

УДК 656.135.8

Г.Ф.Бабушкін, О.Ф.Кузькін, Д.Я.Муковська

Запорізький національний технічний університет

## СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПОТОКІВ ВИМОГ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАВОДСЬКИМ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

*В роботі проведений статистичний аналіз потоків вимог на перевезення власним парком автомобільного транспорту на металургійному підприємстві ВАТ «Запоріжсталь». Встановлений характер і закони розподілу випадкових величин добової кількості замовлень, відмов у обслуговуванні, відстані перевезень і маси вантажних партій.*

**Вступ.** Визначення чисельності та структури власного парку автомобільних транспортних засобів на промислових підприємствах є однією з найбільш важливих задач, оптимальне рішення якої дозволяє суттєво зменшити витрати на транспортне забезпечення процесів основного і допоміжного виробництва і збуту готової продукції підприємства. Вихідними даними для рішення задачі є умови формування попиту на перевезення, провізні спроможності транспортних засобів та управління їх використанням [1]. У статті виконано аналіз структури власного парку автомобілів, форм його використання та статистичний аналіз потоків вимог на перевезення для умов металургійного підприємства ВАТ «Запоріжсталь».

**Аналіз останніх досліджень та постановка задачі.** Джерелами вимог на перевезення на промислового підприємстві є його виробничі підрозділи (цехи, відділи, служби). Парк власних автомобільних транспортних засобів підприємства зазвичай сконцентрований у його спеціалізованому транспортному підрозділі — автотранспортному цеху. До функцій останнього відноситься належне утримання, ремонт, технічне обслуговування транспортних засобів, виділення транспорту у відповідності до вимог виробничих підрозділів, планування, облік і контроль його роботи. В сучасних ринкових умовах для задоволення попиту на перевезення підприємство може використовувати як парк власних транспортних засобів, так і залучати для перевезення транспортні засоби провайдерів транспортно-експедиторських послуг з метою мінімізації витрат на транспортування. Підхід, пов'язаний з повним або частковим аутсорсінгом транспортних послуг може бути зведений до класичної виробничої проблеми «take or buy» («виготовити або придбати») [2, 3]. Рішення полягає у пошуку точки рівноваги, у якій досягаються рівні транспортні витрати для умов перевезень власним парком автомобілів і найманим за заданим попитом на перевезення. Складність у визначенні точки рівноваги полягає передусім у стохастичному характері потоку вимог на перевезення. Задача оптимізації структури парку автомобільних транспортних засобів для автотранспортної фірми в умовах стохастичного характеру попиту на перевезення вирішена у [4]. Запропонована модель включає оцінку ризиків без можливості залучення сторонніх транспортних ресурсів і у якості критерію оптимальності використовує максимізацію прибутку автотранспортної фірми. Як показано у роботі, імовірнісні характеристики потоку вимог на перевезення суттєво визначають кількісний і якісний склад парку рухомого складу. Таким чином, характеристики і властивості потоку вимог на перевезення є важливими і суттєвими для розрахунку оптимального співвідношення обсягів задоволених вимог на перевезення власним і найманим парком. Невирішеними задачами при цьому є врахування достовірності попиту на перевезення і надійності надання транспортних послуг власним і найманим парками транспортних засобів. У даній статті проведений статистичний аналіз потоків вимог на перевезення власним автомобільним транспортом металургійного підприємства ВАТ «Запоріжсталь».

### Основна частина.

Власний парк автомобільних транспортних засобів ВАТ «Запоріжсталь» сконцентрований у його автотранспортному цеху (АТЦ). Структурно АТЦ поділяється на чотири автомобільні колони. У першій вантажній колоні налічується 213 дорожніх автомобілів, з яких: універсальні бортові автомобілі — 61 од., спеціалізовані (самоскиди, тягачі, фургони) — 115 од., спеціальні (автокрани, автопідйомники, цистерни, пожежні автомобілі) — 31 од.

На підприємстві існують три форми використання автомобілів власного парку:

1) автомобілі, закріплені за виробничими підрозділами (цехами) з постійним обсягом вимог на перевезення — 26 автомобілів (приблизно 12% парку колони). Для виділення транспорту за

цією формою виробничі підрозділи заздалегідь подають у автотранспортний цех письмову заявку на місяць до першого числа місяця, на який замовляється транспорт;

2) автомобілі, передані у користування виробничим підрозділам (цехам) на засадах внутрішньої оренди — 39 автомобілів (приблизно 18% парку колони). За цією формою транспорт виділяється виробничим підрозділам на один рік на підставі письмової заявки;

3) автомобілі, призначені для задоволення попиту на перевезення за разовими вимогами виробничих підрозділів (цехів) — 148 автомобілів (приблизно 70% парку колони). Письмова заявка на виділення транспорту подається до 12 години дня, передуючого дню виконання перевезення. У заявці зазначається місце і час подачі автомобіля, тип автомобіля, маршрут руху, найменування, маса і габаритні розміри вантажу. Заявка задовольняється виділенням автомобілів з числа технічно готових. Зазначимо також, що деякі заявки залишаються нереалізованими (невиконаними) через відмову від перевезення виробничих підрозділів чи через нестачу необхідних автомобілів у парку. Крім того, враховуючи специфіку виробництва, існує практика подання оперативних замовлень, тому кількість виділеного транспорту може перевищувати кількість, замовлену у заявці. Таким чином, ця частина парку автомобільної колони працює в умовах стохастичного попиту на перевезення. Випадковими величинами є потік вимог на виділення автомобілів, відстань перевезень, спеціалізація рухомого складу, маса і розміри вантажних партій.

*Аналіз потоків вимог на виділення автомобілів.* На рис. 1 наведені динамічні ряди потоків вимог на виділення універсальних вантажних автомобілів  $z_a(t)$  і самоскидів  $z_c(t)$  від виробничих підрозділів ВАТ «Запоріжсталь» на протязі  $n = 44$  послідовних робочих днів листопада-грудня 2011 року.

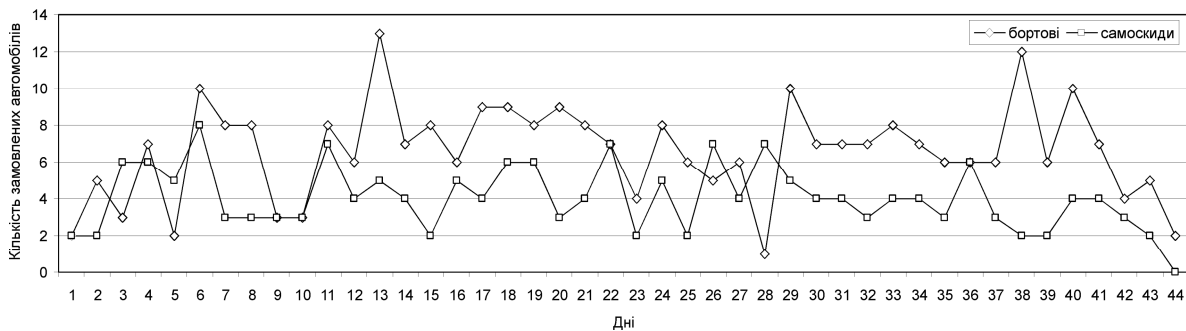


Рис. 1. Динамічний ряд потоку вимог на перевезення від виробничих підрозділів

Зовнішній вигляд динамічних рядів потоків вимог на виділення автомобілів виробничим підрозділам та безпосередня перевірка за непараметричним критерієм Фостера-Стюарта [5] підтверджують висунуту гіпотезу про їх стаціонарність. Оскільки вимоги на виділення автомобілів надходять від багатьох джерел (виробничих підрозділів) незалежно одна від одної, то, враховуючи стаціонарність потоку вимог, можна висунути гіпотезу про розподіл випадкових величин  $z_a$  та  $z_c$  за законом Пуассона. Статистичні характеристики динамічних рядів і результати перевірки гіпотези про закон розподілу за критерієм  $\chi^2$  на рівні значимості  $\alpha = 0,05$  наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Статистичні характеристики потоків вимог на виділення автомобілів

Характеристика	Значення для динамічного ряду	
	$z_a$	$z_c$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1. Математичне очікування	6,56	4,05
2. Дисперсія	6,86	3,10
3. Стандартне відхилення	2,62	1,76
4. Емпіричне значення критерію $\chi^2$	3,91	1,40
5. Критичне значення критерію $\chi^2$	9,50	7,80

Таким чином, можна стверджувати, що потоки вимог на виділення універсальних бортових автомобілів і самоскидів в умовах ВАТ «Запоріжсталь» є найпростішими (стаціонарними Пуассонівськими) потоками. На рис. 2 наведені полігони емпіричних і теоретичних частот досліджуваних дискретних випадкових величин.

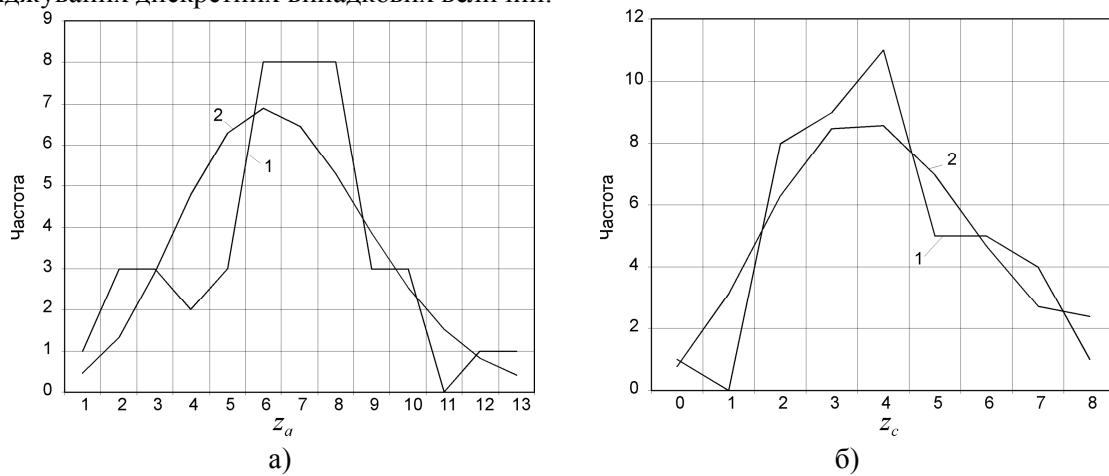


Рис. 2. Розподіли кількості вимог на виділення універсальних бортових автомобілів (а) і автомобілів-самоскидів (б) АТЦ ВАТ «Запоріжсталь»: 1 – дані спостережень, 2 – розподіл Пуассона

*Аналіз потоків відмов у виділенні автомобілів.* Нехай  $z_t$  — кількість автомобілів, замовлена на день  $t$ ,  $z'_t$  — кількість автомобілів, фактично виділених у день  $t$ . Розглянемо динамічний ряд  $Z(t)$ , значення рівнів якого визначаються виразом

$$Z_t = \begin{cases} z_t - z'_t, & \text{при } z_t - z'_t > 0, \\ 0, & \text{при } z_t - z'_t \leq 0. \end{cases} \quad (1)$$

Величина  $Z = \{Z_t\}$  характеризує потік відмов у виділенні автомобілів, її значення відповідає кількості автомобілів, які не були виділені для перевезень у відповідності до поданих вимог. Полігони емпіричних і теоретичних пуассонівських частот величин  $Z_a$  (універсальні бортові автомобілі) та  $Z_c$  (автомобілі-самоскиди) наведені на рис. 3., а їх статистичні характеристики наведені у табл. 2.

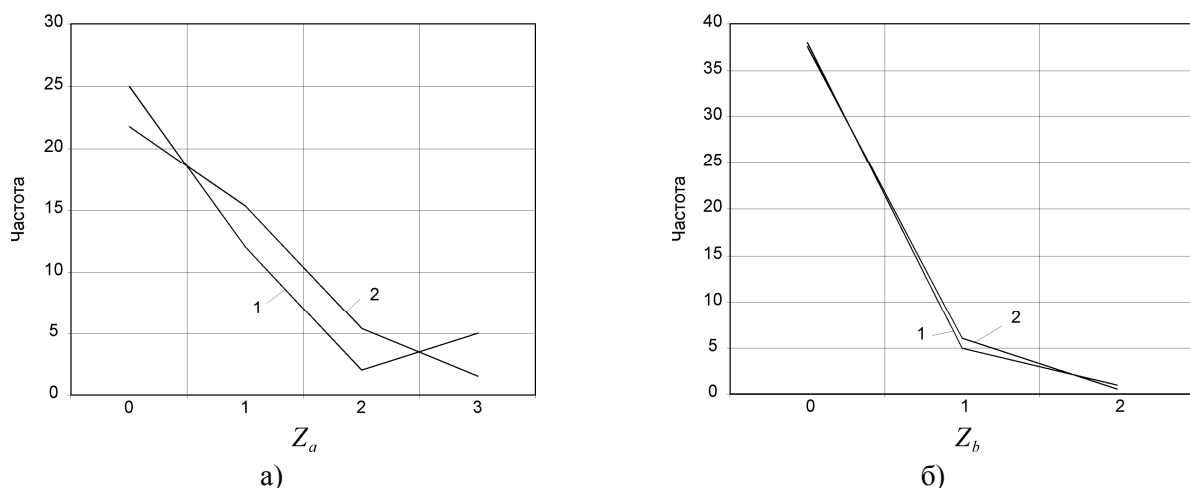


Рис. 3. Розподіли відмов у виділенні універсальних бортових автомобілів (а) і автомобілів-самоскидів (б) АТЦ ВАТ «Запоріжсталь»: 1 – дані спостережень, 2 – розподіл Пуассона

Таблиця 2

## Статистичні характеристики потоків відмов у виділенні автомобілів

Характеристика	Значення для величини	
	$Z_a$	$Z_c$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1. Математичне очікування	0,705	0,159
2. Дисперсія	1,004	0,183
3. Стандартне відхилення	1,002	0,428
4. Емпіричне значення критерію $\chi^2$	1,207	–
5. Критичне значення критерію $\chi^2$	3,800	–

Таким чином, аналіз потоків відмов у виділенні автомобілів показує, що вони також є найпростішими.

*Аналіз відстані перевезень вантажів.* Всі перевезення в залежності від відстані транспортування можна поділити на дві групи: 1) виконувани на об'єктах, розташованих у межах міста (включаючи перевезення у межах промислового майданчику підприємства) та 2) виконувани на об'єктах, розташованих за межами міста. Позначимо як  $L_m$  та  $L_z$  випадкові величини відстані транспортування для перевезень першої та другої груп відповідно. Гістограми розподілів цих випадкових величин для типів рухомого складу наведені на рис. 4, а статистичні характеристики і закони їх розподілу наведені у табл. 3.

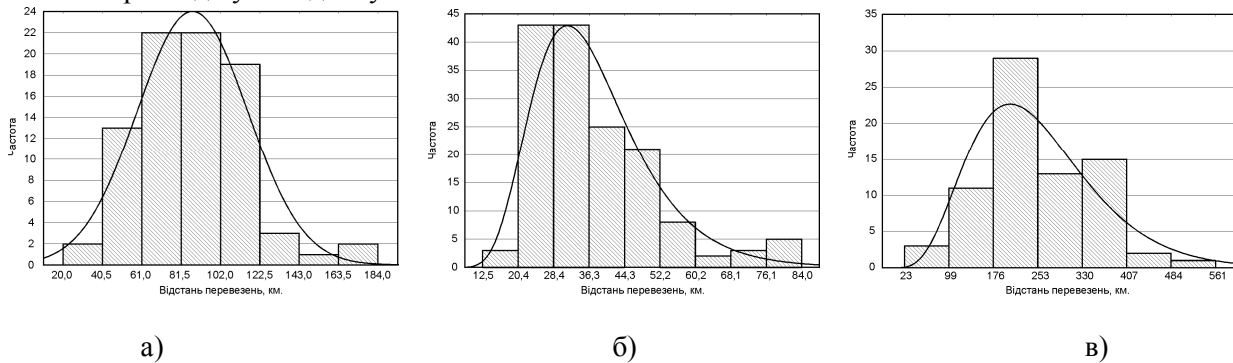


Рис. 4. Гістограми і криві теоретичних розподілів відстані перевезень автомобілями АТЦ ВАТ «Запоріжсталь»: а – бортових автомобілів на перевезеннях групи 1; б – самоскидів на перевезеннях групи 1; в – бортових автомобілів на перевезеннях групи 2

Таблиця 3

## Статистичні характеристики і закони розподілу відстані перевезень

Характеристика	Значення для величин		
	$L_m$ (бортові, група 1)	$L_m$ (самоскиди, група 1)	$L_z$ (бортові, група 2)
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Математичне очікування	43,26	37,41	251,31
2. Стандартне відхилення	14,33	13,96	98,96
3. Закон розподілу	нормальний	логнормальний	логнормальний
4. Емпіричне значення критерію $\chi^2$	5,99	6,86	7,74
5. Теоретичне значення критерію $\chi^2$	6,00	7,80	7,80

*Аналіз маси вантажних партій.* Маса вантажних партій, що пред'являються до перевезення виробничими підрозділами, зазначаються у заявці та визначаються відправниками вантажу. У табл. 4 наведені результати статистичного аналізу маси вантажних партій  $g_a$  та  $g_c$ , пред'явлених до перевезення відповідно з використанням бортових автомобілів і самоскидів, а на рис. 4 — гістограми їх емпіричного і теоретичного розподілів.

Статистичні характеристики і закони розподілу маси вантажних партій

Характеристика	Значення для величини	
	$g_a$	$g_c$
1	2	3
1. Математичне очікування	11,38	16,30
2. Стандартне відхилення	16,60	21,50
3. Закон розподілу	експоненціальний	експоненціальний
4. Емпіричне значення критерію $\chi^2$	7,34	7,72
5. Критичне значення критерію $\chi^2$	7,80	7,80

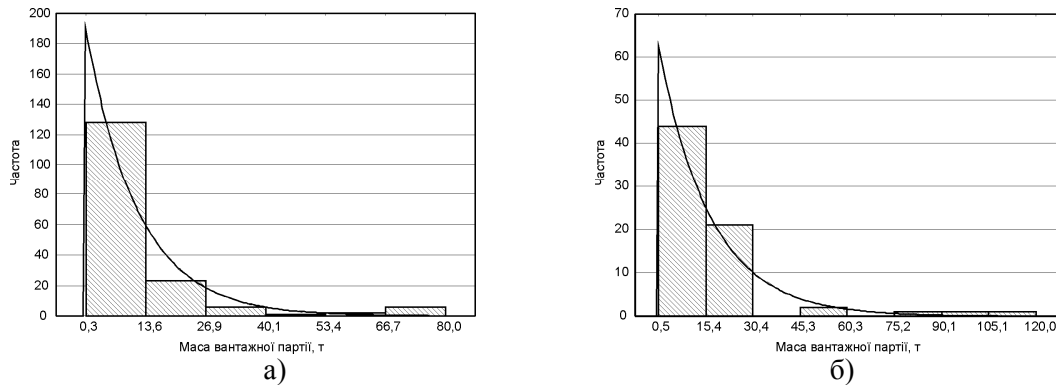


Рис. 5. Гістограми і криві теоретичних розподілів маси вантажних партій, що пред'являються до перевезення автомобілями АТЦ ВАТ «Запоріжсталь»: а – універсальними бортовими автомобілями, б – самоскидами

### Висновки

Статистичний аналіз потоків вимог на перевезення в умовах автотранспортного цеху металургійного підприємства ВАТ «Запоріжсталь» показав, що вони є стаціонарними пуассонівськими, при цьому потік відмов від виділення рухомого складу для перевезень також є найпростішим. Встановлено закони розподілу випадкових величин відстані перевезення вантажу та маси вантажних партій, що пред'являються до перевезення власним парком рухомого складу металургійного підприємства, серед яких нормальний, логарифмічно нормальний та експоненціальний розподіли.

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А.И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986.– 447 с.
2. Djurdjica S. Transport fleet sizing by using Make and buy decision-making / S. Djurdjica, S. Nikoličić, M. Miličić // Economic Annals. — 2011. — №190. — P. 77–102.
3. Рославцев, Д.М. формування структури автопарку функціонального підрозділу підприємства [Текст] / Д.М. Рославцев, В.А. Бурма // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2011. — №1/3(49). — С. 30–32.
4. Наумов, В.С. Формування раціональної структури автопарку в умовах випадкових характеристик потоку заявок на перевезення вантажів : дис... канд. техн. наук : 05.22.01 / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. — Х., 2006. — 185 с.
5. Лашених, О.А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем [Текст] / О.А. Лашених, О.Ф. Кузькін, С.В. Грицай. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. — 420 с.