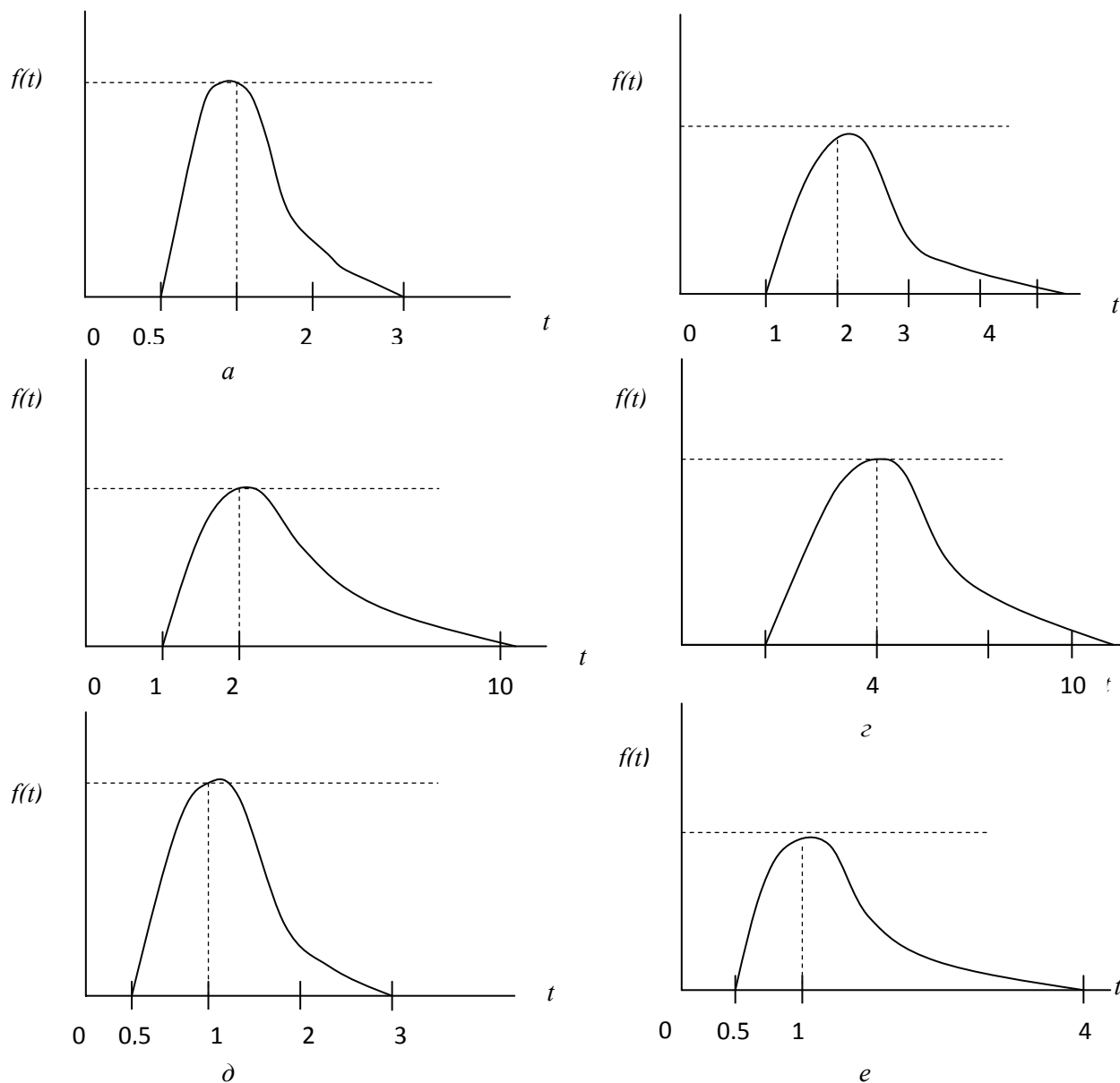


Рисунок 1 – Щільності розподілу операцій функціонального циклу виконання замовлення: а – передача; б – обробка; в – комплектування; г – транспортування; д – доставка замовнику; е – весь цикл

Третій варіант – індивідуальний контроль тривалості кожної операції ФЦ, і у випадку істотного відхилення від нормативних значення корегування часу виконання операцій, що залишилися.

Для прикладу визначимо ймовірність постачання за 14 днів від моменту замовлення «точно в строк» для ФЦ, пов'язаного з постачанням готової продукції споживачеві [5, с. 74].

Функціональний цикл включає п'ять операцій: передача замовлення (а), обробка замовлення (б), комплектування замовлення (в), транспортування (г), доставка споживачеві (д). На рис. 1 наведені щільності розподілу зазначених операцій і загального циклу виконання замовлення [6, с. 59].

Розглянемо приклад розрахунку середнього часу і середньоквадратичного відхилення часу виконання i -ї операції ФЦ, скориставшись статистичними даними, наведеними в роботі Лукінського В. С [6, с. 60] (табл. 2). У таблиці 2 наведені максимальні й мінімальні строки виконання кожної операції; там же наведені максимальні значення, названі в роботі [5, с. 74] як «середній або очікуваний час» необхідний для завершення кожної операції.

Таблиця 2 – Статистичні параметри тривалості операції ФЦ [6, с. 60]

Операція циклу замовлення	Розмах значень Δ_i , дні	Час T_{Mi} , що відповідає максимуму $f(x)$, дні	Середнє значення \bar{T}_i , дні	Середньо-квадратичне відхилення σ_i , дні	Варіант змінених σ_i , дні
Передача	0,5-3,0	1,0	1,126	0,33	0,2
Обробка	1,0-4,0	2,0	2,253	0,66	0,5
Комплектація	1,0-20,0	2,0	3,68	3,08	1,5
Транспортування	2,0-10,0	4,0	4,506	1,31	1,0
Доставка замовнику	0,5-3,0	1,0	1,126	0,33	0,2
ВСЬОГО:		10	12,09	3,45	1,89

Для розрахунків по формулі (3) необхідно визначити величини σ_i . З рис. 1. видно, що щільності розподілу $f_i(T)$ асиметричні та відрізняються від нормального закону. У зв'язку із відсутністю достатньої інформації допустимо, що операції передачі та обробки замовлення, а також транспортування і доставки замовнику підпорядковуються закону розподілу Релея [6, с. 60]:

$$f(\sigma_k) = \frac{x}{\sigma_k^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_k^2}\right), \quad (6)$$

де σ_k – параметр Релея.

Відомо, що для розподілу Релея між параметром σ_k і статистичними параметрами спостерігаються наступні співвідношення:

– для математичного очікування (або середнього значення):

$$\bar{T} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma_k = 1,253 \cdot \sigma_k, \quad (7)$$

– для середньоквадратичного відхилення:

$$\sigma = \sqrt{2 - \frac{\pi}{2}} \cdot \sigma_k = 0,655 \cdot \sigma_k, \quad (8)$$

– для медіани (середнє або ймовірне значення, при якому функція розподілу $F(M_e) = 0,5$):

$$M_e = \sqrt{2 \ln 2} \sigma_k = 1,177 \cdot \sigma_k, \quad (9)$$

– для моди (у випадку безперервного розподілу щільності ймовірності $f(M_0)$ має найбільше значення):

$$M_0 = \sigma_k, \quad (10)$$

Якщо прийняти, що максимальне значення щільності розподілу $f_{max}(t, \sigma_k)$ відповідає моді M_0 , тоді шукані значення \bar{T}_i та σ_i повинні розраховуватися за формулами [6, с. 62]:

$$\bar{T}_i = 1,253 \cdot M_0 = 1,253 \cdot (T_{Mi} - T_{0i}) + T_{0i} \quad (11)$$

$$\sigma_i = 0,655 \cdot M_0 = 0,655 \cdot (T_{Mi} - T_{0i}), \quad (12)$$

де T_{Mi} – значення аргумента (тривалість операції), що відповідає максимуму $f_{max}(t, \sigma_k)$, T_{0i} – параметр зсуву.

Наприклад, для визначення T_1 і σ_1 операції передачі замовлення за формулами (11) та (12) знаходимо:

$$T_1 = 1,253 \cdot (1 - 0,5) + 0,5 = 1,126 \text{ днів,}$$

$$\sigma_1 = 0,655 \cdot (1 - 0,5) = 0,33 \text{ дн.}$$

Результати розрахунку \bar{T} і σ наведені в табл. 2.

Аналіз операції «комплектування замовлення» показав, що з таким розмахом значень ($\Delta=19$ днів) і максимальним значенням, що відповідають $T_{max}=2$ дні щільність розподілу являє собою суперпозицію двох щільностей розподілів або композицію двох випадкових величин, що підпорядковуються різним законам розподілу.

Виберемо для апроксимації суперпозицію двох розподілів Релея і рівномірної щільності, яка записується у вигляді [6, с. 63]:

$$g(t) = c_1 \frac{t}{\sigma_k^2} \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma_k^2}\right) + c_2 \cdot \frac{t-t_0}{t_k-t_0}, \quad (13)$$

де c_1, c_2 – коефіцієнти, $c_1 + c_2 = 1$.

Для розрахунків середнього значення й дисперсії суперпозиції розподілів $g(t)$ використовуються формули:

$$\bar{T}_g = \sum_{j=1}^n c_j \bar{t}_j \quad (14)$$

$$D_g = \sigma_g^2 = \sum_{j=1}^n c_j \left[D_j + (\bar{t}_j - \bar{T}_g)^2 \right], \quad (15)$$

де \bar{t}_j, D_j – середнє значення і дисперсія n -го розподілу, n – кількість розподілів, $n=2$.

Для знаходження параметрів розподілу Релея використаємо формули (14) і (15). При $t_M=2, T_0=1$ знаходимо [6, с. 64]:

$$T_1 = 1,253 \cdot (2-1) + 1 = 2,253,$$

$$\sigma_1 = 0,655 \cdot (2-1) = 0,655.$$

Параметри розподілу рівномірної щільності визначаємо за формулами:

$$\bar{T} = \frac{T_k + T_0}{2} \quad (16)$$

$$\sigma = \frac{T_k - T_0}{2\sqrt{3}} = 0,289 \cdot (T_k - T_0) \quad (17)$$

При $T_k=20, T_0=1$ отримуємо:

$$\bar{T}_2 = \frac{20+1}{2} = 10,5,$$

$$\sigma_2 = 0,289 \cdot (20-1) = 5,49.$$

Підставляючи значення середніх і дисперсій у формули та приймаючи значення коефіцієнтів $c_1=0,9, c_2=0,1$, знаходимо [6, с. 64]:

$$\bar{T}_g = 0,9 \cdot 2,253 + 0,1 \cdot 10,5 = 3,08,$$

$$\sigma_g^2 = 0,9 \cdot \left[0,655^2 + (2,253 - 3,08)^2 \right] + 0,1 \cdot \left[5,49^2 + (10,5 - 3,08)^2 \right] = 9,52.$$

Таким чином, для операції «комплектування замовлення» середнє значення $\bar{T}_g = 3,08$, середньоквадратичне відхилення $\sigma = 3,08$.

Після того, як визначені статистичні параметри всіх операцій, визначимо характеристики для загального циклу виконання замовлення: середнє значення, формула (1):

$$\bar{T} = 1,126 + 2,253 + 3,08 + 4,506 + 1,126 = 12,09 \text{ дн.}$$

В науковій літературі, зокрема Д. Бауерсокс, Д. Клосс [5, с. 252] обґрунтовують тривалість ФЦ, що становить 6-14 днів, при цьому, очікувана («середня») тривалість становить 10 днів. Аналогічно, Лукінский В. С. вважає, що тривалість загального циклу має становити 10 днів, а у випадку, коли тривалість ФЦ більша або менша $\bar{T} = 10$ днів, тоді це призводить до «зайвих витрат ресурсів і знижує загальну ефективність логістики» [6, с. 59]. Отже, тривалість загального циклу ($\bar{T} = 12,09$ дн.), отримана на основі розрахунку, відрізняється від зазначеного в роботі [5, с. 249-254] на 2,09 дн., а це в свою чергу вказує на необхідності застосування додаткових заходів зменшення тривалості окремих операцій ФЦ.

Середньоквадратичне відхилення, формула (2), (за умови відсутності кореляції між операціями ФЦ):

$$\sigma = \sqrt{0,33^2 + 0,66^2 + 3,08^2 + 1,31^2 + 0,33^2} = 3,45 \text{ днів.}$$

Розрахуємо ймовірність виконання замовлення за 14 днів. При підстановці значень у формулу (3) знаходимо [6, с. 65]:

$$x_p = \frac{14 - 12,09}{3,45} = 0,544.$$

Використовуючи таблицю значень функції стандартного нормального розподілу [6, с. 114-115; 7] для значення $x_p = 0,544$, визначимо, що ймовірність виконання замовлення становить $P \approx 0,71$. Це невисоке значення, оскільки означає, що можливий зрив близько 30% замовлень.

Допустимо, що в результаті проведених заходів вдалося зменшити розкид часу виконання операцій ФЦ, що привело до зменшення σ_i (табл. 2). Тоді:

$$x_p = \frac{14 - 12,09}{1,89} = 1,01.$$

і ймовірність доставки продукції «точно в строк» – через 14 днів $P = 0,844$.

Розглянемо приклад міжнародного постачання. За умовами контракту 40 футові контейнери з Гданська повинні бути доставлені в Тернопіль, розвантажені й повернуті в порт Гданська не пізніше, ніж через 5 діб. Щодня запізнення приводить до штрафу 50 євро. Потрібно визначити тривалість рейсу й можливість його виконання «точно в строк» з імовірністю $P = 0,9$.

Очевидно, що будь-яке міжнародне перевезення ускладнюється в порівнянні із внутрішнім як мінімум за рахунок наступних складових: процедурою підготовки документів для перевезення; митного контролю на кордонах і в пунктах відправлення й доставки. Оскільки складові перевізного процесу є випадковими величинами, то кількісна оцінка проводиться з використанням ймовірнісних характеристик.

Загальний час перевезення може бути визначений за формулою:

$$T_0 = \sum_{i=1}^D t_{i,i+1} + \sum_{j=1}^E \tau_j + \sum_{k=1}^F \Theta_k, \quad (18)$$

де $t_{i,i+1}$ – час руху між i -м та $(i+1)$ -м пунктами; τ_j – час оформлення митних документів в j -му пункті (в середині країни і на митних пунктах); Θ_k – час завантаження, розвантаження і складування в k -му пункті; D, E, F – кількість ділянок руху автомобіля, пунктів митного оформлення і пунктів завантаження-розвантаження відповідно.

Час початку перевезення T_H визначається за формулою [6, с. 66]:

$$T_H = T_{TB} - T_0, \quad (19)$$

де T_{TB} – час доставки вантажу «точно в строк».

Оскільки всі складові формули (18) є випадковими величинами, то вони характеризуються відповідними статистичними параметрами: середніми значеннями й середньоквадратичними відхиленнями. З випадкового характеру складових перевізного процесу випливає, що поняття «точно в строк» повинне розглядатися з урахуванням довірчих меж часу перевезення вантажу. Це означає, що час доставки вантажу «точно в строк» є верхньою межею й може бути визначене за формулою, аналогічній (3):

$$T_{TB} = T_H + \bar{T}_0 + x_p \sigma_T, \quad (20)$$

Розрахунки середнього часу перевезення \bar{T}_0 й середньоквадратичного відхилення σ_T проводиться за формулами (1) і (2).

Якщо прийняти, що середня тривалість робочого дня водія (час в наряді) при здійсненні міжнародного перевезення рівна T_p , тоді календарна тривалість рейсу визначається кількістю днів роботи й розраховується за формулою:

$$D_p = \frac{T_0 + x_p \sigma_T}{T_p}, \quad (21)$$

де D_p – кількість днів міжнародного рейсу.

У табл. 3 наведені статистичні дані про тимчасові складові міжнародного перевезення Тернопіль – Гданськ.

Дані отримані в результаті обробки тахограм (тахограф – спеціальний прилад, встановлений в кабіні, що й дозволяє фіксувати різні режими роботи екіпажу, а також параметри руху автомобіля).

Підставивши значення середніх значень T_i і середньоквадратичних відхилень σ_i у формули (1) і (2) одержимо $\overline{T_0}=42,9$, $\sigma_T=5,2$ год (за умови некорельованості тимчасових складових на окремих етапах маршруту).

Оскільки коефіцієнт $x_p = 1,28$ (при $P=0,9$), за формулою (21) знаходимо [6, с. 67]:

$$D_p = \frac{42,9 + 1,28 \cdot 5,2}{10} \approx 4,96 \text{ дня.}$$

Таблиця 3 – Часові характеристики перевезень Гданськ – Тернопіль – Гданськ

Пункти маршруту; операції перевезення	Середнє значення T_i , год.	Середньоквадратичне відхилення σ_i , год.
Гданськ; М+МП	4,0	1,5
Гданськ – Рава-Руська; Р	3,6	0,6
Рава-Руська; П/М	6,0	2,5
Рава-Руська – Тернопіль; Р	3,0	0,8
Тернопіль; МП+Р	16,0	4,0
Тернопіль – Рава-Руська; Р	2,7	0,7
Рава-Руська; П/М	3,0	0,9
Рава-Руська – Гданськ; Р	3,0	0,6
Гданськ; Р	1,0	0,3

*Примітка: (М+МП) – завантаження та митні процедури; Р – рух; П/М – проходження митного пункту; (МП+Р) – митні процедури і розвантаження

Отже, тривалість рейсу D_p відповідає умовам контракту й перевезення буде виконано «точно в строк» з довірчою ймовірністю $P=0,9$.

При ймовірності $P=0,9$ зменшення часу митних процедур і розвантаження в Тернополі в два рази ($T_i=8,0$ год, $\sigma_i=2,0$ год.), середня тривалість рейсу складе $D_p \approx 4$ дні.

Висновки. Таким чином математична модель системи постачання «точно в строк», отримана на основі функціонального циклу, що включає п'ять операцій, дає змогу визначати ймовірність виконання замовлення протягом необхідного періоду (очікуваної потреби в запасних частинах), знаючи середню тривалість виконання кожної операції ФЦ. На основі моделі, встановлено, що на строки постачання вантажів істотний вплив мають час руху транспортного засобу, а при міжнародних постачаннях ще й тривалість митних процедур. При цьому, порушення строків постачання вантажу має негативні наслідки, насамперед для замовника, оскільки він змушений буде призупинити виробничий цикл, а при міжнародних постачаннях перевізник зобов'язаний буде сплатити штрафні санкції (якщо вони обумовлені в договорі).

В загальному випадку, використання системи постачання «точно в строк» є найбільш доцільним у виробничій діяльності невеликих СТО, які мають базу надійних постачальників і здатні оперативно здійснювати ремонти з врахуванням часу доставки АК (у випадку відсутності).

Недоліком системи є те, що низькі запаси роблять будь-які збої в роботі логістичної системи критичними.

Подальші удосконалення моделі системи постачання «точно в строк» необхідно проводити за рахунок досліджень у напрямках: підвищення точності прогнозування потреби та кількості поставок АК; вибору оптимальних способів доставки вантажів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / Джон Шрайбфедер; Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.
2. Основы логистики: учеб. пос. / [Миротин Л. Б., Сергеев В. И., Гордон М. П. и др.]; под ред. Л. Б. Миротина, В. И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 200 с.
3. Гаджинский А. М. Логистика: учеб. /А. М. Гаджинский. – 20-е изд. – М.: Дашков и К. – 2012. – 484 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. Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. – М.: «Олимп-Бизнес», 2001 – 640 с.
6. Лукинский В. С. Модели и методы теории логистики: учеб. пос. / В. С. Лукинский, И. А. Цвиринько, Ю. В. Малевич. – СПб.: Питер, 2003. – 219 с.

6. Лукинский В. С. Модели и методы теории логистики: учеб. пос. / В. С. Лукинский, И. А. Цвиринько, Ю. В. Малевич. – СПб.: Питер, 2003. – 219 с.
7. Миротин Л. Б. Системный анализ в логистике: учеб. / Л. Б. Миротин, Б. Э. Ташбаев. – М.: Из-во «Экзамен», 2004. – 480 с.
8. Новоселов А. А. Современные риск-системы: Функция стандартного нормального распределения // [Электронный ресурс]; Режим доступа: http://www.risktheory.ru/distr_tab_normal.htm.

REFERENCES

1. Jon Schreiebfeder. *Efektivnoe upravlenie zapasami* [Achieving Effective Inventory Management]. Moscow, Alpina Biznes Buks Publ., 2006. 304 p. (Rus)
2. Mirotin L. B., Sergeev B. I., Gordon M. P., Inutina K. V., Novikov O. A., Parfenov A. V., Plotkin B. K., Tashbaev Y. E., Uvarov S. A. *Osnovy logistiki* [Logistics bases]. Moscow, INFRA-M Publ., 2000. 200 p. (Rus)
3. Gadzhinskiy A. M. *Logistika* [Logistics]. Moscow, Dashkov i K Publ., 2012. 484 p. (Rus)
4. Sergeev B. 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. Donald J. Bowersox, David J. Closs. *Logistika: integrirovannaya tsep postavok* [Logistical Management The integrated supply chain process]. Moscow, Olimp Biznes Publ., 2005. 640 p. (Rus)
6. Lukinskiy V. S., Tsvirinko I. A., Malevich YU. V. *Modeli i metody teorii logistiki* [Models and methods of the theory of logistics]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2003. 219 p. (Rus)
7. Mirotin L. B., Tashbaev Y. E. *Sistemnyy analiz v logistike* [The system analysis in logistics]. Moscow, Ekzamen Publ., 2004. 480 p. (Rus)
8. Novoselov A. A. *Sovremenyie risk-sistemy: Funktsiya standartnogo normalnogo raspredeleniya* [Modern risks-systems: Function of standard normal distribution]. Available at: http://www.risktheory.ru/distr_tab_normal.htm. (Rus)

РЕФЕРАТ

Хаврук В. О. Модель постачання вантажу «точно в строк», яка враховує тривалість окремих операцій виконання замовлення / В. О. Хаврук, С.В. Пустовойтенко // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 2: Серія «Економічні науки». – К.: НТУ, 2014. – Вип. 30.

В статті розглядається питання управління запасами на основі моделі постачання товарів «точно в строк». Модель представлена у вигляді функціонального циклу, що включає п'ять операцій: передача замовлення, обробка замовлення, комплектування замовлення, транспортування, доставка споживачеві.

Об'єкт дослідження – система постачання матеріальних ресурсів.

Мета роботи – визначення параметрів математичної моделі постачання товарів «точно в строк», з'ясування закономірностей і законів розподілу часу виконання операцій постачання.

Метод дослідження – аналіз процесу постачання, формалізація і статична обробка даних тривалості операцій функціонального циклу постачання.

Встановлено, що основним параметром математичної моделі постачання «точно в строк» є середній час функціонального циклу, при якому витрати на виконання операцій будуть мінімальними. З'ясовано, що щільності розподілу часу виконання операцій постачання асиметричні та відрізняються від нормального закону – в якості закону розподілу прийнято закон розподілу Релея.

Приводиться методологія розрахунку основних параметрів моделі постачання «точно в строк», а саме: середнього значення часу виконання кожної операції та часу виконання замовлення в цілому, а також дисперсій розподілу та середньоквадратичних відхилень тривалості операцій постачання.

Обґрунтовано доцільність встановлення тривалості постачання, що не перевищує 14 днів, при оптимальній тривалості 10 днів.

Результати статті можуть бути використані для розробки та запровадження системи постачання матеріальних ресурсів «точно в строк» будь-якими суб'єктами господарської діяльності, зокрема автосервісними підприємствами.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук оптимальних способів доставки матеріальних ресурсів з мінімальними строками постачань та розширення мережі надійних постачальників.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНИЙ КОМПОНЕНТ, ДИСПЕРСІЯ, ЗАМОВЛЕННЯ, ЗАПАС, ПОСТАЧАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, РОЗПОДІЛ РЕЛЕЯ, СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ЦИКЛ.

ABSTRACT

Khavruk V.O., Pustovoytenko S.V. Model of delivery of cargo «just-in-time», considering duration of separate operations of performance of the order. Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 2: Series «Economic sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 30.

In article discusses issues of inventory management based on the model of delivery of the goods «just-in-time». The model is presented in the form of a functional cycle that includes five operations: transfer order, order processing, order picking, transportation, delivery to the consumer.

Object of the study – a delivery system of material resources

Purpose of the study – determination of the parameters of the mathematical model of the delivery of goods «just-in-time», finding regularities and laws of distribution of the execution time of delivery operations.

Method of the study – analysis of the process of delivery, and the formalization of the static data processing operations functional cycle length delivery.

It was established that the main parameter of the mathematical model of delivery «just-in-time» is the average time a functional cycle at which the cost of performing the operations will be minimal. It is found that the density distribution of the execution time of delivery operations asymmetric and different from normal law – as a distribution law enacted Rayleigh distribution.

We present the methodology of calculations of basic parameters of the model of delivery «just-in-time», namely the mean execution time of each operation and the time of the order as a whole, as well as the distribution of variances and standard deviation of the length of the supply operations.

The expediency of the installation length of the delivery, which shall not exceed 14 days, the optimal duration of 10 days.

Our results can be used for the development and implementation of the system of delivery of material resources «just-in-time» of any business entities, in particular the service center businesses.

Forward-looking assumptions regarding the development of the object of research – the search for optimal delivery method of material resources with minimal delivery time and the expansion of the network of reliable suppliers.

KEYWORDS: THE AUTOMOBILE COMPONENT, THE DISPERSION, THE ORDER, THE STOCK, THE DELIVERY, THE OPERATION, THE RAYLEIGH DISTRIBUTION, THE MEAN-SQUARE DEVIATION, THE FUNCTIONAL CYCLE.

РЕФЕРАТ

Хаврук В.А. Модель поставки груза «точно в срок», которая учитывает продолжительность отдельных операций выполнения заказа / В.О. Хаврук, С.В. Пустовойтенко // Вестник Национального транспортного университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 2: Серия «Экономические науки». – К. : НТУ, 2014. – Вып. 30.

В статье рассматриваются вопросы управления запасами на основе модели поставки товаров «точно в срок». Модель представлена в виде функционального цикла, который включает пять операций: передача заказа, обработка заказа, комплектование заказа, транспортировка, доставка потребителю.

Объект исследования – система поставок материальных ресурсов.

Цель работы – определение параметров математической модели поставки товаров «точно в срок», выяснение закономерностей и законов распределения времени выполнения операций поставки.

Метод исследования – анализ процесса поставки, формализация и статическая обработка данных продолжительности операций функционального цикла поставки.

Установлено, что основным параметром математической модели поставки «точно в срок» есть среднее время функционального цикла, при котором затраты на выполнение операций будут минимальными. Выяснено, что плотности распределения времени выполнения операций поставки асимметрические и отличаются от нормального закона – в качестве закона распределения принят закон распределения Релея.

Приводится методология расчетов основных параметров модели поставки «точно в срок», а именно: среднего значения времени выполнения каждой операции и времени выполнения заказа в целом, а также дисперсий распределения и среднеквадратичных отклонений продолжительности операций поставки.

Обоснована целесообразность установки продолжительности поставки, которая не должна превышать 14 дней, при оптимальной продолжительности 10 дней.

Результаты статьи могут быть использованы для разработки и внедрения системы поставки материальных ресурсов «точно в срок» любыми субъектами хозяйственной деятельности, в частности автосервисными предприятиями.

Прогнозные предположения относительно развития объекта исследования – поиск оптимальных способов доставки материальных ресурсов с минимальными сроками поставки и расширение сети надежных поставщиков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ, ДИСПЕРСИЯ, ЗАКАЗ, ЗАПАС, ПОСТАВКА, ОПЕРАЦИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЛЕЯ, СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ.

АВТОРИ:

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.

Пустовойтенко С.В., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 410.

AUTHORS:

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.

Pustovoytenko S.V., Ph.D in Technical Science, National Transport University, Department of Technical Operations and car service centers, Kyiv, Ukraine

АВТОРЫ:

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.

Пустовойтенко С.В., кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, кафедра эксплуатации автомобилей и автосервиса, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Брегіда Федір Миколайович, кандидат технічних наук, ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ», 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.

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, тел.+380442809805, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.102.

REVIEWER:

Bregida Fedir, Candidate of Science (Engineering), DP «DERGAUTOTRANSNDIPROJECT», 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.

Posviatenko Eduard, Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, department of manufactures, repair and materials technology, Kyiv, tel.+380442010806, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 102.