

УДК 656.[95+136]

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СТРАТЕГІЙ ПЕРЕВІЗНИКІВ З ОБСЛУГОВУВАННЯ РАЗОВИХ ЗАМОВЛЕНЬ НА МІЖМІСЬКІ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯ

П.Ф. Горбачов, проф., д.т.н., І.С. Наглюк, доц., д.т.н.,
О.В. Макарічев, доц., д.ф.-м.н., Н.В. Мосьпан, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглядаються стратегії поведінки перевізника у процесі обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні. Запропоновано підхід до визначення прибутку перевізника за оборотний рейс маятникового міжміського маршруту залежно від наявності або відсутності замовлення в пункті зворотного завантаження та потреби на його очікування.

Ключові слова: разове замовлення, маятниковий маршрут, ймовірність, інтенсивність, час очікування, прибуток.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЙ ПЕРЕВОЗЧИКОВ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ РАЗОВЫХ ЗАЯВОК НА МЕЖДУГОРОДНЫЕ ГРУЗОПЕРЕВОЗКИ

П.Ф. Горбачев, проф., д.т.н., И.С. Наглюк, доц., д.т.н.,
А.В. Макаричев, доц., д.ф.-м.н., Н.В. Мосьпан, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Рассматриваются стратегии поведения перевозчиков в процессе обслуживания разовых заявок на перевозку грузов в междугородном сообщении. Предложен подход к определению прибыли перевозчика за оборотный рейс маятникового междугородного маршрута в зависимости от наличия или отсутствия заявки в пункте обратной загрузки и потребности в её ожидании.

Ключевые слова: разовая заявка, маятниковый маршрут, вероятность, интенсивность, время ожидания, прибыль.

EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF CARRIER'S STRATEGIES IN SINGLE INTERCITY FREIGHTAGE ORDERS SERVICE

P. Gorbachov, Prof., D. Sc. (Eng.), I. Nahlyuk, Assoc. Prof., D. Sc. (Eng.),
A. Makarichev, Assoc. Prof., D. Sc. (Phys. & Math.), N. Mospan, P. G.,
Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract. In the dependences used for determining the carrier's profit while using different strategies of behavior on the market of transport services it is taken into account the probability of availability or lack of the order at the point of return loading as well as the time of its anticipation.

Key words: single freightage, pendulum route, strategy, intensity, probability, waiting time, profit.

Вступ

В умовах динамічного розвитку ринкової кон'юнктури, що характеризується, головним чином, рівнем попиту і пропозиції, існує потреба у впровадженні в систему управлін-

ня доходами будь-якого підприємства нових оптимізаційних методів. Одним з найголовніших підходів до оптимізації функціонування автотранспортного підприємства є розробка та використання теоретично обґрунто-

ваних стратегій поведінки перевізників на ринку транспортних послуг.

Метою функціонування будь-якого транспортного підприємства є максимізація прибутку. У випадку обслуговування замовлення на міжміське вантажоперевезення, що має разовий характер [1], дохід перевізника за оборотний рейс міжміського маршруту залежить не лише від прибутку, отриманого за виконання замовлення у прямому напрямку, а й від прибуткової сторони виконання зворотного рейсу. Варто зазначити, що під час обслуговування разових замовлень ситуація зі зворотним завантаженням транспортних засобів ускладнюється випадковою складовою наявності замовлення на перевезення вантажу в пункті зворотного завантаження в напрямку, що цікавить перевізника. Відсутність такого замовлення ставить перед перевізником питання доцільності його очікування. Розробка теоретичного підґрунтя формування стратегій перевізників з обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні є актуальним завданням, вирішення якого дозволить перевізникам зайняти вигідну позицію на ринку транспортних послуг.

Аналіз публікацій

Функціонування ринку міжміських вантажоперевезень є предметом досліджень багатьох вчених. У роботах [2–3] процес перевезення вантажів у міжміському сполученні розглядається за допомогою використання математичного апарату нечіткої логіки. Особлива увага приділяється вирішенню питання маршрутизації вантажних транспортних засобів із причепами та напівпричепами, проте особливості обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення не враховуються у пропонувані моделі.

Автори робіт [4–5] під час дослідження організації перевезень вантажів за разовими замовленнями у міжміському сполученні підкреслюють необхідність визначення особливостей формування попиту на послуги автотранспортних підприємств і пропонують різноманітні математичні моделі для їх визначення. Проте оцінка прибуткової сторони міжміського вантажоперевезення в цих роботах надається лише для прямого напрямку перевезення. Фінансові витрати, що виникають в автотранспортних підприємств під час прибуття до пункту призначення, пов'язані зі

зберіганням автомобіля поза базовим підприємством та виплатою водієві коштів на відрахування, не розглядаються в рамках вказаних досліджень.

Робота [6] присвячена вирішенню питання організації руху транспортних засобів без вантажу. Акцент розглянутих в [6] залежностей знову ставиться на прогнозних можливостях моделей попиту на послуги автотранспортних підприємств. Жодних рекомендацій щодо стратегій поведінки перевізників під час прибуття в пункт призначення, в якому немає замовлення на перевезення вантажу в напрямку, що цікавить перевізника для виконання зворотного рейсу, не надається.

Актуальність питання визначення прибутку автотранспортних підприємств під час виконання замовлення на міжміське перевезення вантажу, як одного з головних критеріїв вибору моделі поведінки перевізників у ринкових умовах, доводиться в роботах [7, 8]. Однак запропоновані залежності визначення прибутку не можуть бути використані транспортним підприємством під час планування міжміського перевезення у зворотному напрямку.

Слід зазначити, що в жодній з розглянутих робіт, не запропоновано комплексного підходу до визначення прибутку від виконання разового замовлення на перевезення вантажу у міжміському сполученні за оборотний рейс. Така ситуація унеможливує досягнення істотного прогресу в плануванні діяльності автотранспортних підприємств, що обслуговують сегмент разових замовлень ринку міжміських вантажних перевезень.

Мета і постановка завдання

Метою статті є оцінка ефективності стратегій перевізника з обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні залежно від величини отриманого прибутку за оборотний рейс маятникового маршруту. У рамках дослідження розглядається саме маятниковий маршрут, оскільки він є найпростішим варіантом роботи автомобілів під час виконання міжміських вантажоперевезень, дослідження якого створює основу для подальшого уточнення моделі. Під час обслуговування разового замовлення на маятниковому міжміському маршруті автомобіль здійснює перевезення вантажів між

двома пунктами: i та j . Інформування перевізників про разові потреби вантажовласників у міжміському перевезенні здійснюється через різноманітні джерела, найпоширенішими з яких на сьогодні є спеціалізовані логістичні сайти. У роботі вважається, що в момент надходження замовлення на перевезення вантажу на нього претендує деяка множина автомобілів, які в змозі та мають бажання виконати це перевезення. При цьому жоден з них не має переваг перед іншими претендентами, а тому всі вони мають рівну ймовірність отримання замовлення.

Як правило, під час виконання міжміських перевезень перевізник має разове замовлення лише для i -го пункту. Опинившись в j -му пункті, автомобіль може деякий час простоювати в очікуванні замовлення на перевезення вантажу у зворотному напрямку. Залежно від наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажу в j -му пункті, а також тривалості очікування завантаження у зворотному напрямку, перевізник може обрати різні стратегії поведінки з обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні.

Перша стратегія полягає в тому, що перевізник, прибувши в пункт призначення, не витрачає часу на очікування замовлення на перевезення вантажу у зворотному напрямку. Він повертається з пункту j до пункту i або з вантажем, або без нього, залежно від того, чи було отримане ним замовлення на зворотне завантаження під час доставки вантажу у прямому напрямку.

Друга стратегія полягає в тому, що перевізник, прибувши в пункт призначення, очікує замовлення на перевезення вантажу у зворотному напрямку деякий час – не більше заздалегідь визначеного часу T . Не отримавши замовлення на зворотне завантаження за час T , він повертається до пункту i порожнім.

Третьою стратегією поведінки є випадок, коли перевізник, прибувши в пункт призначення, очікує замовлення на перевезення вантажу до моменту його отримання без обмеження у часі.

У цієї задачі відомими детермінованими величинами є пробіг між пунктами i та j , тариф на перевезення вантажів, питомі витрати, пов'язані з перевезенням вантажу та порож-

нім пробігом, а також вартість простою в очікуванні замовлення в пункті зворотного завантаження.

Невідомими випадковими величинами для всіх трьох стратегій є ймовірність наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажу в пункті зворотного завантаження, а також час на його очікування для другої та третьої стратегій.

Оскільки ймовірність наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажу в j -му пункті та тривалість простою в очікуванні замовлення на перевезення вантажу є випадковими величинами, для їх оцінки необхідно використовувати ймовірнісні характеристики процесів, що розглядаються. Отримати ці оцінки в першому наближенні можна за рахунок припущення про стаціонарність потоків замовлень у робочий час доби.

За умов високої конкуренції на ринку вантажоперевезень існує ситуація, пов'язан з перенасиченістю ринку вантажними автомобілями. Виходячи з цього, в рамках дослідження розглядається ситуація, коли середня кількість заявлених до виконання замовлень на перевезення вантажів є меншою, ніж середня кількість вантажних автомобілів, що їх виконують.

Надання стаціонарної оцінки ймовірності наявності та відсутності замовлення на перевезення вантажу в пункті зворотного завантаження, а також часу на його очікування, здійснюється за рахунок припущення щодо знаходження в j -му пункті рівно n автомобілів.

Окрім цього, оскільки інтенсивність надходження вантажних автомобілів перевищує інтенсивність надходження замовлень на перевезення вантажів i , при використанні перевізником третьої стратегії час очікування замовлення на перевезення вантажу не обмежений, в рамках дослідження для розрахунку стаціонарних характеристик розглянутих процесів вводиться обмеження на кількість автомобілів, що знаходяться в пункті зворотного завантаження.

Варто зазначити, що автомобіль вважається готовим до виконання разового замовлення з моменту закінчення ним попереднього перевезення. У випадку відсутності автомобілів

на момент надходження замовлення на перевезення вантажів, вважається, що воно дістається деякому іншому автомобілю його виконання, а не тому, для якого визначається прибуток за оборотний рейс.

Таким чином, аналітичний опис стаціонарної ймовірності наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажу в пункті зворотного завантаження, а також часу на його очікування, дозволить визначити прибуток для кожної з розглянутих моделей поведінки перевізника під час обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів та використовувати отримані залежності як керуючий параметр (орієнтир) при виборі стратегії поведінки перевізника на ринку транспортних послуг.

Теоретичні основи визначення прибутку за оборотний рейс на міжміському маятниковому маршруті

При визначенні головного показника фінансових результатів діяльності автотранспортного підприємства за оборотний рейс маятникового міжміського маршруту обов'язковим є урахування прибуткової й витратної сторін перевезення як для прямого, так і для зворотного напрямку, а також ймовірності наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажів у пункті зворотного завантаження. Виходячи з цього, загальний вигляд прибутку Π_{ij} від виконання маятникового міжміського маршруту за оборотний рейс можна подати таким чином

$$\begin{aligned} \Pi_{ij} = & l_{ij} \cdot (g_{ij} - c_{ij}) - r_j \cdot t + \\ & + P_1 \cdot l_{ji} \cdot (g_{ji} - c_{ji}) - P_0 \cdot l_{ji} \cdot c'_{ji}, \end{aligned} \quad (1)$$

де l_{ij} , l_{ji} – пробіг автомобіля між i -м і j -м пунктами, км; g_{ij} , g_{ji} – тариф на перевезення вантажів між i -м і j -м пунктами, грн/км; c_{ij} , c'_{ji} – витрати, пов'язані з виконанням вантажної або порожньої їздки між i -м і j -м пунктами, грн/км; r_j – вартість простою в очікуванні зворотного завантаження з j -го пункту, грн/добу; t – час очікування замовлення на перевезення вантажу з j -го пункту, діб; P_1, P_0 – ймовірність наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажів для j -го пункту відповідно.

Залежно від наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажу в пункті зворотного завантаження та часу на його очікування відповідно до різних варіантів стратегій перевізника, що розглядаються в рамках дослідження, вигляд математичної моделі прибутку змінюється для кожного з них.

Так, при використанні першої стратегії, за умов відсутності потреби в очікуванні замовлення ($t = 0$), з урахуванням ймовірності наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажу в j -му пункті, прибуток перевізника дорівнюватиме Π_1

$$\begin{aligned} \Pi_1 = & l_{ij} \cdot (g_{ij} - c_{ij}) + P'_1 \cdot l_{ji} \cdot (g_{ji} - c_{ji}) - \\ & - P'_0 \cdot l_{ji} \cdot c'_{ji}, \end{aligned} \quad (2)$$

де P'_1, P'_0 – відповідно ймовірність наявності та відсутності замовлення на перевезення вантажів в j -му пункті при використанні першої стратегії.

Визначальними параметрами для розрахунку ймовірності наявності P'_1 або відсутності P'_0 замовлення на перевезення вантажів для j -го пункту, за відсутності потреби в очікуванні замовлення, є інтенсивність надходження замовлень на перевезення вантажів та інтенсивність надходження вантажних автомобілів, тобто

$$P'_1 = \frac{\lambda}{\mu}, \quad P'_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - P'_1, \quad (3)$$

де λ – інтенсивність надходження замовлень на перевезення вантажів, од./добу; μ – інтенсивність надходження вантажних автомобілів, од./добу.

При використанні другої стратегії, коли перевізник, прибувши в пункт призначення, отримує або не отримує замовлення на перевезення вантажу у зворотному напрямку, очікуючи його до певного моменту, що не перевищує часу T , величина прибутку маятникового міжміського маршруту за оборотний рейс дорівнює Π_2 .

$$\begin{aligned} \Pi_2 = & l_{ij} \cdot (g_{ij} - c_{ij}) - r_j \cdot t + \\ & + P''_1 \cdot l_{ji} \cdot (g_{ji} - c_{ji}) - P''_0 \cdot l_{ji} \cdot c'_{ji}, \end{aligned} \quad (4)$$

де P_1'' , P_0'' – відповідно ймовірність наявності або відсутності замовлення на перевезення вантажів в j -му пункті при використанні другої стратегії.

Ймовірність наявності P_1'' замовлення на перевезення вантажів для j -го пункту в ситуації, коли перевізник очікує замовлення до певного моменту, що не перевищує часу T , розраховується таким чином

$$P_1'' = \frac{\frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{1 - P_0^a}{P_0^a} \right)}{\frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{1 - P_0^a}{P_0^a} \right) + \frac{1}{\mu} \cdot \left(\frac{1 - P_0^a}{P_0^a} \right) + \frac{1}{\lambda + \mu \cdot [1 - \exp(-\lambda T)]}}, \quad (5)$$

де P_0^a – ймовірність відсутності автомобілів, за умови відсутності черги замовлень на перевезення вантажів; P_0^b – ймовірність відсутності замовлень на перевезення вантажів, за умови відсутності черги автомобілів; T – максимальний час очікування замовлення на перевезення вантажу, діб.

Ймовірність відсутності автомобілів P_0^a , за умови відсутності черги замовлень на перевезення вантажів, визначається за залежністю

$$P_0^a = \left(1 + \sum_{r=1}^R \left\{ \left(\frac{\mu}{\lambda} \right)^r \cdot \prod_{k=1}^r \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{k} \right) \right] \right\} \right)^{-1}, \quad (6)$$

де R – максимальна кількість автомобілів, що можуть знаходитись у пункті розвантаження.

Виходячи з цього, ймовірність відсутності замовлень на перевезення вантажів P_0^b , за умови відсутності черги автомобілів, дорівнює

$$P_0^b = 1 - \frac{\lambda}{\mu}. \quad (7)$$

Ймовірність відсутності замовлення на перевезення вантажів в j -му пункті для другої ситуації розраховується аналогічно першому випадку.

$$P_0'' = 1 - P_1''. \quad (8)$$

Слід відмітити, що використання другої стратегії поведінки перевізником можливе за

наявності деякої черги автомобілів і невисоких шансів на отримання замовлення на перевезення вантажів у пункті зворотного завантаження.

Оскільки перевізник очікує замовлення на перевезення вантажу деякий час, що не перевищує часу T , то за обраного припущення щодо знаходження в j -му пункті рівно n автомобілів, умовна функція розподілу часу очікування $F_n(t)$ стає усіченою показниковою з параметром $\frac{\lambda}{n}$ та має такий вигляд

$$F_n(t) = \begin{cases} 1 - \exp\left(-\frac{\lambda t}{n}\right), & t \leq T; \\ 1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{n}\right), & t > T, \end{cases} \quad (9)$$

де n – кількість автомобілів у пункті зворотного завантаження, од.

Виходячи з цього, щільність розподілу часу очікування $f_r(t)$, при його обмеженні до T , дорівнює

$$f_n(t) = \begin{cases} \frac{\lambda}{n} \cdot \exp\left(-\frac{\lambda t}{n}\right), & t \leq T; \\ 1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{n}\right), & t > T. \end{cases} \quad (10)$$

Стационарна ймовірність знаходження рівно n автомобілів у вузлі визначається за допомогою методів аналізу випадкових процесів розмноження та загибелі й має такий вигляд:

$$P_n = \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda} \right)^n \cdot \prod_{l=1}^n \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{l} \right) \right]}{1 + \sum_{r=1}^R \left\{ \left(\frac{\mu}{\lambda} \right)^r \cdot \prod_{k=1}^r \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{k} \right) \right] \right\}}, \quad r \geq 1. \quad (11)$$

Математичне очікування часу, який витрачає автомобіль на очікування замовлення на перевезення вантажів у пункті зворотного завантаження, за умови перебування в ньому рівно n автомобілів, визначається як $MW(n)$.

$$MW(n) = \frac{n}{\lambda} - \frac{T \cdot \exp\left(-\frac{\lambda T}{n}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{n}\right)}. \quad (12)$$

Функція розподілу часу очікування автомобіля у вузлі, без виконання умови щодо перебування в ньому рівно n автомобілів, визначається за формулою повної ймовірності та дорівнює $F_w(t)$.

$$F_w(t) = \sum_{r=1}^R P_r \cdot F_r(t). \quad (13)$$

У такому випадку щільність розподілу часу очікування автомобіля $f_w(t)$ в j -му пункті, без виконання умови щодо перебування в ньому рівно n автомобілів, дорівнює

$$f_w(t) = \sum_{r=1}^R P_r \cdot f_r(t). \quad (14)$$

Середній безумовний час очікування автомобіля MW у вузлі розраховується шляхом диференціювання у нулі перетворення Лапласа [9] для часу очікування.

$$\begin{aligned} MW &= \sum_{n=1}^{\infty} P_n \cdot MW(n) = \\ &= \sum_{n \geq 1} \left\{ \left[\frac{n}{\lambda} - \frac{T \cdot \exp\left(-\frac{\lambda T}{n}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{n}\right)} \right] \times \right. \\ &\quad \left. \times \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^n \cdot \prod_{l=1}^n \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{l}\right) \right]}{1 + \sum_{r=1}^R \left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^r \cdot \prod_{k=1}^r \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda T}{k}\right) \right]} \right\}. \end{aligned} \quad (15)$$

Третя стратегія перевізника з обслуговування разового замовлення на перевезення вантажу знаходить свою реалізацію в ситуації, коли перевізник, прибувши в пункт призначення, очікує замовлення на перевезення вантажу до моменту його отримання без обмеження у часі. Прибуток перевізника Π_3 в такому випадку безпосередньо залежить від тривалості періоду часу, за який перевізник отримує замовлення на перевезення, тобто

$$\begin{aligned} \Pi_3 &= l_{ij} \cdot (g_{ij} - c_{ij}) - r_j \cdot t + \\ &+ P_1^m \cdot l_{ji} \cdot (g_{ji} - c_{ji}), \end{aligned} \quad (16)$$

де P_1^m – ймовірність наявності замовлення на перевезення вантажів в j -му пункті при використанні третьої стратегії.

Оскільки перевізник рано чи пізно все одно отримає замовлення на перевезення вантажу в пункті зворотного завантаження, то ймовірність наявності замовлення P_1^m в j -му пункті дорівнює 1.

$$P_1^m = 1. \quad (17)$$

За умов необмеженого часу очікування перевізником замовлення T^m , прийнятого в рамках дослідження обмеження щодо кількості автомобілів M , що знаходяться в черзі, та припущення щодо знаходження рівно n автомобілів у пункті зворотного завантаження, умовна функція розподілу часу очікування $F_n(t)$ набуває такого вигляду

$$F_n(t) = 1 - \exp\left(-\frac{\lambda t}{n}\right), \quad t > 0. \quad (18)$$

Тоді щільність розподілу часу очікування дорівнює $f_n(t)$.

$$f_n(t) = \begin{cases} \frac{\lambda}{n} \cdot \exp\left(-\frac{\lambda t}{n}\right), & t \geq 0 \\ 0, & t < 0. \end{cases} \quad (19)$$

Стационарна ймовірність знаходження рівно n автомобілів у j -му пункті $P_n(t)$ визначається з обов'язковим урахуванням прийнятого в рамках дослідження обмеження щодо кількості автомобілів M , що знаходяться в черзі, тобто

$$P_n(t) = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M-n}}{\sum_{n=1}^M \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}, \quad (20)$$

де M – кількість автомобілів, що знаходяться в черзі, од.

Умовне математичне очікування часу, який витрачає автомобіль на очікування замовлення на перевезення вантажів у j -му пункті, визначається як $MW(n)$ відповідно до припущення щодо знаходження у пункті зворотного завантаження рівно n автомобілів.

$$MW(n) = \int_0^{\infty} [1 - F_n(t)] dt = \frac{n}{\lambda}. \quad (21)$$

Функція розподілу часу очікування автомобіля $F_w(t)$ в j -му пункті, без виконання умови щодо знаходження в ньому рівно n автомобілів, визначається за формулою

$$F_w(t) = \frac{\sum_{n=1}^M \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M-n} \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{\lambda t}{n}\right)\right)}{\sum_{n=1}^M \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M-n}}, t \geq 0. \quad (22)$$

В такому випадку щільність розподілу часу очікування автомобіля $f_w(t)$ у пункті зворотного завантаження, без виконання умови щодо знаходження в ньому рівно n автомобілів, дорівнює

$$f_w(t) = \frac{\sum_{n=1}^M \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M-n} \cdot \frac{\lambda}{n} \cdot \exp\left(-\frac{\lambda t}{n}\right)}{\sum_{n=1}^M \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M-n}}, t \geq 0. \quad (23)$$

Виходячи з цього, безумовний час очікування автомобіля в пункті зворотного завантаження для третього випадку розраховується таким чином

$$MW = \frac{\frac{1}{\mu} \cdot \sum_{n=1}^M \left(\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M-n-1} \cdot n\right)}{\sum_{n=1}^M \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{M-n}}. \quad (24)$$

Варто зазначити, що виникнення ситуації з необмеженим часом очікування разових замовлень на перевезення вантажу можливе у разі налагодження перевізником договірних зв'язків із місцями дислокації в пунктах зворотного завантаження, в яких витрати, що пов'язані з простоем автомобіля, незначним чином впливають на величину прибутку, отриманого за міжміський оборотний рейс.

Оцінка стратегій перевізників з обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення

З метою перевірки на практиці запропонованих моделей визначення прибутку маятникового міжміського маршруту за оборотний рейс, сума якого повинна складати основу рішення щодо доцільності використання тієї чи іншої стратегії поведінки перевізника на

ринку вантажоперевезень, було проведено дослідження маршруту Київ–Дніпропетровськ.

Збір емпіричного матеріалу щодо разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні здійснювався за допомогою інформаційних ресурсів спеціалізованого логістичного сайту «lardi-trans.com» [10].

Варто зазначити, що під час формування вихідного масиву даних для експериментального дослідження як цільовий сегмент розглядалися вантажні відправки обсягом 20 і більше тонн.

Вибір саме такого діапазону обсягів вантажних відправок ґрунтується на попередніх дослідженнях, в результаті яких встановлено, що понад 70 % міжміських вантажних перевезень здійснюється автомобілями вантажністю 20 т і більше [10].

Збір статистичних даних здійснювався лише по робочих днях, оскільки кількість разових замовлень на перевезення вантажів, що надходять у вихідний день, становить близько 4 % у порівнянні з масивом замовлень, що надходили у робочий день. Виходячи з цього, замовлення, що надходили у вихідні дні, не брались до уваги в рамках експериментального дослідження.

Вихідні дані для визначення прибутку за оборотний рейс маятникового міжміського маршруту Київ–Дніпропетровськ наведено в табл. 1.

За цими даними був розрахований прибуток за оборотний рейс на вказаному маршруті. Графічна інтерпретація результатів розрахунків експериментального дослідження зображена на рис. 1.

Таким чином, під час обслуговування разових замовлень на міжміському маршруті Київ–Дніпропетровськ, за умови відсутності потреби в очікуванні замовлення перевізником доцільно використовувати третю стратегію, адже величина прибутку за оборотний рейс при її використанні значно більше, ніж у інших стратегій на більшій частині діапазону часу очікування.

Таблиця 1 Вихідні дані для розрахунку прибутку за оборотний рейс маршруту Київ–Дніпропетровськ

Показник	Значення
Відстань перевезення, l_{ij} , км	478
Інтенсивність надходження замовлень на перевезення вантажів, λ , од./добу	31
Інтенсивність надходження вантажних автомобілів, μ , од./добу	45
Тариф на перевезення вантажів, грн/км	15,68
Витрати, пов'язані з виконанням вантажної їздки, c_{ij} , грн/км	10,23
Витрати, пов'язані з виконанням порожньої їздки, c'_{ji} , грн/км	7,46
Вартість простою в очікуванні зворотного завантаження з j -го пункту, r_j , грн/добу	250

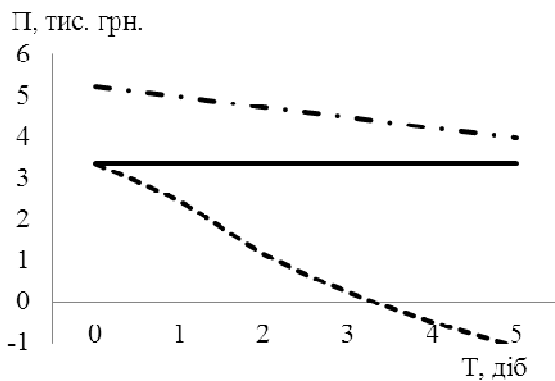


Рис. 1. Прибуток перевізника залежно від часу очікування отримання замовлення: — — — перша стратегія; — — — друга стратегія; — . — — третя стратегія

У випадку тривалого часу очікування разових замовлень найвигіднішою є перша стратегія. Друга стратегія показала свою неефективність у всьому діапазоні значень часу очікування зворотного завантаження.

Висновки

Аналіз літературних джерел, присвячених транспортному обслуговуванню разових замовлень на перевезення вантажів, показав обмеженість результатів наукових робіт, що розглядають питання визначення прибутку міжміського вантажоперевезення за оборот-

ний рейс з урахуванням ймовірності зворотного завантаження.

Запропоновані залежності до визначення прибутку перевізника за оборотний рейс маятникового міжміського маршруту, залежно від наявності або відсутності замовлення в пункті зворотного завантаження та потреби на його очікування, дозволяють отримати кількісну оцінку ефективності роботи перевізника у найпростішому випадку. Вони є основою для формування обґрунтованого математичного апарату для надання оцінки фінансових результатів діяльності автотранспортних підприємств при використанні різних стратегій поведінки перевізників з обслуговування сегмента разових замовлень на ринку транспортних послуг на будь-яких маршрутах – не лише маятникових.

Розрахований для сучасного стану ринку міжміських вантажоперевезень прибуток перевізника за оборотний рейс на маятниковому маршруті Київ–Дніпропетровськ показав, що ефективними можуть бути лише дві стратегії: без окремого очікування зворотного завантаження при тарифі, що покриває витрати на зворотний порожній рейс, та стратегія очікування зворотного завантаження без обмеження часу очікування. Варто також зазначити, що для перевірки коректності прийнятих припущень отримані результати потребують порівняння з аналогічними показниками для інших міст України.

Література

1. Горбачов П.Ф. Вероятностная модель потока заявок на перевозку груза с учетом закономерностей их поступления / П.Ф. Горбачов, А.В. Макаричев, Н.В. Кузло // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2014. – Вып. 37. – С. 83–86.
2. Brito J. Transport route planning models based on fuzzy approach / J. Brito, J.A. Moreno, J.L. Verdegay // Iranian Journal of Fuzzy Systems. – 2012. – №9. – P. 141–158.
3. Torres I. Fuzzy constraints in the Truck and Trailer Routing Problem / I. Torres, A. Rosete, C. Cruz, J. L. Verdegay // Fourth International Workshop Proceedings. – 2013. – P. 71–78.
4. Holguin-Veras I. Trip Length Distributions in Commodity-Based and Trip-Based Freight Demand Modeling Investigation of Rela-

- tionships / I. Holguin-Veras, E. Thorson // Transportation Research Record. – 2000. – № 1707. – P. 37–48.
5. Regan A.C. Modeling Freight Demand and Shipper Behavior: State of the Art / A.C. Regan, R. Garrido // Future Directions. – 2001. – V.7 – P. 185–215.
 6. Liu H. The mathematical model in empty car adjustment technical planning / H. Liu // TMIS Engineering. – 2002. – Vol. 10. – P. 29–31.
 7. Пеньшин Н.В. Управление конкурентоспособностью автотранспортного предприятия. Критерии конкурентоспособности / Н. В. Пеньшин // Вестник ТГТУ Ж: четырехязычный научно-теоретический и прикладной журнал. – 2011. – № 2. – С. 649–655.
 8. Матанцева О.Ю. Рентабельность автотранспортного предприятия: методические основы расчета нормативного уровня / О.Ю. Матанцева // Грузовое и пассажирское автотранспортное хозяйство: производственно-технический журнал. – 2003. – № 5. – С. 25–32.
 9. Лере Ж. Обобщенное преобразование Лапласа / Ж. Лере. – М.: Мир, 1969. – 167 с.
 10. Статистичні дані щодо разових замовлень на перевезення вантажу автомобільним транспортом. – Транспортно-інформаційний сайт компанії Lardi-Trans. – Режим доступу: <https://lardi-trans.com>.

References

1. Gorbachov P.F., Makarichev A.V., Kuzlo N.V. Veroyatnostnaya model' potoka zajavok na perevozku gruzha s uchetom zakonomenostej ih postuplenija [Probabilistic flow model of freight ordering with consideration of regularities their receipt]. *Avtomobil'nyj transport: sb. nauch. tr. – Automobile transport: collection of scientific papers*, 2014, Vol. 37, pp. 83–86.
2. Brito J., Moreno J.A., Verdegay J.L. Transport route planning models based on fuzzy approach. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 2012, Vol. 9, pp. 141–158.
3. Torres I., Rosete A., Cruz C., Verdegay J.L. Fuzzy constraints in the Truck and Trailer Routing Problem. *Fourth International Workshop Proceedings*, 2013, pp. 71–78.
4. Holguin-Veras I., Thorson E. Trip Length Distributions in Commodity-Based and Trip-Based Freight Demand Modeling Investigation of Relationships. *Transportation Research Record*, 2000, Vol. 1707, pp. 37–48.
5. Regan A., Garrido R. Modeling Freight Demand and Shipper Behavior: State of the Art. *Future Directions*, 2001, Vol. 7, pp. 185–215.
6. Liu H. The mathematical model in empty car adjustment technical planning. *TMIS Engineering*, 2002, Vol. 10, pp. 29–31.
7. Pen'shin N.V. Upravlenie konkurentosposobnost'ju avtotransportnogo predpriyatija. Kriterii konkurentosposobnosti [Management Technology for Improving Competitiveness of Motor Transport Enterprise. Criteria for Competitiveness]. *Vestnik TGTU: chetyrehjazychnyj nauchno-teoreticheskij i prikladnoj zhurnal - Transactions of the TSTU: Four-Language Scientific-Theoretical and Applied Multidisciplinary Journal*, 2011, Vol. 2, pp. 649–655.
8. Matantseva O. Ju. Rentabel'nost' avto-predpriyatija: Metodicheskie osnovy rascheta normativnogo urovnja [Profitability of the automobile enterprise: the methodical bases of the standard level calculation]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozajstvo: proizvodstvenno-tehnicheskij zhurnal - Freight and passenger vehicle fleet: monthly production and technical journal*, 2003, Vol. 5, pp. 25–32.
9. Lere Zh. Obobshhennoe preobrazovanie Laplasa [*Generalized Laplace transformation*]. Moscow, Mir, Publ., 1969, 167 p.
10. Statistichni dani shhodo razovih zamovlen' na perevezennja vantazhu avtomobil'nim transportom. *Transportno-informacijnij sajt kompanii Lardi-Trans.* – Available at: <https://lardi-trans.com>.

Рецензент: Є.В. Нагорний, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 19 жовтня 2015 р.