

УДК 656.788

Я. В. ЛІТВІНОВА<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Петровського, 25, 61002, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 707-37-20, ел. пошта litvinova\_yana87@mail.ru, ORCID 0000-0003-0110-3557

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОПИТУ НА СКЛАДУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБКУ ВАНТАЖІВ У ТРАНСПОРТНОМУ ВУЗЛІ

**Мета.** Метою дослідження є вивчення параметрів попиту на складування та переробку вантажів у транспортному вузлі. В рамках роботи розглядається транспортний вузол Дніпропетровського річкового порту, в якому здійснюються технологічні процеси взаємодії трьох видів транспорту – річкового, залізничного і автомобільного. **Методика.** Дослідження проведені на базі зернового елеватора, що функціонує на першому причалі вантажного району «Амур-Гавань» Дніпропетровського річкового порту. Дослідження параметрів попиту для вхідного і вихідного матеріального потоків проведено для фронтів вантажних робіт (фронтів розвантаження для залізничного і автомобільного транспорту, а також фронту навантаження для річкового транспорту) у період навігації 2014 року. Перевірка гіпотез про розподіл параметрів потоку заявок проведена із використанням критерію Пірсона. **Результати.** Проведені дослідження параметрів попиту на послуги транспортно-логістичного вузла показали, що обсяг партії вантажу для заявок є нормально розподіленою величиною, а інтервал надходження заявок у потоці має експонентний розподіл не залежно від виду транспорту в потоці заявок. **Наукова новизна.** В роботі набув подальшого розвитку підхід до дослідження параметрів транспортно-логістичного попиту, як параметрів потоку заявок на транспортне обслуговування, який відрізняється від існуючих тим, що оцінку параметрів попиту на складування та переробку вантажів у транспортному вузлі пропонується проводити на підставі пари випадкових величин – обсягу партії вантажу і інтервалу надходження заявок. **Практична значимість.** Отримані результати можуть використовуватись для моделювання попиту при вирішенні широкого кола практичних задач управління роботою мультимодальних транспортних вузлів.

*Ключові слова:* транспортний вузол, параметри попиту, потік заявок.

### Вступ

Відомі методи підвищення ефективності обслуговування споживачів транспортних послуг використовують, як правило, в якості вихідної інформації дані про попит на послуги окремих суб'єктів процесу доставки [1].

Оцінка попиту на послуги транспортних вузлів є обов'язковим етапом при розв'язанні таких задач, як прогнозування попиту, імітаційне моделювання процесів взаємодії суб'єктів процесу доставки, моделювання технологічних процесів окремих обслуговуючих підприємств.

Таким чином, некоректна інформація про параметри попиту є часто причиною невірних висновків і невірних рекомендацій. Тому проблема оцінки попиту являється особливо актуальною при розв'язанні наукових і практичних задач в області підвищення ефективності транспортних систем, оскільки її вирішення забезпечує коректність результатів на етапі оцінки стану об'єкту дослідження [2].

Згідно з [3] елементарною одиницею, що формує попит, є заявка на транспортне обслуговування – потреба клієнта в послугах, підкріплена купівельною спроможністю й представ-

лена на ринку для її задоволення. Заявка на обслуговування є підставою й причиною взаємодії між суб'єктами транспортного ринку. Сукупність потенційних і реальних заявок на послуги підприємства утворюють попит на його послуги, відповідно, сукупність заявок на послуги всіх підприємств регіону являє собою попит на транспортні послуги в регіоні й т.д. Кожна заявка може бути кількісно оцінена набором показників, найбільш важливими з яких є обсяг партії вантажу, відстань доставки й інтервал надходження заявки. Оскільки сукупність послідовних заявок на послуги транспортних підприємств характеризує попит, то завдання оцінки попиту на транспортне обслуговування перетворюється у завдання визначення параметрів потоку.

Інформація про потоки заявок на транспортне обслуговування може бути отримана на підставі даних транспортно-експедиторських підприємств – суб'єктів транспортного ринку, які безпосередньо забезпечують організацію процесу транспортно-логістичного обслуговування. Первинними документами, що містять інформацію про реалізовані заявки, є договори на транспортне обслуговування [4].

Під дослідженням попиту на послуги транспортного вузла розуміється визначення характеристик випадкових величин параметрів попиту – інтервалів надходження заявок, а також обсягів партії вантажу для вхідного і вихідного матеріального потоку [3]. Головною задачею дослідження попиту на послуги транспортних вузлів є визначення законів розподілу випадкових величин параметрів попиту та їх чисельних характеристик. Характеристики попиту на послуги транспортних вузлів є вихідними даними для вирішення ряду задач управління роботою транспортного вузла як логістичної системи [5].

### Мета

Об'єктом дослідження є процес надходження заявок на складування та переробку вантажів у транспортному вузлі, а предметом – параметри потоку заявок.

Метою дослідження є вивчення параметрів попиту на складування та переробку вантажів у транспортному вузлі. В рамках роботи розглядається транспортний вузол Дніпропетровського річкового порту (ДРП), в якому здійснюються технологічні процеси взаємодії трьох видів транспорту – річкового, залізничного і автомобільного.

### Методика

Дослідження параметрів попиту для вхідного і вихідного матеріального потоків проведено для фронтів вантажних робіт (фронтів розвантаження для залізничного і автомобільного транспорту, а також фронту навантаження для річкового транспорту) зернового елеватора ДРП у період навігації 2014 року – з березня по грудень.

ДРП є структурним підрозділом транспортної компанії Укррічфлот і спеціалізується на переробці широкого спектру вантажів – зернових, металобрухту, металопрокату, піску, щебеню, польового шпату, пиломатеріалів, обладнання, а також тарно-штучних вантажів у бігбегах і на палетах. Згідно офіційної інформації [6], пропускна здатність порту становить 5,7 млн. т/рік, при цьому загальна площа складів порту становить 69 тис. м<sup>2</sup>. Територія порту включає в себе два вантажні райони, 16 причалів із загальною довжиною причальної лінії 2 500 м, де є можливим обслуговування суден з осадкою до 4 м. Виробничі ресурси ДРП також включають 25 портальних кранів вантажністю від 5 до 20 т, 3 стрілових крани вантажністю від 10 до 36 т, один монтажний кран вантажністю

75 т та один великоваговий кран вантажністю 100 т, а також 7 автотранспорту вантажністю від 1,5 до 3 т.

У ДРП на першому причалі вантажного району «Амур-Гавань» функціонує зерновий елеватор загальною ємністю в 30 тис. т – 6 ємностей (силосів) по 5 тис. т. Зерновий елеватор надає послуги з приймання, як із залізничного, так і з автомобільного транспорту, накопичення, зберігання, сушки, очищення, а також відвантаження зернових, олійних і технічних культур.

Для фронту розвантаження автомобільного транспорту на протязі вказаний період визначено 587 заявок, для фронту розвантаження залізничного транспорту – 462 заявки, а для фронту навантаження транспортних засобів річкового транспорту – 108 заявок. Попит на перевантаження і зберігання зернових на елеваторі транспортного вузла є сезонним, тому більша частка заявок надійшли у період з липня по вересень. Характеристика вибірок випадкових величин параметрів потоків заявок представлена в табл. 1.

Таблиця 1

#### Характеристика вибірок параметрів потоку

Характеристика	Обсяг партії вантажу	Інтервал надходження заявки
<b>Фронт розвантаження автомобілів</b>		
Математичне очікування	7,74 т	7,92 год.
Середньоквадратичне відхилення	1,16 т	4,01 год.
Мінімальне значення	4,08 т	0,01 год.
Максимальне значення	11,56 т	48,18 год.
Кількість інтервалів	22	22
Ширина інтервалу	0,34 т	2,19 год.
<b>Фронт розвантаження залізничних вагонів</b>		
Математичне очікування	313,91 т	9,56 год.
Середньоквадратичне відхилення	29,53 т	4,60 год.
Мінімальне значення	232,22 т	0,03 год.
Максимальне значення	389,56 т	58,78 год.
Кількість інтервалів	21	21
Ширина інтервалу	7,49 т	2,80 год.
<b>Фронт навантаження річкових суден</b>		
Математичне очікування	808,76 т	14,04 год.
Середньоквадратичне відхилення	37,60 т	6,92 год.
Мінімальне значення	719,78 т	0,11 год.
Максимальне значення	893,15 т	67,88 год.
Кількість інтервалів	16	16
Ширина інтервалу	10,84 т	4,24 год.

Перевірка гіпотез про розподіл параметрів потоку заявок проведена із використанням кри-

терію Пірсона в наступній послідовності [7]:

1. Висувається нуль-гіпотеза: вибіркові значення отримані з генеральної сукупності з функцією розподілу  $F(u)$ , що залежить від  $m$  параметрів, з яких  $m_n$  параметрів визначаються за вибірковим значенням. В якості нуль-гіпотези по всім фронтам вантажних робіт на підставі гістограм емпіричних частот для обсягу партії вантажу прийнятий нормальний розподіл, а для інтервалу надходження заявок – експонентний.

2. Область можливих вибіркових значень розбивається на  $k$  інтервалів, що не пересікаються:  $\Delta_1 = [x_1, x_2)$ ,  $\Delta_2 = [x_2, x_3)$ , ...,  $\Delta_k = [x_k, x_{k+1})$ . Кількість інтервалів визначається по формулі Стерджеса:

$$k = \lceil 1 + 3,22 \cdot \lg n \rceil, \quad (1)$$

де  $n$  – обсяг вибірки;

$\lceil x \rceil$  – ціла частина числа  $x$ .

Ширина інтервалів  $h$  визначається на підставі їх кількості:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}, \quad (2)$$

де  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  – мінімальне і максимальне значення досліджуваного показника.

3. Визначається ряд емпіричних частот  $n'_1, n'_2, \dots, n'_k$ .

4. У припущенні, що нуль-гіпотеза є вірною, для  $i$ -го інтервалу обчислюється очікуване (теоретичне) значення частоти  $v_i$ :

$$v_i = n \cdot [F(x_{i+1}) - F(x_i)], \quad (3)$$

де  $F(x)$  – значення інтегральної функції розподілу.

5. Обчислюється критеріальна статистика  $T$ :

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{(n'_i - v_i)^2}{v_i}. \quad (4)$$

6. За умови істинності нуль-гіпотези статистика  $T$  асимптотично має розподіл хі-квадрат з  $(k - m_n - 1)$  ступенями свободи, де  $m_n$  – кількість параметрів, що характеризують закон розподілу. Згідно [8], нормальний закон розподілу характеризується параметром розташування і параметром масштабу ( $m_n = 2$ ), експонентний – параметром масштабу ( $m_n = 1$ ).

Нуль-гіпотези про закони розподілу параметрів попиту не відхиляються за критерієм Пірсона, якщо виконується наступна нерівність:

$$T \leq \chi_{\text{табл}}, \quad (5)$$

де  $\chi_{\text{табл}}$  – табличне значення критерію Пірсона для числа ступенів свободи  $(k - m_n - 1)$  і рівня значимості  $\alpha$  (прийнятий на рівні  $\alpha = 0,05$ ) [7].

## Результати

Результати перевірки гіпотез про розподіл випадкових величин параметрів попиту на послуги транспортного вузла представлені в табл. 2.

Таблиця 2

### Результати перевірки статистичних гіпотез про закони розподілу параметрів потоку заявок

Характеристика	Обсяг партії вантажу	Інтервал надходження заявки
Закон розподілу	нормальний	експонентний
Фронт розвантаження автомобілів		
Кількість ступенів свободи	19	20
Критеріальна статистика	20,8792	23,1012
Табличне значення критерію Пірсона	30,1435	31,4104
Фронт розвантаження залізничних вагонів		
Кількість ступенів свободи	18	19
Критеріальна статистика	21,9990	15,4989
Табличне значення критерію Пірсона	28,8693	30,1435
Фронт навантаження річкових суден		
Кількість ступенів свободи	13	14
Критеріальна статистика	5,2561	11,7408
Табличне значення критерію Пірсона	22,3620	23,6848

Оскільки для кожного з параметрів потоку заявок нерівність (5) виконується, то можна вважати, що висунуті гіпотези не відхиляються.

### Наукова новизна та практична значимість

В роботі набув подальшого розвитку підхід до дослідження параметрів транспортного попиту, як параметрів потоку заявок на транспортне обслуговування, який відрізняється від існуючих тим, що оцінку параметрів попиту на складування та переробку вантажів у транспортному вузлі пропонується проводити на підставі величин обсягу партії вантажу і інтервалу надходження заявок. Отримані результати можуть використовуватись для моделювання попиту при вирішенні широкого кола практи-

чних задач управління роботою мультимодальних транспортних вузлів.

### Висновки

Проведені на базі Дніпропетровського річкового порту дослідження параметрів попиту на послуги транспортного вузла показали, що обсяг партії вантажу для заявок є нормально розподіленою величиною, а інтервал надходження заявок у потоці має експонентний розподіл не залежно від виду транспорту в потоці заявок. Отримані чисельні характеристики випадкових величин параметрів попиту є вихідними даними для розробки плану експериментальних досліджень з визначення залежностей критерію ефективності від чисельних характеристик вхідних параметрів.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Наумов, В. С. Основы повышения эффективности экспедиционного обслуживания на автомобильном транспорте : Монография / В. С. Наумов – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 144 с.
2. Нагорний, С. В. Аналіз теоретичних підходів до вдосконалення логістичного управління в транспортних вузлах / С. В. Нагорний, В. С. Наумов, Т. О. Омельченко, Я. В. Литвинова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Вып. 4/4(64). – С. 61–64.

3. Наумов, В. С. Оценка спроса на транспортно-экспедиционные услуги / В. С. Наумов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – № 4 (146). – С. 201–206.

4. Іванченко, А. В. Дослідження попиту на перевезення вантажів у напрямку Україна – Білорусь / А. В. Іванченко // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 4. – С. 40–43.

5. Нагорний, С. В. Системний підхід до оптимізації процесів логістичного управління в транспортних вузлах / С. В. Нагорний, В. С. Наумов, Я. В. Литвинова // Залізничний транспорт України. – 2014. – № 3(106). – С. 46–51.

6. Укррічфлот. Офіційна Інтернет-сторінка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrrichflot.ua>

7. Минько, А. А. Статистический анализ в MS Excel / А. А. Минько. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 448 с.

8. Хастингс, Н. Справочник по статистическим распределениям : Пер. с англ. / Н. Хастингс, Дж. Пикок. – Москва : Статистика, 1980. – 95 с.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н. проф. Наумовим В. С. (Україна)*

Надійшла до редколегії 20.10.2015.

Прийнята до друку 21.10.2015.

Я. В. ЛИТВИНОВА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПРОСА НА СКЛАДИРОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКУ ГРУЗОВ В ТРАНСПОРТНОМ УЗЛЕ

**Цель.** Целью исследования является изучение параметров спроса на складирование и переработку грузов в транспортном узле. В рамках работы рассматривается транспортный узел Днепропетровского речного порта, в котором осуществляются технологические процессы взаимодействия трех видов транспорта – речного, железнодорожного и автомобильного. **Методика.** Исследования проведены на базе зернового элеватора, функционирующего на первом причале грузового района «Амур-Гавань» Днепропетровского речного порта. Исследования параметров спроса для входящего и исходящего материальных потоков проведено для фронтов грузовых работ (фронтов разгрузки для железнодорожного и автомобильного транспорта, а также фронта погрузки для речного транспорта) в период навигации 2014 года. Проверка гипотез о распределении параметров потока заявок проведена с использованием критерия Пирсона. **Результаты.** Проведенные исследования параметров спроса на услуги транспортного узла показали, что объем партии груза для заявок является нормально распределенной величиной, а интервал поступления заявок в потоке имеет экспоненциальное распределение не зависимо от вида транспорта в потоке заявок. **Научная новизна.** В работе получил дальнейшее развитие подход к исследованию параметров транспортного спроса, как параметров потока заявок на транспортное обслуживание, который отличается от существующих тем, что оценку параметров спроса на складирование и переработку грузов в транспортном узле предлагается проводить на основании пары случайных величин – объема партии груза и интервала поступления заявок. **Практическая значимость.** Полученные результаты могут использоваться для моделирования спроса при решении широкого круга практических задач управления работой мультимодальных транспортных узлов.

*Ключевые слова:* транспортный узел, параметры спроса, поток заявок.

## **STUDY PARAMETERS OF DEMAND ON WAREHOUSING AND CARGO HANDLING SERVICES OF TRANSPORT NODE**

**Purpose.** The research purpose is to investigate parameters of demand on warehousing and cargo processing services in a transport node. Within the framework of the research a transport node of Dnepropetrovsk River Port is considered, where technological processes of three types of transport (river, railroad and road) are implemented. **Methodology.** Research was held on the base of grain elevator, which operated on the first berth of the “Amur-Havan” load area of Dnepropetrovsk River Port. Studies of demand parameters for inbound and outbound material flows were held for loading areas (unloading areas of railroad and road transport and loading area of river transport as well) in the navigation period in 2014. Testing hypotheses about the distribution of the parameters of requests flow was carried out with the use of Pearson test. **Findings.** Carried out studies of parameters of demand on services of transport node showed, that the shipment volume for requests was normally distributed variable, and interval between requests in a flow had exponential distribution regardless of the transport mode in requests flow. **Originality.** In the research its further development an approach obtained, that investigates parameters of transport demand as parameters of a flow of requests on transport services. This approach differs from existing ones with estimation of parameters of demand on warehousing and cargo processing in transport node on the base of a couple of stochastic values – the shipment volume and interval between requests in a flow. **Practical value.** Obtained results could be used for simulations of demand while solving of a wide range of practical problems in management of multimodal transport nodes functioning.

*Keywords:* transport node, demand parameters, requests flow.