

УДК 656.[95+136]

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ РАЗОВИХ ЗАМОВЛЕНЬ НА МІЖМІСЬКІ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯ

**П.Ф. Горбачов, проф., д.т.н., Н.В. Мосьпан, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

Анотація. Обґрунтовується доцільність застосування сучасних методів імітаційного моделювання для дослідження та оцінки діяльності автотранспортних підприємств, що надають послуги з міжміських вантажоперевезень за разовими договорами. Описується імітаційна модель обслуговування разових замовлень на міжміські вантажні перевезення та надаються рекомендації щодо її використання.

Ключові слова: імітаційна модель, обслуговування, разове замовлення, вантаж, маршрут.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ РАЗОВЫХ ЗАЯВОК НА МЕЖДУГОРОДНЫЕ ГРУЗОПЕРЕВОЗКИ

**П.Ф. Горбачёв, проф., д.т.н., Н.В. Мосьпан, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет**

Аннотация. Обосновывается целесообразность применения современных методов имитационного моделирования для исследования и оценки деятельности автотранспортных предприятий, предоставляющих услуги по междугородным грузоперевозкам по разовым договорам. Описывается имитационная модель обслуживания разовых заказов на междугородные грузовые перевозки и даются рекомендации по её использованию.

Ключевые слова: имитационное моделирование, обслуживание, разовая заявка, груз, маршрут.

SIMULATION MODEL OF SINGLE INTERCITY FREIGHT REQUESTS SERVICE

**P. Horbachov, Prof., D. Sc. (Eng.), N. Mospan, P. G.,
Kharkiv National Automobile and Highway University**

Abstract. The expediency of modern simulation methods for study and evaluation of motor transport enterprises, which provide services for intercity freight transportation on one-off contracts, is grounded. The processes of developing a simulation model for the single intercity freight requests service is described and recommendations for model implementation are provided.

Key words: simulation, service, single request, freight, route.

Вступ

В умовах глобальної інформатизації суспільства широкого розповсюдження набуває використання підприємствами вантажного автомобільного транспорту ресурсів спеціалізованих логістичних сайтів, на яких вони здійснюють пошук сфер реалізації своєї діяльності з обслуговування випадкової складової ринку транспортних послуг [1, 2]. Вибір

раціональної стратегії поведінки транспортних підприємств на цьому ринку є досить актуальним завданням, оскільки дозволяє підвищити ефективність процесу перевезення без додаткових інвестицій.

Випадковий характер роботи транспортних підприємств на ринку разових замовлень перевезень вантажу зумовлює випадковість напрямку кожної наступної їздки маршруту,

тобто випадковість траси та інших характеристик маршруту взагалі. З урахуванням практично нескінченної сукупності можливих маршрутів обслуговування клієнтів по Україні, аналітична оцінка ефективності кожного маршруту не має сенсу. Єдиним можливим способом оцінки параметрів маршрутів обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні є вибіркові дослідження маршрутів. Їх можливо зробити за допомогою статистичних спостережень за фактично виконаними маршрутами, але цей шлях є лише пасивним спостереженням, яке не дозволяє дослідити ефективність різних стратегій поведінки транспортних підприємств на цьому ринку. Єдиним можливим шляхом вивчення параметрів міжміських вантажних перевезень на ринку разових замовлень та формування раціональної стратегії поведінки на ньому залишається імітаційне моделювання процесу перевезень.

Аналіз публікацій

Імітація як метод розв'язання нетривіальних задач отримала початковий розвиток у зв'язку зі створенням ЕОМ в 1950–1960-х рр.

Вчені констатують, що імітаційне моделювання, лінійне програмування і регресійний аналіз за діапазоном і частотою використання давно займають три перших місця серед усіх методів дослідження складних систем. Завдяки можливості досить повного відображення реальності імітаційне моделювання є зручним інструментом для дослідження практичних транспортних задач, таких як: визначення показників ефективності, порівняння варіантів побудови й алгоритмів функціонування об'єктів транспортних систем, перевірки надійності їх функціонування [3].

У роботі [4] підкреслюється важливість використання імітаційного моделювання під час дослідження транспортних систем, особливо у сфері організації дорожнього руху та міських пасажирських перевезень. Проте не наводиться жодних прикладів щодо застосування імітаційного моделювання при організації та управлінні діяльністю підприємств вантажного автомобільного транспорту.

Фундаментальні аспекти застосування імітаційного моделювання в задачах автоматизації й керування технічними системами і комплексами розглядаються авторами дослі-

дження [5]. У зазначеній роботі вивчається питання розвитку систем імітаційного моделювання в розрізі розвитку науки в галузі синтезу технологічних та інформаційних систем. Основна увага зосереджується на аналізі існуючих програмних продуктів, що використовуються для дослідження різних типів систем за допомогою імітаційного моделювання. Завдяки проведеному аналізу авторам вдається сформулювати основні вимоги, що висуваються до сучасного середовища побудови моделей, проте їх орієнтація на високий рівень програмної підготовки розробників будь-яких моделей, в тому числі й моделей з обслуговування клієнтів ринку транспортних послуг, не дозволяє спеціалістам галузі транспорту повною мірою використовувати отримані результати дослідження.

Таким чином, слід зазначити, що імітаційне моделювання вже давно підтвердило свою ефективність як потужного інструменту для дослідження складних систем. Проте ще існує ряд невирішених питань, головним з яких є складність реалізації ідей розробників моделей в їх програмній версії. Це особливою мірою стосується моделей з організації та управління діяльністю підприємств вантажного автомобільного транспорту, особливо по відношенню до компаній, що займаються обслуговуванням разових замовлень.

Мета і постановка завдання

У зв'язку з випадковим характером надходження разових замовлень, процес їх обслуговування є складним і багатограним, адже стохастичність попиту випадкової складової ринку транспортних послуг ставить перед автотранспортним підприємством питання щодо оперативного прийняття рішення стосовно виконання альтернативних варіантів замовлень. У цьому випадку найкращим рішенням для перевізників є наявність ефективної стратегії прийняття рішень. Для її формування необхідно дослідити результати тривалого використання альтернативних стратегій, для чого необхідне проведення імітаційного експерименту. Тому метою статті є розробка імітаційної моделі обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні.

На сучасному етапі моделювання процесів перевезення вантажів та обслуговування клієнтів використовуються різноманітні новітні

комп'ютерні технології, тож створення імітаційної моделі процесу обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення слід розпочинати з вибору середовища її побудови.

Завдяки ліцензійній доступності та достатній кількості функціональних можливостей програмного продукту MS Excel, саме він обирається як середовище для імітаційного моделювання. Можливості програмного продукту MS Excel забезпечуються наявністю інструментів аналізу, великою кількістю математичних функцій, реалізацією багатьох чисельних методів, вбудованої підтримки Visual Basic для додатків. Крім того, незважаючи на обмеженість деяких функцій при побудові динамічних систем у середовищі MS Excel, цей програмний продукт є найбільш зрозумілим інструментом побудови імітаційних моделей.

Як цільовий сегмент при розробці моделі обслуговування випадкової складової ринку транспортних послуг обираються разові замовлення на перевезення вантажів у міжміському сполучення обсягом вантажної відправки від 20 тонн і більше, оскільки саме цей діапазон партій вантажу охоплює майже 90 % всього обсягу автомобільних вантажних перевезень випадкової складової ринку транспортних послуг у межах України [6].

Першочерговим завданням, що потребує вирішення на підготовчому до моделювання етапі, є отримання уявлення щодо попиту на разові міжміські вантажоперевезення. Адже у будь-якому випадку однією з процедур, що повинна бути реалізована в моделі, є імітація надходження разових замовлень протягом доби для пунктів, які розглядаються в рамках дослідження.

Задля цього на основі даних логістичного сайту «lardi-trans.com» [7] створений первинний масив даних, що відображає добові потреби вантажовласників у міжміських вантажоперевезеннях у вигляді матриці замовлень робочого дня тижня у регіональному розрізі. Кількість елементів матриці дорівнює 625 од., при цьому 25 елементів матриці, що знаходяться на перетині однойменних пунктів відправлення та призначення, мають нульове значення, тобто разові замовлення на внутрішньообласні вантажні перевезення з розгляду виключаються.

Розробка імітаційної моделі обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення

Основними етапами побудови моделі процесу обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення виступають:

- імітація надходження разових замовлень у вигляді матриці разових замовлень, що відображає добову потребу вантажовласників у міжміських вантажоперевезеннях;
- визначення випадковим чином пункту початку маршруту;
- визначення випадковим чином напрямку обслуговування поточного разового замовлення з кола припустимих пунктів відправлення вантажу;
- визначення часу очікування у пункті, з якого розпочинається обслуговування поточного замовлення, та вартісних показників виконання разового замовлення;
- закінчення маршруту, коли пунктом призначення поточного замовлення є пункт відправлення автомобіля.

Виконання першого етапу розпочинається з імітації масиву даних, що відображає поточний стан добового просторового та кількісного розподілу разових замовлень для 25 регіонів України. Він виконується на основі відомих закономірностей надходження разових замовлень, що полягають у пуассонівському їх розподілі [8].

Алгоритм отримання випадкових значень разових замовлень, розподілених за законом Пуассона з параметром λ , складається з наступної послідовності дій:

- 1) реалізуються послідовності r_1, r_2, \dots, r_n незалежних випадкових величин, рівномірно розподілених на відріжку $[0; 1)$;
- 2) обчислюються добутки $r_1, r_1r_2, r_1r_2r_3, \dots$ до тих пір, поки не буде виконана умова

$$\prod_{i=1}^{n+1} r_i \leq e^{-\lambda} < \prod_{i=1}^n r_i . \quad (1)$$

Як значення випадкової величини X береться число n . Якщо нерівність задовольняє перше з рівномірно розподілених чисел r_1 , то значення випадкової величини X буде рівним нулю.

Отримана матриця використовується для дослідження однієї ланки обслуговування разо-

вого замовлення, тобто їздки міжміського вантажоперевезення. Для кожної наступної їздки аналогічно генерується нова матриця з оновленою інформацією щодо кількості разових замовлень, що надійшли протягом доби.

На основі згенерованих матриць разових замовлень виконується наступний етап побудови імітаційної моделі – вибір напрямку міжміського вантажоперевезення. Другий етап розпочинається з випадкового вибору першого пункту відправлення перевізника. Для цього виокремлюється рядок зі згенерованої матриці разових замовлень із накопиченням кількості замовлень обраного пункту від першого до останнього регіону дослідження із присвоєнням порядкового номеру кожній з областей в алфавітному порядку взято (порядкові номери від 1 до 24); останнім регіоном виступає Автономна Республіка Крим, вона має порядковий номер 25. Слід зазначити, що під час моделювання загальна кількість можливих претендентів m на отримання замовлення в певному пункті визначається як

$$m = \mu + \delta, \quad (2)$$

де μ – кількість автомобілів, які прибули з вантажем до обраного для обслуговування пункту, од./добу; δ – кількість потенційних автомобілів-конкурентів в обраному для обслуговування пункті, од./добу

$$\delta = \sum_{b=1}^k I_b, \quad (3)$$

де I – індикатор для кількісного визначення δ -перевізників; k – кількість автомобілів, які у даний момент не беруть участі в обслуговуванні разових замовлень на перевезення вантажу з обраного пункту, од./добу

$$I_b = \begin{cases} 1, & \text{random}(0;1) < \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^{25} \lambda_i}, \\ 0, & \text{random}(0;1) \geq \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^{25} \lambda_i}. \end{cases} \quad (4)$$

Кількість автомобілів K , які не беруть участі в обслуговуванні обраного пункту, дорівнює

$$K = M - \lambda - \mu, \quad (5)$$

де M – загальна кількість автомобілів, що функціонують на міжміському ринку разових замовлень на перевезення вантажу, од. Необхідно зазначити, що на попередньому етапі показник загальної кількості автомобілів, що беруть участь в обслуговуванні системи разових замовлень для однієї їздки $M_{із}$, визначається за такою формулою

$$M_{із} = k_M \cdot \sum_{i=1}^{600} \left(\left(\frac{l_{ij}}{500} + t_{нрр} \right) \cdot \lambda_{ij} \right), \quad (6)$$

де k_M – коефіцієнт варіювання загальної кількості автомобілів, що здійснюють обслуговування разових замовлень; на початковому етапі $k_M = 2$; l_{ij} – відстань перевезення вантажів між i -м і j -м пунктами, км; $t_{нрр}$ – середній час навантажувально-розвантажувальних робіт, діб, $t_{нрр} = 0,25$ діб.

Після визначення кількості можливих претендентів на отримання замовлення в певному пункті генерується масив даних із декількох випадкових чисел у діапазоні від одиниці до числа претендентів-перевізників. За рівності або перевищення згенерованого випадковим чином першого числа з кожним з 25 значень накопиченої кількості разових замовлень під час їх порівняння й визначається порядковий номер регіону, до якого здійснить поїздку перевізник.

Якщо перше згенероване випадком число не перевищує жодного з 25 значень накопиченої кількості разових замовлень, до розгляду береться наступне випадком згенероване число, і так до тих пір, поки не буде визначено порядкового номеру пункту, до якого здійснить перевізник першу їздку з вантажем. Вибір напрямку обслуговування замовлень для наступних їздок здійснюється аналогічно.

Наступним кроком побудови імітаційної моделі є визначення часу очікування разового замовлення у пункті, з якого розпочинається обслуговування кожного із замовлень. Цей етап здійснюється шляхом підрахунку кількості переборів під час порівняння згенерованого випадком першого числа з кожним з 25 значень накопиченої кількості разових замовлень. Тобто якщо вибір напрямку перевезення вантажів відбувся протягом першої ітерації, це означає, що перевізник не витратив часу на очікування замовлення. Якщо

вибір напрямку обслуговування замовлення відбувся за перевищення згенерованого випадком другого числа з кожним з 25 значень накопиченої кількості разових замовлень під час їх порівняння, то це значить, що перевізник витратить одну добу на очікування разового замовлення тощо.

Пошук разових замовлень виконується для декількох пунктів, сусідніх із поточним пунктом знаходження автомобіля. Для оцінки різних варіантів розвитку подій під час обслуговування разових замовлень перелік можливих регіонів наступної вантажної їздки складається з двох його варіантів, які є частиною стратегії перевізника з обслуговування разових замовлень. У першому варіанті припустима відстань порожньої подачі автомобіля береться рівною 250 км, у другому – 500 км.

На підставі визначення напрямку обслуговування та часу на очікування замовлення для кожної з їздок стає можливим перейти до формування маршруту обслуговування разових замовлень для одного перевізника. Цей етап зводиться до фіксації пунктів відправлення та призначення кожної з їздок перевізника, що й утворює його оборотний рейс.

Слід нагадати, що перший пункт відправлення обирається випадком, у той час як кожен наступний пункт відправлення є результатом вибору пункту призначення на попередньому етапі. Завершенням маршруту є випадок, коли автомобіль повертається до початкового пункту відправлення.

Для сформованого міжміського маршруту визначаються основні його характеристики, а саме: відстань перевезення вантажу, а також часові та вартісні параметри обслуговування замовлень. Для цього в середовищі MS Excel створюються дві матриці: матриця відстаней між регіонами країни [9] та матриця часу руху автомобіля під час обслуговування разового замовлення, яка формується на підставі припущення про те, що під час виконання міжміських перевезень добовий пробіг автомобіля перевізника не перевищує 500 км.

Так, завдяки матриці відстаней стає можливим визначати не лише відстань перевезення вантажу за кожним із замовлень, а й загальний пробіг автомобіля за оборотний рейс.

Для визначення часу, який витрачає автомобіль на обслуговування одного замовлення T_{ij} , використовується така формула

$$T_{ij} = t_b + t_{np} + t_p + t_{pp} + t_{oc}, \quad (7)$$

де t_b – час виїзду перевізника, діб; t_{np} – час навантажувальних робіт, діб; t_p – час руху автомобіля з вантажем, діб; t_{pp} – час розвантажувальних робіт, діб; t_{oc} – час очікування разового замовлення, діб.

При визначенні часу, який витрачає автомобіль на обслуговування замовлення, важливо враховувати режим роботи водія та навантажувально-розвантажувальних механізмів. У рамках побудови імітаційної моделі вважається, що обслуговування внутрішніх вантажоперевезень українського ринку транспортних послуг здійснюється водіями в режимі одиночної їзди. При цьому береться до уваги, що водій здійснює рух із вантажем в період з 6:00 до 24:00, а час на його відпочинок протягом робочого дня закладений в розрахунок часу руху з вантажем, визначення якого ґрунтується на припущенні про неперевищення 500 км добового пробігу автомобілем, тобто

$$t_p = \frac{l_{ij}}{500}. \quad (8)$$

Що стосується визначення часу навантажувально-розвантажувальних робіт, то, у зв'язку з випадковим характером цих параметрів, у рамках імітаційної моделі, робиться припущення про його показниковий розподіл. Тобто час навантажувально-розвантажувальних робіт генерується за показниковим законом розподілу з параметром, який визначається на основі того, що мінімальний час навантажувальних або розвантажувальних робіт для двадцятитонного автомобіля не може бути меншим, ніж 52 хв [10], у той час як максимальний час навантажувальних або розвантажувальних робіт у рамках дослідження береться рівним 12 годинам. При цьому вважається, що навантажувально-розвантажувальні роботи можуть здійснюватися у період з 6:00 до 18:00.

Слід також звернути увагу на те, що при формуванні міжміських маршрутів із можливістю здійснення порожньої подачі автомо-

біля під завантаження, при визначенні часу, який витрачає автомобіль на обслуговування одного замовлення T_{ij} , існує ще одна складова – час на виконання порожнього переїзду, в разі якщо він здійснюється, тобто

$$T_{ij} = t_{\text{в}} + t_{\text{пп}} + t_{\text{нр}} + t_{\text{р}} + t_{\text{рр}} + t_{\text{оч}}, \quad (9)$$

де $t_{\text{пп}}$ – час на виконання порожнього переїзду, діб.

$$t_{\text{пп}} = \frac{l_{\text{пп}}}{V_t \cdot 24}, \quad (10)$$

де $l_{\text{пп}}$ – відстань порожньої подачі автомобіля під завантаження, км; V_t – середня технічна швидкість автомобіля, 60 км/год.

На цьому процес побудови імітаційної моделі обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів завершується.

Налаштування імітаційної моделі обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення

Важливим завданням при розробці імітаційної моделі є процес її налаштування, тобто встановлення таких параметрів моделі, які приводять до відповідності розрахункових параметрів фактичним даним. Як параметри для налаштування моделі взято кількість їздок та час обороту на міжміських маршрутах за разовими замовленнями. Оскільки обидва цих показники мають випадковий характер, найкращим варіантом порівняння є оцінка ступеня їх відповідності теоретичному та фактичному розподілам за критерієм згоди Колмогорова [8]. Фактичні дані про параметри міжміських маршрутів отримані на автотранспортних підприємствах Харкова, що працюють на ринку разових замовлень: ТОВ «Експрес», ТОВ «Фурбі-Транс» та ін. (табл. 1, 2).

У результаті аналізу обраних для перевірки та налаштування моделі показників виявилось, що модель працює не зовсім коректно та задля усунення невідповідностей необхідно встановити параметри, корегування яких створило б можливість для налаштування роботи моделі.

Таблиця 1 Характеристика фактичної кількості їздок за оборотний рейс у міжміському сполученні

Показник	Значення
Мінімальна кількість їздок, од.	1
Середня кількість їздок, од.	2,5
Максимальна кількість їздок, од.	5
Дисперсія	0,86

Таблиця 2 Характеристика фактичного часу обороту міжміських маршрутів

Показник	Значення
Мінімальний час обслуговування, діб	2
Середній час обслуговування, діб	6,5
Максимальний час обслуговування, діб	13
Дисперсія	5,9

Одним з таких параметрів виступає ймовірність отримання замовлення перевізником у напрямку пункту початку маршруту. За рахунок збільшення цього показника створюється можливість для забезпечення скорішого повернення автомобіля до пункту постійної дислокації.

Це відповідає реальній поведінці перевізників, оскільки вони завжди віддають перевагу варіанту повернення автомобіля до пункту постійної дислокації, за наявності такої альтернативи.

Ще одним параметром, за яким здійснюється налаштування моделі, є показник загальної кількості автомобілів, що беруть участь в обслуговуванні разових замовлень для однієї їздки $M_{\text{із}}$.

Керуючим параметром цього показника є коефіцієнт співвідношення загальної кількості автомобілів, що здійснюють обслуговування разових замовлень, до кількості самих замовлень, початкове значення якого до налаштування моделі було взято на рівні 2.

Зменшення цього показника приводить до скорочення часу очікування чергового замовлення на перевезення. Завдяки зміні цих параметрів вдалося досить точно налаштувати імітаційну модель на фактичні параметри міжміських маршрутів (табл. 3).

Таблиця 3 Максимум різниці між фактичною й теоретичною функціями розподілу кількості їздок і часу обслуговування оборотних рейсів

№ з/п експерименту	Кількість одиниць вибірки, од.	Максимальне відхилення для розподілу кількості їздок	Максимальне відхилення для розподілу часу обслуговування	Критичне значення критерію згоди [11]
1	97	0,041	0,124	0,136
2		0,072	0,103	
3		0,031	0,082	
4		0,031	0,082	
5		0,031	0,124	
6		0,031	0,103	
7		0,031	0,093	
8		0,031	0,071	
9		0,041	0,103	
10		0,031	0,093	

Графічна інтерпретація відхилення між фактичною й теоретичною функціями розподілу кількості їздок за оборотний рейс і часу на його обслуговування подана на рис. 1, 2.

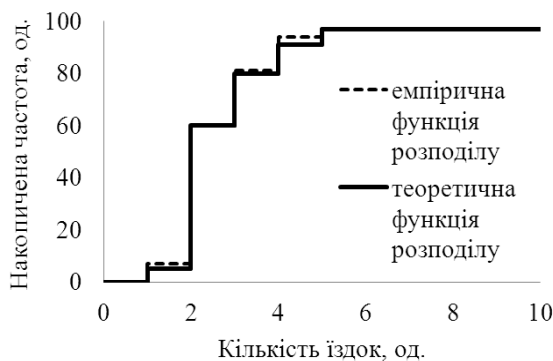


Рис. 1. Функції розподілу кількості їздок за оборотний рейс

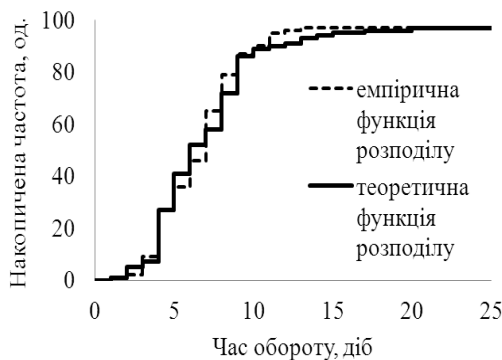


Рис. 2. Функції розподілу часу обороту

Таким чином, побудована модель обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення достатньо точно описує реальний транспортний процес та може використовуватися для проведення імітаційного експерименту.

Висновки

Під час дослідження випадкової складової ринку транспортних послуг, яка у своїй більшості представлена разовими замовленнями на міжміські вантажоперевезення, існує потреба в урахуванні великої кількості випадкових факторів, які впливають на сам процес обслуговування такого роду запитів. Це є причиною складності, а іноді й практичної неможливості створення аналітичних математичних моделей, що повною мірою мали б змогу описати досліджувані процеси. У такій ситуації науковці змушені вдаватися до пошуку інших шляхів вивчення об'єкта дослідження, найприйнятнішим з яких є застосування методів імітаційного моделювання.

Імітаційне моделювання як метод прикладного системного аналізу виступає потужним інструментом дослідження складних систем та процесів, у тому числі й таких, управління якими пов'язане з ухваленням рішень в умовах невизначеності. Саме до таких процесів належить обслуговування міжміських вантажоперевезень за разовими договорами. Незважаючи на широкий діапазон можливостей методів імітаційного моделювання, практичне їх застосування під час організації міжміських маршрутів за разовими замовленнями не застосовується на українських підприємствах вантажного автомобільного транспорту. Через це перевізники не завжди приймають обґрунтовані управлінські рішення. Тому існує потреба у розробці імітаційної моделі процесу обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення, що дозволить автотранспортним підприємствам надавати оперативну оцінку альтернативам обслуговування випадкової складової ринку транспортних послуг та, на її основі, приймати до виконання найвигідніші з можливих варіантів замовлень.

Середовищем розробки імітаційної моделі обраний програмний продукт MS Excel, оскільки він є достатньо зручним та найбільш зрозумілим у використанні інструментом моделювання для більшості осіб із різним

рівнем комп'ютерної підготовки. Крім того, програмний продукт MS Excel володіє достатньою кількістю функціональних можливостей для модельного відтворення основних процесів, що відбуваються під час обслуговування випадкової складової ринку транспортних послуг.

Для налаштування моделі обслуговування разових замовлень обрано два параметри – кількість їздок та час обслуговування оборотних рейсів міжміських маршрутів. Фактичні значення цих параметрів визначені на основі подорожніх листів автотранспортних підприємств, які надають послуги з міжміських вантажоперевезень за разовими договорами. Під час перевірки отриманих після налаштування моделі контрольних показників встановлено, що в жодному з десяти експериментів максимальне відхилення між фактичною й теоретичною функціями розподілу як кількості їздок за оборотний рейс, так і часу обслуговування разових замовлень, не перевищило критичного значення критерію згоди Колмогорова. Таким чином, побудована модель обслуговування разових замовлень на міжміські вантажоперевезення є налаштованим та зручним у використанні інструментом для проведення імітаційних експериментів, метою яких є оцінка різних стратегій обслуговування випадкової складової ринку транспортних послуг та прийняття на їх основі обґрунтованих управлінських рішень.

Література

1. Горбачев П.Ф. Вероятностная модель потока заявок на перевозку груза с учетом закономерностей их поступления / П.Ф. Горбачев, А.В. Макаричев, Н.В. Кузло // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2014. – Вып. 37. – С.83–86.
2. Горбачев П.Ф. Формалізація процесу обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні / П.Ф. Горбачев, Н.В. Мосьпан // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 72. – С. 66–74.
3. Василенко Т.Є. Процес імітації функціонування зупиночного пункту сумісної ділянки руху автобусів різних маршрутів / Т.Є. Василенко, Д.В. Фесенко, О.Й. Дульнявка // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: зб. наук. пр. – 2009. – №2. – С. 164–171.
4. Шевчук Я.В. Імітаційне моделювання транспортних систем / Я.В. Шевчук // Международный научный журнал. – 2016. – № 1. – С. 116–121.
5. Лопаткін Р.Ю. Перспективи застосування імітаційного моделювання в задачах автоматизації та управлінні технологічними системами / Р.Ю. Лопаткін, С.А. Петров, С.Н. Ігнатенко, В.А. Іващенко // Вісник НТУ «ХП». – 2016. – № 17(1189). – С. 61–71.
6. Розроблення методики прогнозування автотранспортних потоків на автомобільних дорогах загального користування державного значення та розроблення вимог до даних, що використовуються при прогнозуванні, порядку їх збирання і обробки, вимоги до вихідних даних прогнозів для занесення до Єдиної інформаційної геобазы даних автомобільних доріг України: Звіт про ДКР (проміжний) / Державне агентство автомобільних доріг України, ХНАДУ; № держ. реєстрації 0114U004631. – Харків, 2015. – 99 с.
7. Статистичні дані щодо разових замовлень на перевезення вантажу автомобільним транспортом / Транспортно-інформаційний сайт компанії Lardi-Trans. – Режим доступу: <https://lardi-trans.com>.
8. Мосьпан Н.В. Regularities of the single intercity freightages flow / Н.В. Мосьпан // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 38. – С. 26–33.
9. Карта автошляхів : сучасна мережа автошляхів, автомобільний сервіс, турист. об'єкти, пункти пропуску на державному кордоні України. – Київ : ДНВП «Картографія», 2013.
10. Прейскурант № 13-01-02. Тарифы на перевозку грузов и другие услуги, выполняемые автомобильным транспортом. – Киев, 1989. – 65 с.
11. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с.

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