

Досліджено закономірності розподілу обсягу перевезень пасажирів між залізничним та автомобільним транспортом у приміському сполученні. Встановлено вплив параметрів транспортного процесу на вибір пасажирів виду транспорту. Розроблено регресійну модель зміни частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні

Ключові слова: транспортне обслуговування, приміське сполучення, вид транспорту, обсяг перевезень, параметри перевезення

Исследованы закономерности распределения объема перевозок пассажиров между железнодорожным и автомобильным транспортом в пригородном сообщении. Установлено влияние параметров транспортного процесса на выбор пассажирами вида транспорта. Разработана регрессионная модель изменения доли пассажиров, которые отдают предпочтение автомобильному транспорту от общего объема перевозок в пригородном сообщении

Ключевые слова: транспортное обслуживание, пригородное сообщение, вид транспорта, объем перевозок, параметры перевозки

УДК 656.13
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.43381

РОЗРОБКА МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ МІЖ ВИДАМИ ПРИМІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Т. М. Григорова

Кандидат технічних наук*

E-mail: tagrigorova@yandex.ru

Ю. О. Давідіч

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: kafedra_tsl@ukr.net

В. К. Доля

Доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри*

E-mail: kafedra_tsl@ukr.net

*Кафедра транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського
господарства ім. О. М. Бекетова
вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61005

1. Вступ

Перевезення пасажирів у приміському сполученні є найбільш динамічними, соціально-чутливими та особливо важливими для всіх галузей економіки і населення. Концентрація приміських перевезень у найбільших містах, їх великий обсяг та безперервне зростання обумовлюються швидким розвитком міст, інтенсивною забудовою приміських районів, створенням міст-супутників, організацією у приміських зонах місць відпочинку та спортивно-оздоровчих закладів, підвищенням матеріального добробуту і культурного рівня населення. Соціальне значення таких перевезень тісно взаємопов'язане з платоспроможністю населення. Вони здійснюються за трудовими, діловими і культурно-побутовими цілями. Для здійснення переміщень у приміському сполученні пасажирів постійно проводять вибір між видами транспорту. Приміські перевезення виконуються маршрутними автобусами та залізницею, також часто маршрутними таксі, індивідуальними автомобілями. Значний вплив на вибір виду транспорту має вартість поїздки, а також надійність і зручність розкладу. Найбільш суттєві відмінності в організації перевезення пасажирів у приміському сполученні, в порівнянні з іншими видами сполучення, характеризуються закономірностями формування пасажиропотоків та вимогами до умов обслуговування пасажирів на різних видах приміського транспорту. В теперішній час існує загальна потреба в конкретних

методиках, що дозволяють кількісно ув'язати попит на перевезення у приміському сполученні з пропозицією транспортних послуг, оцінити вплив на нього як цінних, так і нецінних факторів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Організація транспортного процесу має за мету покращення якості перевезень пасажирів за рахунок впровадження найбільш ефективних, з точки зору пасажирів, заходів і таких, що водночас потребують мінімальних витрат [1]. Вдосконалення транспортного процесу базується на визначенні параметрів пасажиропотоків.

Формування пасажиропотоків є складним явищем, яке базується на виборі пасажирів шляху пересування. Для опису вибору пасажирів використовуються два основних підходи. Перший ґрунтується на розгляді частоти обслуговування [2, 3], другий – на розкладі руху [4–6]. Найбільш придатним для опису процесу формування пасажиропотоків на маршрутах приміського сполучення є другий підхід, адже він використовується при низькій частоті обслуговування. Моделі формування потоків на мережі громадського транспорту, у яких час пересування приймається постійним, можуть виявитися корисними при вивченні мереж із низьким завантаженням. У той же час вони не дають змоги одержати адекватні результати при

моделюванні пасажиропотоків у мережах, для яких характерним є ефект перепоповнення [7]. Методом, що враховує зазначені обставини, є рівноважний розподіл. Однак, вказані моделі не в повному обсязі враховують вплив умов обслуговування на вибір пасажиром шляху пересування. При цьому, суттєвим чином на цей вибір у приміському сполученні впливає наявність альтернативних видів транспорту.

Для пасажирів, які постійно здійснюють поїздки на роботу і навчання, найзручнішим є залізничний транспорт через його велику провізну здатність, надійність і регулярність руху [8–10]. Залізничний транспорт є основним видом транспорту для здійснення пасажирських перевезень на середні відстані і в приміському сполученні. Це один з найстаріших і основних магістральних видів транспорту в нашій країні. Приміські перевезення здійснюються на всіх дорогах, проте більшість з них зосереджена на ділянках, прилеглих до великих міст і промислових центрів [11]. У великих містах і міських агломераціях велика частина обсягу перевезень у напрямку потужних пасажиропотоків може припадати на приміський залізничний транспорт [8, 12]. Переваги залізничного транспорту при здійсненні приміських пасажирських перевезень визначаються такими властивостями, як незалежність роботи від кліматичних умов, погоди, часу доби. Це забезпечує його регулярність і безперервність перевезень, високу провізну здатність, порівняно високу швидкість і порівняно невисоку собівартість перевезень [12].

У той же час в малих, середніх і великих містах значну частку приміських сполучень освоює автобусний транспорт. Для їх здійснення використовуються автобуси та маршрутні таксі регулярного сполучення [13, 14]. Будучи маневреними, приміські автобусні сполучення мають більш розгалужену транспортну мережу і розвиваються більш високими темпами, ніж всі інші види приміського транспорту. Доставка пасажирів автобусами здійснюється в більш близькі до місць призначення пункти, в результаті чого скорочуються витрати часу на поїздки [15, 16]. Разом з тим приміські автобусні перевезення різко поступаються залізничним сполученням через їх провізну здатність та продуктивність транспортних засобів, характеризуються більш високою потребою в трудових ресурсах. Українськими вченими висвітлюються різноманітні проблеми організації перевезення пасажирів у приміському сполученні [11, 13]. Однак, на пасажирському транспорті теорія розподілу пасажиропотоків між різними видами пасажирського транспорту ще мало досліджена, і до цього часу не запропоновано цілісної системи розробки ефективних рішень. Невирішеними залишаються питання впливу параметрів транспортного обслуговування на вибір пасажиром виду транспорту при здійсненні переміщення у приміському сполученні.

3. Ціль та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету визначити закономірності розподілу обсягу перевезень пасажирів між автомобільним та залізничним транспортом.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– проведення натурального обстеження з метою фіксації обсягів перевезень пасажирів на різних видах приміського транспорту та параметрів перевезення;

– статистична обробка отриманих даних з метою визначення залежності між параметрами перевезення та розподілом обсягів перевезень пасажирів між різними видами приміського транспорту.

4. Матеріали та методи дослідження впливу параметрів транспортного процесу на розподіл обсягу перевезень пасажирів між автомобільним та залізничним транспортом

4.1. Досліджувані параметри та методика проведення натурних обстежень

Для отримання вихідної інформації було проведено натурні обстеження за напрямками руху приміського пасажирського транспорту. Було обрано такі напрямки руху: Харків – Чугуїв, Харків – Нова Водолага, Харків – Безлюдівка та зворотні їм. За кожним напрямком руху проводився підрахунок кількості перевезених пасажирів. Крім того фіксувався час, витрачений на проїзд сумісними ділянками маршрутів та довжина цих ділянок, час очікування, інтервал руху, номінальна пасажиромісткість, кількість транспортних засобів та вартість проїзду.

Обробка результатів обстеження полягала у визначенні розподілу обсягу перевезення пасажирів між автомобільним та залізничним транспортом з однаковим напрямком руху. У якості параметра розподілу було використано частку пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні.

4.2. Методика визначення закономірностей впливу параметрів транспортного процесу на розподіл обсягу перевезень пасажирів між автомобільним та залізничним транспортом

Серед усіх методів, які дозволяють проводити математичний опис зміни частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні, було обрано методи регресійного і кореляційного аналізу [17].

5. Результати досліджень закономірностей впливу параметрів транспортного процесу на розподіл обсягу перевезень пасажирів між автомобільним та залізничним транспортом

Отримані дані дозволили провести математичну формалізацію розподілу обсягу перевезень пасажирів між автомобільним та залізничним транспортом шляхом розробки багатofакторної нелінійної регресійної моделі зміни частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні. Межі вимірів факторів отриманої моделі, що наведені в табл. 1, відповідають реальному діапазону зміни параметрів транспортного процесу перевезення пасажирів у приміському сполученні. Характеристику моделі зміни частки пасажирів, що віддають перевагу приміському автомобільному транспорту від загального

обсягу перевезень на маршрутах приміського пасажирського транспорту наведено у табл. 2. Як показали проведені розрахунки, з усіх факторів, що досліджувалися, значимими виявилися три. Це доводиться величиною розрахункового значення критерію Стьюдента для всіх факторів моделі, яке більше табличного. Крім того, відсутність нуля в довірчому інтервалі спостерігається для кожного коефіцієнта моделі, як це наведено у табл. 3.

Таблиця 1

Межі вимірів факторів моделі зміни частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірів
Відношення швидкості сполучення на автомобільному та залізничному видах транспорту	$\frac{V_a}{V_z}$	1,06–1,67
Відношення тарифу на кілометр проїзду на автомобільному та залізничному видах транспорту	$\frac{P_a}{P_z}$	1,25–3,09
Відношення коефіцієнту використання місткості на автомобільному та залізничному видах транспорту	$\frac{\gamma_a}{\gamma_z}$	0,26–2,91
Відношення часу очікування на автомобільному та залізничному видах транспорту	$\frac{T_a}{T_z}$	0,14–1,00

Таблиця 2

Характеристика моделі зміни частки пасажирів, що віддають перевагу приміському автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень на маршрутах приміського пасажирського транспорту

Фактор	Коефіцієнт	Стандартна помилка	Критерій Стьюдента	
			розрахунковий	табличний
$\left(\frac{V_a}{V_z}\right)^{3,5}$	0,109	0,0112	9,73	2,02
$\frac{1/\left(\frac{\gamma_a}{\gamma_z}\right)}{\exp\left(\frac{T_a}{T_z}\right)}$	0,15	0,0515	2,92	2,02
$\exp\left(\frac{P_a}{P_z}\right)$	0,011	0,0022	4,86	2,02

Розроблена модель зміни частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні виглядає наступним чином:

$$Q_a / (Q_a + Q_z) = 0,109 \cdot \left(\frac{V_a}{V_z}\right)^{3,5} + 0,15 \cdot \frac{1/\left(\frac{\gamma_a}{\gamma_z}\right)}{\exp\left(\frac{T_a}{T_z}\right)} - 0,011 \cdot \exp\left(\frac{P_a}{P_z}\right) \tag{1}$$

Таблиця 3

Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі зміни частки пасажирів, що віддають перевагу приміському автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень на маршрутах приміського пасажирського транспорту

Фактори	Межа	
	нижня	верхня
$\left(\frac{V_a}{V_z}\right)^{3,5}$	0,03	0,25
$\frac{1/\left(\frac{\gamma_a}{\gamma_z}\right)}{\exp\left(\frac{T_a}{T_z}\right)}$	0,05	0,25
$\exp\left(\frac{P_a}{P_z}\right)$	-0,02	-0,001

На наступному етапі дослідження проводилася статистична оцінка значимості моделі, результати якої наведено в табл. 4. У якості показників статистичної оцінки використовувалися критерій Фішера, коефіцієнт множинної кореляції та середня помилка апроксимації.

Таблиця 4

Результати статистичної оцінки моделі зміни частки пасажирів, що віддають перевагу приміському автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень на маршрутах приміського пасажирського транспорту

Показники	Значення	
Критерій Фішера	розрахунковий	96,88
	табличний	2,02
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99	
Середня помилка апроксимації, %	8,9	

Всі отримані статистичні показники відповідають допустимим межам.

6. Обговорення результатів дослідження закономірностей зміни частки пасажирів, що віддають перевагу приміському автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень на маршрутах приміського пасажирського транспорту

Для аналізу отриманої моделі зміни частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у примісько-

му сполученні було розроблено графіки зміни частки пасажирів (рис. 1–4).

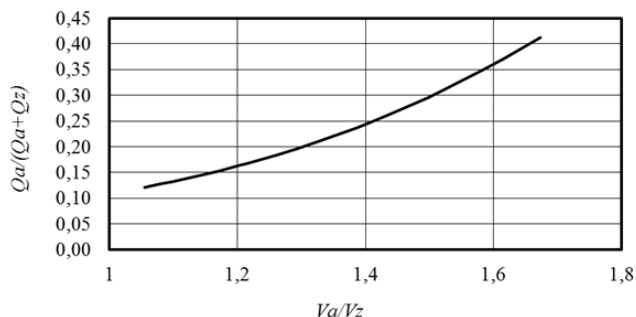


Рис. 1. Залежність частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні від відношення швидкості сполучення на автомобільному та залізничному видах транспорту

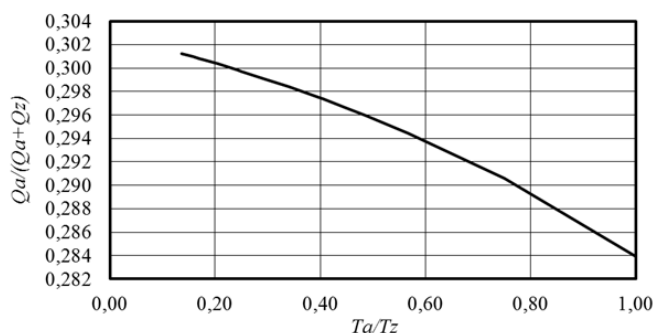


Рис. 2. Залежність частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні від відношення часу очікування на автомобільному та залізничному видах транспорту

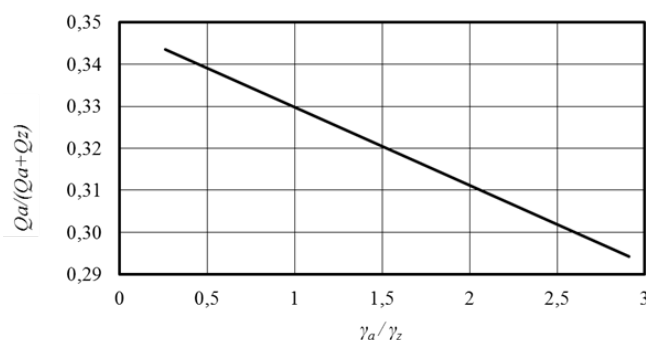


Рис. 3. Залежність частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні від відношення коефіцієнту використання місткості на автомобільному та залізничному видах транспорту

Аналіз отриманих закономірностей показав, що параметри транспортного процесу суттєвим чином впливають на розподіл обсягу перевезень пасажирів між автомобільним та залізничним видами транспорту. Найбільший вплив на вибір пасажирів виду транспорту чинить швидкість руху. Вона визначає час пересування,

а пасажирів завжди прагнуть здійснити поїздку з мінімальними витратами часу. На наступному рівні впливу на вибір пасажирів виду приміського транспорту знаходиться тариф, за яким пасажирів здійснюють переміщення. В сучасних умовах економія є важливим фактором для мешканців приміських зон. Вид транспорту, який забезпечує переміщення з меншими витратами коштів, має більш високу привабливість для пасажирів. Практично з однаковим рівнем впливають на вибір пасажирів час очікування та коефіцієнт використання місткості транспортного засобу. Ці параметри характеризують комфортність поїздки і визначаються технологічними особливостями організації транспортного процесу різних видів транспорту. Менший рівень їх впливу в порівнянні з факторами швидкості сполучення та тарифу можливо пояснити тим, що у теперішній час мешканці приміських зон нехтують комфортністю поїздки при менших витратах часу переміщення та величині тарифу.

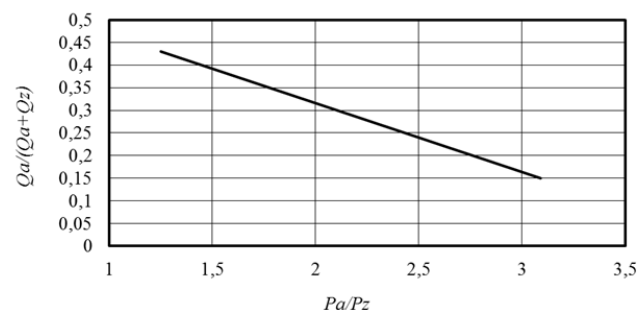


Рис. 4. Залежність частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні від відношення тарифу на кілометр проїзду на автомобільному та залізничному видах транспорту

7. Висновки

Проведений аналіз методів формування пасажиропотоків на маршрутах приміського сполучення показав, що вони не повністю враховують вплив умов обслуговування на вибір пасажирів шляху пересування. Суттєвим чином на цей вибір впливає наявність альтернативних видів приміського транспорту.

Статистична обробка даних натурного обстеження дозволила виявити залежність частки пасажирів, що віддають перевагу автомобільному транспорту від загального обсягу перевезень у приміському сполученні від відношення швидкості сполучення, тарифу на кілометр проїзду, коефіцієнту використання місткості та часу очікування на автомобільному та залізничному видах транспорту. Ця залежність була описана нелінійним регресійним рівнянням. Було виявлено, що при виборі виду транспорту пасажирів більшу перевагу віддають тому способу пересування, який забезпечує найменший час поїздки та величину плати за проїзд. Показники комфортності поїздки впливають менш суттєвим чином.

Отже, для підвищення привабливості та збільшення своїх обсягів перевезень пасажирів приміським видам транспорту доцільно більше уваги приділяти заходам, які зменшують час поїздки пасажирів та витрати на оплату проїзду.

Література

1. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
2. Hickman, M. D. Transit service and path choice models in stochastic and time-dependent networks [Text] / M. D. Hickman, D. H. Bernstein // *Transportation Science*. – 1997. – Vol. 31, Issue 2. – P. 129–146. doi: 10.1287/trsc.31.2.129
3. Schmoeker, J. D. A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model [Text] / J. D. Schmoeker, M. G. H. Bell, F. Kurauchi // *Transportation Research Part B: Methodological*. – 2008. – Vol. 42, Issue 10. – P. 925–945. doi: 10.1016/j.trb.2008.02.001
4. Nuzzolo, A. Schedule-based path choice models for public transport networks [Text] / A. Nuzzolo // *Proceedings of Advanced Course on Transit Networks*, 2001. – 15 p.
5. Nuzzolo, A. A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks [Text] / A. Nuzzolo, F. Russo, U. Crisalli // *Transportation Science*. – 2001. – Vol. 35, Issue 3. – P. 268–285. doi: 10.1287/trsc.35.3.268.10149
6. Tong, C. O. A schedule-based dynamic assignment model for transit networks [Text] / C. O. Tong, S. C. Wong // *Journal of Advanced Transportation*. – 2000. – Vol. 33, Issue 3. – P. 371–388. doi: 10.1002/atr.5670330307
7. Lam, W. H. K. A stochastic user equilibrium model for congested transit networks [Text] / W. H. K. Lam, Z. Y. Gao, K. S. Chan, H. Yang // *Transportation Research Part B: Methodological*. – 1999. – Vol. 33, Issue 5. – P. 351–368. doi: 10.1016/s0191-2615(98)00040-x
8. Транспортна система України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.geograf.com.ua/human/school-course/409-transportna-sistemaukrajini>
9. Мироненко, В. К. Натурні дослідження та математичні моделі приміських пасажирських перевезень [Текст] / В. К. Мироненко, В. В. Габа, В. І. Мацюк, Т. М. Грушевська; В. П. Костюшко // *Наукоємні технології*. – 2014. – № 4 (24). – С. 496–502.
10. Бутько, Т. В. Удосконалення технології організації приміських перевезень [Текст] / Т. В. Бутько, Д. В. Константинов // *Збірник наукових праць української державної академії залізничного транспорту*. – 2009. – Вип. 102. – С. 15–23.
11. Кристопчук, М. Є. Ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / М. Є. Кристопчук. – Харків.: ХНАМГ, 2009. – 214 с.
12. Основы организации пригородного пассажирского движения [Електронний ресурс] / Режим доступа: <http://scbist.com/wiki/9011-osnovy-organizacii-prigorodnogo-passazhirskogodvizheniya.html>
13. Яновський, П. О. Пасажирські перевезення [Текст] / П. О. Яновський. – Київ.: НАУ, 2008. – 469 с.
14. Родащук, Г. Ю. Оптимізація маршрутної мережі для перевезення пасажирів сільської місцевості [Текст] / Г. Ю. Родащук // *Збірник наукових праць ВНАУ*. – 2013. – № 4 (81). – С. 186–195.
15. Спирин, И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками [Текст] / И. В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
16. Гудков, В. А. Пассажирские автомобильные перевозки [Текст] / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.
17. Галушко, В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст] / В. Г. Галушко. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с.