

УДК 656.2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВИБОРУ ПАСАЖИРАМИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МАРШРУТІВ СПОЛУЧЕННЯ

**В. Л. Хорольський, В. В. Богаєнко, В. О. Шерметов**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

Досліджено закономірності вибору пасажирими альтернативних маршрутів сполучення, а саме ймовірність прийняття пасажиром рішення про поїздку на будь-якому з альтернативних маршрутів у залежності від часу перебування пасажирів на зупинці. Проведений дисперсійний аналіз ймовірностей вибору пасажиром маршруту прямування показав, що вид зайнятості респондента не робить статистично значущого впливу на ймовірність вибору ним маршруту прямування в залежності від фактичного часу очікування ним на зупинці. Використана методика врахування впливу часу очікування пасажиром транспортного засобу на зупинці на розподіл пасажирських кореспонденцій по альтернативних маршрутах може бути використана для коригування існуючих алгоритмів проектування систем міського пасажирського транспорту.

**Ключові слова:** маршрутна мережа, пасажирський транспорт, перевезення пасажирів, ймовірність вибору маршруту, час очікування на зупинці.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЫБОРА ПАССАЖИРАМИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАРШРУТОВ СООБЩЕНИЯ

**В. Л. Хорольский, В. В. Богаенко, В. О. Шерметов**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.

Исследованы закономерности выбора пассажирами альтернативных маршрутов сообщения, а именно вероятность принятия пассажиром решения о поездке на любом из альтернативных маршрутов в зависимости от времени пребывания пассажира на остановке. Проведенный дисперсионный анализ вероятностей выбора пассажиром маршрута следования показал, что вид занятости респондента не оказывает статистически значимого влияния на вероятность выбора им маршрута следования в зависимости от фактического времени ожидания на остановке. Исползованная методика учета влияния времени ожидания пассажиром транспортного средства на остановке на распределение пассажирских корреспонденций по альтернативным маршрутам может быть использована для корректировки существующих алгоритмов проектирования систем городского пассажирского транспорта.

**Ключевые слова:** маршрутная сеть, пассажирский транспорт, перевозка пассажиров, вероятность выбора маршрута, время ожидания на остановке.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** У області проектування або модернізації існуючої маршрутної мережі (ММ) існує дві проблеми: 1 – якомога точного розрахунку матриці пасажирських кореспонденцій; 2 – виконання якомога точнішого прогнозу розподілу пасажирських кореспонденцій за ділянками ММ.

Останні наукові розробки розв'язання другої проблеми показують на необхідність побудови необхідного прогнозу на основі функції привабливості маршрутів. Останні роботи вказують на стохастичність вибору пасажиром маршруту сполучення, незважаючи на детермінацію функції привабливості маршрутів.

Таким чином врахування фактичного часу очікування пасажирів на зупинках у визначенні ймовірності вибору ними шляху сполучення дозволить підвищити точність визначення ефективності варіанту системи МПТ, що оцінюємо.

Останнім часом серед фахівців - містобудівників і транспортників все більшого поширення набуває думка, що саме транспортні можливості повинні диктувати планувальну структуру міста і його функціональне зонування [1].

Необхідно також враховувати, що пасажирський транспорт як галузь міського господарства є споживачем значної частки загальногосподарських, трудових, капітальних і енергетичних ресурсів, а також впливає на навколишнє середовище.

Все це вказує на постійну актуальність і народногосподарську значимість завдань вдосконалення методів транспортного планування, спрямованих на підвищення ефективності та якості функціонування транспортних систем [2].

Пасажирський транспорт є специфічним видом системи масового обслуговування з усіма властивими цим системам закономірностями функціонування, головною з яких є залежність параметрів обслуговуючої системи від інтенсивності заявок на обслуговування.

Сучасна система організації перевезень ґрунтується на підвищенні щільності ММ і забезпечення регулярності руху транспорту, але це не завжди задовольняє попит, що виник, особливо в години «пік». Це явище викликає у багатьох дослідників необхідність розробки нових управлінських рішень по організації роботи системи міських перевезень, але, при цьому, практично не приділяється уваги виявленню закономірностей зміни пріоритетів вибору маршруту прямування пасажиром при очікуванні транспорту на зупинці.

Формування маршрутних кореспонденцій [3] також відбувається в умовах значної свободи вибору пасажирими як моменту початку пересування, так і шляхи або способу його пересування. Вибираючи момент початку виконання пересування, кожен

індивідуум оптимізує для себе співвідношення між комфортністю і витратами часу на пересування.

Проблема вибору шляху проходження або способу пересування пов'язана з тим, що у великій транспортній мережі через її сильне розгалуження існує, як правило, досить багато альтернативних варіантів транспортних зв'язків між будь-якими фіксованими пунктами відправлення та призначення. Кожен з альтернативних шляхів характеризується своїм цілком визначеним набором вимірюваних параметрів: загальними витратами часу на пересування, структурою цих витрат (витрати на піші підходи, очікування і поїздки), числом пересадок, грошовою вартістю, використовуваними видами транспорту, ступенем наповнення рухомого складу та ін.

Різні люди в силу індивідуальних психологічних і фізіологічних особливостей по-різному оцінюють ці параметри, тому один і той же шлях може бути найкращим для однієї групи населення і неприйнятним для іншої.

При цьому кожна людина, обираючи один з варіантів шляху проходження, не може дати кількісну оцінку своїм індивідуальним витратам на цьому шляху, він може лише упорядкувати альтернативні варіанти за ступенем їх суб'єктивної переваги.

Тому необхідно визначити закономірності вибору пасажиром шляху пересування для подальшого удосконалення функціонування системи МПТ.

Метою роботи є визначення закономірностей зміни ймовірності вибору пасажиром шляху прямування в залежності від фактичного часу очікування ним транспортного засобу на зупинці.

Для досягнення цієї мети вирішені наступні задачі:

- проведено аналіз сучасного стану методів визначення функцій привабливості маршрутів та ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування, виявлені недоліки цих методів і визначено шляхи їх усунення;

- перевірена існуюча математична модель ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування для умов м. Кременчук;

- експериментальним шляхом одержано залежність зміни ймовірності вибору пасажиром шляху прямування в залежності від параметрів альтернативних маршрутів, яка уточнює перерозподіл пасажирських кореспонденції по ділянках маршрутної мережі.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Аналіз існуючих методів моделювання поведінки пасажирів в ММ показав їх нездатність дати чіткі відповіді на всі питання, які стосуються процесу моделювання [4]. Основна причина полягає у відсутності пояснення причин виникнення випадкового характеру результату вибору пасажиром варіанту шляху прямування, хоча всі дослідники погоджуються з тим, що процес вибору пасажиром шляху пересування в загальному випадку є випадковим. Наявність набору альтернативних варіантів реалізації потреби в пересуванні дійсно повинні призводити до можливості прийняття пасажиром

різних рішень, але існуючі моделі, в своїй більшості засновані на принципі подібності, тобто на зовнішній відповідності результатів розрахунків за моделлю експериментальних даних.

В роботі [5] представлена модель:

$$K = 63,25 - 1,029T_{II} - 9,227\gamma - 10,443Ц - 11,43П, \quad (1)$$

де  $K$  – критерій привабливості шляху пересування;  $T_{II}$  – час поїздки, хв.;  $\gamma$  – динамічний коефіцієнт;  $Ц$  – тарифи, грн.;  $П$  – кількість пересадок.

Дана модель враховує безліч факторів при виборі маршруту проходження. Однак модель не розкриває, як змінюється з часом пріоритетність маршрутів.

Метою моделювання поведінки пасажирів [6] є розробка методики отримання виду функції привабливості шляху пересування на основі об'єктивних вихідних даних, за допомогою методів математичної статистики, яка характеризує ставлення пасажирів до параметрів шляху і враховує складний характер пересувань.

Сучасну методичну базу для розробки теоретичних основ моделювання поведінки пасажирів в ММ МПТ представляють моделі дискретного вибору [7], які засновані на оцінці результатів відповідального вибору пасажиром варіантів пересування в транспортній мережі. Припущення про незначну кількість помилок пасажира і незначний вплив на загальні результати вибору шляху пересувань дозволяє формалізувати процедуру вибору.

Базовим постулатом моделей дискретного вибору є твердження про те, що ймовірність вибору альтернативи індивідуума є функцією її соціально-економічних характеристик відносно привабливості альтернативи.

Для відображення привабливості альтернативи використовується поняття корисності, яке передбачає зручну теоретичну конструкцію, визначену як «те, що індивідуум бажає максимізувати». Така конструкція орієнтована на узагальнення процесу пересування, яке дає можливість порівняння дуже різного за напрямками характеристик з метою набору альтернатив. Це в значній мірі спрощує процес проведення обстежень і отримання вихідних даних.

При виборі маршруту проходження пасажир аналізує відразу множину факторів: час підходу до зупинки, тариф, час поїздки, час очікування. За даними обстежень наведених роботі В. К.Долівстановлено, що час поїздки і інтервали руху є визначальними факторами при виборі маршруту проходження. Це пояснюється тим, що пасажир прагне за найкоротший час дістатися до пункту призначення, тобто час на пересування повинен прагнути мінімуму. Однак необхідно відзначити, що тільки в одній роботі приділялась увага дослідженню часу очікування на зупинці [9].

За часом проведення анкетування має забезпечувати виключення впливу на величину пасажиропотоків і їх розподіл за маршрутами сезонних тенден-

цій, таких як - щорічні відпустки, тривалі студентський і учнівські канікули, періоди сезонних захворювань, порушення роботи транспорту внаслідок поганих погодних умов (снігові замети, ожеледь).

Паралельно з анкетуванням, в ті ж терміни проведено обстеження перерахованих маршрутівна предмет заповнюваності салонів транспортних засобів пасажирами.

Візуальну (окомірну) оцінку ступеня використання місткості транспортних засобів можуть здійснювати на зупинках обліковці, фіксуючи її орієнтовно і підраховуючи кількість входячих і виходячих пасажирів, а також водії транспортних засобів. Для оцінки використання місткості рухомого складу при цьому методі можуть застосовуватися бальна шкала і так звана «Силуетна» форма оковимірного обстеження.

Для визначення коефіцієнта заповнення салону транспортного засобу обраний візуальний метод, заснований на частково формалізованому підході, коли спостерігач візуально (з урахуванням певної регламентації) визначає ступінь заповнення транспортного засобу і оцінює її в балах.

Модифікацією візуального методу є силуетний метод, який, за рахунок обліку технічних характеристик транспортних засобів на маршрутах, дозволяє підвищити точність спостережень. Силуетний метод передбачає шести бальну систему оцінки наповнення салону. При цьому кожному балу відповідає силует транспортного засобу з наступними рівнями використання його місткості.

Розрахункові значення показників заповнення салонів транспортних засобів розраховуються до початку проведення обстеження пасажиропотоків. З наведених вище методів обстеження пасажиропотоків використався візуальний метод, тому що він найменш вимогливий до витрати трудових і фінансових ресурсів, забезпечуючи при цьому достатню точність визначення величини заповнюваності салонів транспортних засобів МПТ на зупинці [10].

На підставі співбесід з жителями центральної частини м. Кременчука сформовані групи респондентів, від'їжджаючих на роботу або навчан-

ня від зупинки «Ринок» до зупинки «Молодіжна», в період з 7:00 до 9:00. Всього опитано 3 групи респондентів з вигляду зайнятості: 1 - учні (студенти навчальних закладів, слухачі різних курсів і учні шкіл, коледжів, професійно-технічних училищ, спеціальних учбових закладів); 2 - робочі (будівельні професії, заводські спеціальності, чорнороби, технічні фахівці, службовці); 3 - пенсіонери.

Експеримент по визначенню ймовірностей вибору пасажиром маршруту проходження в формі анкетування пасажирів проведено в період з 3 по 7 жовтня 2016 року на маршрутах №15, №15Б та №17. Всього на цей період припадає 5 робочих днів. До обліку приймалися тільки ті анкети, в яких зазначено час посадки в транспортний засіб в інтервалі 7:00-9:00 тільки в робочі дні (понеділок - п'ятниця).

Як свідчать відмінності середніх ймовірностей не є статистично значущими. Тому для кожного маршруту всі окремі вибірки для кожної групи зайнятих зведені в одну.

Відповідно, ймовірність вибору пасажиром маршруту пересування без поділу пасажирів по групах зайнятості, але з урахуванням поділу пасажиропотоку за маршрутами, розраховані за формулою:

$$P_{md\tau} = \frac{N_{md\tau}}{\sum_{i=1}^D N_{md\tau}} \quad (2)$$

де  $P_{md\tau}$  - ймовірність вибору пасажиром  $m$ -го маршруту в  $d$ -й день тижня після  $\tau$  хвилин очікування транспортного засобу на зупинці;  $N_{md\tau}$  - кількість пасажирів, які обрали для пересування  $m$ -й маршрут в  $d$ -й день тижня після  $\tau$  хвилин очікування транспортного засобу на зупинці, чол.;  $D$  - загальна кількість днів тижня, в які проводилося обстеження ( $D = 5$  днів).

Результати розрахунків ймовірностей прийняття пасажиром рішення про поїздку (для кожного маршруту окремо і в цілому по напрямку) наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Ймовірність прийняття пасажиром рішення про поїздку на зупинці «Ринок»

Номер маршруту	Час очікування пасажиром транспортного засобу на зупинці, хв							Всього
	0	1	2	3	4	5	6	
15	0,093596	0,141449	0,124560	0,082336	0,046446	0,020408	0,009852	0,518648
15Б	0,052779	0,076706	0,067558	0,047149	0,026038	0,011259	0,005629	0,287121
17	0,035890	0,052779	0,046446	0,030964	0,017593	0,007741	0,002814	0,194229
Всього	0,182265	0,270334	0,238564	0,160449	0,090077	0,039408	0,018295	1,000000

Необхідний обсяг вибірки визначається за формулою [11, 12]:

$$n_n = \frac{\sigma^2 \cdot t_{\beta}^2}{\Delta^2}, \quad (3)$$

де  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення ймовірності вибору маршруту по всьому діапазону зміни часу очікування пасажирів;  $t_{\beta}$  - чисельне значення середньоквадратичного відхилення інтегральної функції нормального закону розподілу при рівні значущості  $\beta_d$  (для досліджень в галузі автомобільного транспорту достатній рівень точності забезпечується при рівні значущості  $\beta_d = 1 - \alpha = 0,05$ );

$\Delta$  – допустима помилка, яка визначається за формулою [13]:

$$\Delta = \bar{P}_\tau \cdot \varepsilon, \quad (4)$$

де  $\bar{P}_\tau$  – середня ймовірність прийняття пасажиром рішення про поїздку на будь-якому з маршрутів у всьому діапазоні зміни часу очікування пасажирів;  $\varepsilon$  – відносна помилка обчислень (для досліджень в області автомобільного транспорту достатній рівень точності забезпечується при відносній помилці  $\varepsilon = 5\%$ ).

Середня ймовірність прийняття пасажиром рішення про поїздку визначається за формулою:

$$\bar{P}_\tau = \bar{W}_T^{-1} = 7^{-1} = 0,142857,$$

де  $W_T$  – кількість тимчасових інтервалів часу очікування пасажиром транспортних засобів на зупинці, од.

Незміщена оцінка середньоквадратичного відхилення ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування ( $\sigma_m$ ) визначається за формулою:

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{\sum_{\tau=0}^T (P_\tau - \bar{P}_\tau)^2}{W_T - 1}}, \quad (5)$$

де  $P_\tau$  – ймовірність прийняття пасажиром рішення про поїздку через  $\tau$  хвилин очікування.

Ймовірність прийняття пасажиром рішення про поїздку на будь-якому з альтернативних маршрутів в залежності від часу перебування пасажирів на зупинці визначена на підставі узагальнених фактичних даних, зібраних в результаті анкетування пасажирів і розрахункових значень привабливості маршрутів і відповідних ним значень ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування. У цьому випадку ймовірність вибору пасажиром  $m$ -го маршруту на  $j$  зупинці після  $\tau$  хвилин очікування транспортного засобу на зупинці в цілому за весь період спостережень ( $\dot{P}_{mj}$ ) визначається за формулою:

$$\dot{P}_{mj} = \frac{\sum_d N_{md\tau j}}{\sum_{k=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{\tau} N_{kdtj}}. \quad (6)$$

Як показує досвід застосування методів теорії дискретного вибору [8], ймовірність вибору пасажирів не описуються «звичайними» законами розподілу (нормальним, Гаусса та ін.), що пояснюється недостатньою кількістю параметрів цих законів розподілу, і для опису цих ймовірностей необхідно побудова власних законів розподілу.

Тому згладжені за допомогою теоретичної функції  $f(\tau)$  наступного вигляду:

$$f(\tau) = \frac{1}{\mu} \cdot v \cdot \left( \frac{v - \mathcal{G}}{\mu} \right)^2 + \varepsilon, \quad (7)$$

де  $\mu$ ,  $v$ ,  $\mathcal{G}$  і  $\varepsilon$  – параметри теоретичної функції.

Перераховані параметри теоретичної функції розраховані за допомогою вкладки «Пошук – рішення» пакета Microsoft®Excel 2010 року для мінімізації цільової функції наступного вигляду (аналог критерію Пірсона):

$$\psi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(f_{i(T)} - f_{i(\mathcal{G})})^2}{f_{i(T)}} \rightarrow \min, \quad (8)$$

де  $K$  – кількість інтервалів змінної ( $K = 7$  од.);  $f_{i(T)}$  та  $f_{i(\mathcal{G})}$  – теоретичне (певне за допомогою підбору чисельних значень параметрів функції (7) в процесі пошуку рішення) та емпіричне значення ймовірності прийняття рішення пасажиром про поїздку в  $i$ -му інтервалі.

Відповідно, в подальших розрахунках за визначенням ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування буде використана модель (7) для неперервної функції ймовірності прийняття пасажиром рішення про поїздку. Теоретична функція і емпіричні полігони розподілу ймовірності прийняття пасажиром рішення про поїздку наведені на рис. 1.

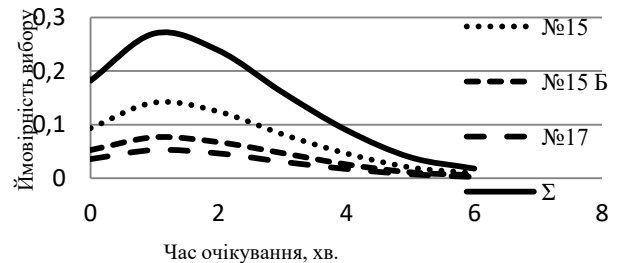


Рисунок 1 – Ймовірність прийняття пасажиром рішення про поїздку

Тут необхідно зазначити, що описана моделлю (7) і відображена на рис.1 функція ймовірності прийняття пасажиром рішення про поїздку відображає переваги не тільки потоку пасажирів на зупинці, а тільки тієї частини пасажирів, які здійснюють посадку (цілеспрямовано або вимушено) через 0, 1, 2 та ін. хвилин очікування.

Перегин функції ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування відбувається в точці, в якій перша похідна функції дорівнює нулю. Перша похідна функції ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування описується в наступному рівнянні:

$$\frac{dP_{mj}}{d\tau} = (P_{mj(0)} - P_{mj(PP)}) \cdot 2,863^{-|P_{mj(0)} - P_{mj(PP)}| \cdot \tau} \cdot \ln \left( 2,863^{-|P_{mj(0)} - P_{mj(PP)}|} \right). \quad (9)$$

Рівняння (9) дорівнює нулю тільки за умови рівності граничної ймовірності і ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування без очікування транспортного засобу на зупинці. А в цьому випадку функція вибору пасажиром маршруту прямування є прямою лінією, паралельною вісі абсцис.

Отже, функція є монотонною. В цьому випадку необхідно досліджувати функцію на наявність або відсутність асимптот. Оскільки область визначення аргументу функції ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} (P'_{mj}(\tau)) = P_{mj}(ПП) \quad (10)$$

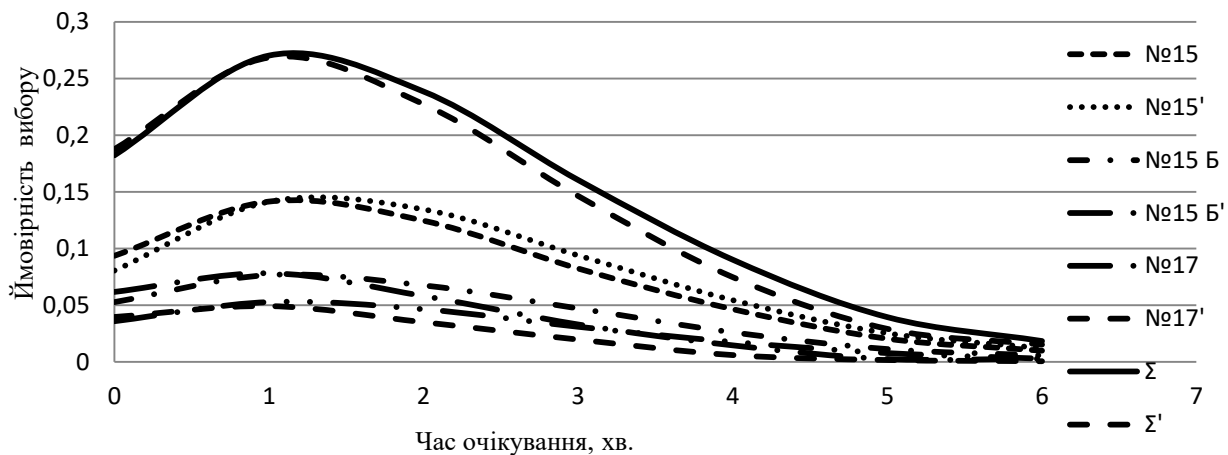


Рисунок 2 – Порівняння ймовірності прийняття пасажиром рішення про поїздки експериментальної та теоретичної

**ВИСНОВКИ.** При інтервальному методі організації руху транспортних засобів на маршрутах, які застосовуються на всіх обстежених в даній роботі маршрутах, і рівномірному підході пасажирів до зупинок, що характерно для даного методу організації руху, об'єм освоєного пасажиропотоку на маршрутах буде відрізнятися від розрахованого через інтенсивність наявності вільних пасажиромісць на маршрутах. При цьому на маршрутах з більш високим значенням функції привабливості він буде більше розрахункового, а на маршрутах з більш низьким значенням функції привабливості - менше розрахункового.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Демин О. О. Стратегия построения перспективной системы управления перевозками в метрополитене / Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте, 2000. – Вып. №3(24). – С. 3–9.
2. Повышение эффективности и качества работы автомобильного транспорта / Н. М. Васильев, Л.А. Бронштейн, В. Н. Иванов и др.; под ред. Л. Л. Афанасьева. – М.: Транспорт, 1977. – 206 с.
3. Определение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта методами имитационного моделирования. Экономико-математические методы планирования и управления

остілки, функція має в області визначення одну горизонтальну асимптоту рівну граничній ймовірності вибору пасажиром маршруту прямування, це можна трактувати як ймовірність вибору пасажиром маршруту прямування при тривалому очікуванні транспортного засобу, коли пасажир оцінює привабливість маршруту тільки одним показником - наявністю вільного місця в салоні транспортного засобу одного з тих маршрутів, які йому підходять, що зупинилося на зупинці.

При цьому значення ймовірності вибору пасажиром транспортного засобу на зупинці є допустимим у всій області визначення аргументу функції  $\tau$ :  $[0; \infty]$  (див. рис. 2).

в системе городского хозяйства / Л. И. Амирова, А. П. Артынов, А. П. Васильченко.–Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 37–42.

4. Robinson, R. Road engineering for development / R. Robinson, B. Thagesen, 2nd edition – London and New York: Spon Press, 2004. – PP. 119–122.

5. Горбачов П. Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного транспорту в містах. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 196 с.

6. Passenger route choice model and algorithm in the urban rail transit network / Ke Qiao, Peng Zhao, Zhipeng Qin // Journal of Industrial Engineering and Management, v. 6(1), 2013. – PP. 113–123.

7. Ben-Akiva M. Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand (Transportation Studies) / Moshe E. Ben-Akiva, Steven R. Lerman. – Massachusetts: MIT Press, 1985. – 10 p.

8. Michel Bierlaire. Estimation of discrete choice models: extending BI- OGEME // Michel Bierlaire, Mary Fetiariison. – Swiss Transportation Research Conference, September 2009. – 20 p.

9. К определению вероятности выбора пассажира маршрута следования / Н. А. Нефедов, Альберт Авуа Дж. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: Сборник научных трудов. Х.: ХНАДУ, 2014. – Вып. 69. – С. 124–127.

10. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

11. Методы оптимизации автобусных перевозок / А. И. Рошин, А. Б. Дьяков. – Хабаровск: ХГТУ, 2000. – 283 с.

12. Богдашев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1983. – 416 с.

13. Елисеєва І. І., Юзбашев М. М. Общая теория статистики. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.

## INVESTIGATION OF PASSENGER'S ALTERNATIVE ROUTES CONNECTION CHOICE

V. Khorolskiy, V. Bogaenko, V. Shermetov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

Pershotravneva Street, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine

**Purpose.** The article is devoted to investigation of passengers' alternative itineraries choice regularities.

**Methodology.** The main methods used are passengers' behaviour modeling and developing methods of movement attractiveness function obtaining on the basis of objective baseline data, using the methods of mathematical statistics, which characterizes passengers' attitude to the path parameters and takes into account the complexity of the movements. **Results.** The likelihood of the passenger's decision to go on any of the alternative routes depending on the time of staying at the bus stop has been researched. **Originality.** The article presents the dependence of the decision-making probability from the actual waiting time which is determined on the basis on the summary of actual data collected in the passengers' survey, calculated values of routes' attractiveness and the corresponding values of the probability of passengers' choose of the route. **Practical value.** The dispersion analysis of the probability of a passenger to choose the route that has been performed, has shown that respondent's type of employment does not have a statistically significant impact on the probability of route choice depending on the actual waiting time on a stop. **Conclusion.** The methodology of considering the influence of time spent waiting for vehicles at the stop on the distribution of passenger flows on alternative routes can be used to adjust the existing algorithms for designing systems of urban passenger transport.

**Key words:** route network, passenger transport, passenger transport, passenger transporting, probability of route selection, time spent waiting at bus stops.

## REFERENCES

1. Demin O. O. Strategiya postroeniya perspektivnoy sistemy upravleniya perevozkami v metropolitene / O. O. Demin // Informatsionno-upravlyayushchie sistemyi na zheleznodorozhnom transporte, 2000. – Vol. № 3(24). – pp. 3–9

2. Povyshenie effektivnosti i kachestva raboty avtomobilnogo transporta / [N. M. Vasilev, JI.A. Bronshteyn, V. N. Ivanovidr.]; pod red. L. L. Afanaseva. – М.: Transport, 1977. – 206 p.

3. Amirova L. I. Opredelenie effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta metodami imitatsionnogo modelirovaniya. Ekonomiko-matematicheskie metodyi planirovaniyai upravleniya v sisteme gorodskogo hozyaystva / L. I. Amirova, A. P. Artyinov, A. P. Vasilchenko. – Vladivostok: IAPUDVNTSAN SSSR, 1977. – pp. 37–42.

4. Robinson, R. Road engineering for development / R. Robinson, B. Thagesen, 2nd edition – London and New York: Spon Press, 2004. – pp. 119–122.

5. Gorbachov P. F. Suchasni naukovi pidhody do organizatsiyi roboty marshrutnogo transportu v mistah: Monograflya / P. F. Gorbachov. – X.: HNADU, 2009. – 196 p.

6. Ke Q. Passenger route choice model and algorithm in the urban rail transit network / Ke Qiao, Peng Zhao, Zhi-peng Qin // Journal of Industrial Engineering and Management, Vol. 6(1), 2013. – pp. 113–123.

7. Ben-Akiva M. Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand (Transportation Studies) / Moshe E. Ben-Akiva, Steven R. Lerman. – Massachusetts: MIT Press, 1985. – 10 p.

8. Michel Bierlaire. Estimation of discrete choice models: extending BI- OGEME // Michel Bierlaire, Mary Fetiaron. – Swiss Transportation Research Conference, September 2009. – 20 p.

9. Nefedov N. A. K opredeleniyu veroyatnosti vybora passazhirom marshruta sledovaniya / N. A. Nefedov, Albert Avua Dzh. // Vestnik Kharkovskogo natsionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta: Sbornik nauchnyih trudov. – H.: HNADU, 2014. – Vyp. 69. – pp. 124–127.

10. Spirin I. V. Organizatsiya I upravlenie passazhirskim I avtomobilnyimi perevozkami / I.V. Spirin. – М.: Izdatelskiytsentr «Akademiy», 2003. – 400 p.

11. Roschin A. I. Metody optimizatsii avtobusnyih perevozk / A. I. Roschin, A. B. Dyakov. –Habarovsk: HGTU, 2000. – 283 p.

12. Bolypev L. N. Tablitsy matematicheskoy statistiki / L. N. Bolypev, N. V. Smirnov. – М.: Nauka, 1983. – 416 p.

13. Eliseeva I. I. Obschaya teoriya statistiki / I. I. Eliseeva, M. M. Yuzbashev. – 5-e izd., pererab. i dop. – М.: Finansyi i statistika, 2004. – 656 p.

Стаття надійшла 24.10.2016.