

УДК 656.025.2

І.Є. Іванов

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ОБСЯГУ ВІДПРАВЛЕНЬ ПАСАЖИРІВ НА ПОКАЗНИКИ КІЛЬКОСТІ ПАСАЖИРОМІСЦЬ

Розроблено модель визначення раціонального коефіцієнта динамічного заповнення салонів транспортних засобів у місті. Визначено зміни загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів та їх відсоткове співвідношення, а також отримано закономірності зміни кількості пасажиромісць (для різних номінальних місткостей) залежно від обсягу відправлень пасажирів.

Ключові слова: обсяг відправлень, транспортна робота, рухливість, номінальна місткість.

Постановка проблеми

Динамічність процесів, що відбуваються в розвитку суспільства, безпосередньо впливає на характеристики транспортних систем. Доведено, що в країнах з низьким рівнем автомобілізації, значну частину транспортної рухливості складають переміщення на міському пасажирському транспорті (МПТ) [1-2]. Натомість високий рівень автомобілізації (понад 250 автомобілів на 1000 мешканців) призводить до повсякденного використання особистого транспорту при міських переміщеннях [3-4]. Саме визначення розподілу транспортної роботи між видами МПТ є актуальною проблемою організації роботи міських пасажирських транспортних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема сталого розподілу транспортної роботи між видами МПТ не можлива, за рахунок вибору кожним пасажиром власного способу переміщення (рис. 1) [1-5].

В результаті постійного вибору певною сукупністю пасажирів способу переміщення утворюються кореспонденції, які дозволяють визначити потенціальну транспортну роботу [1, 5-7]:

$$W = \sum_{j=1}^m H_j \cdot l_j, \quad (1)$$

де H_j – кореспонденції на j -ій ділянці транспортної мережі, пас.

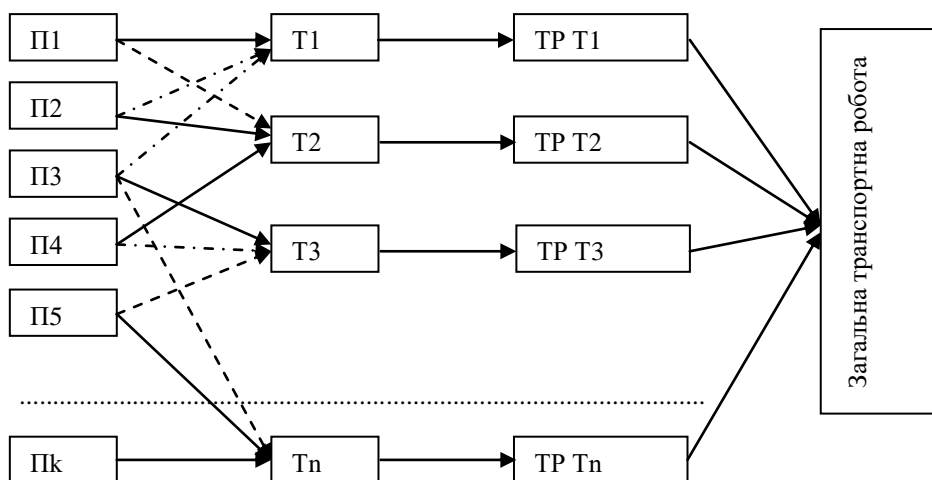


Рис. 1. Принципова схема визначення загальної транспортної роботи:

П – пасажир; Т – вид пасажирського транспорту; ТР – транспортна робота;

---> – альтернативи вибору виду пасажирського транспорту

Отже наведений підхід дозволяє визначити транспорту роботу, як для МПТ загального користування, так й індивідуального, використовуючи потенційні кореспонденції. Але, якщо поглянути на структуру переміщень, то очевидним є те, що вибір пасажирями способу переміщення постійно змінюється [1-12].

Очевидним є те, що перерозподіл транспортної роботи з особистого транспорту на громадський має позитивний вплив на екологічні, соціальні і економічні показники життєдіяльності міст. Але існують проблеми визначення параметрів, що обумовлюють потенціальну і реалізовану рухливість населення міст.

Таким чином сукупність можливостей мешканців міст для здійснення переміщення обумовила безліч досліджень для прогнозування, розрахунку, моделювання, розподілу транспортної роботи між наведеними способами її організації і реалізації [1-7].

Постановка завдання

Метою даної статті є визначення закономірностей зміни кількості пасажиромісць залежно від обсягу відправлень пасажирів.

Для досягнення цієї мети були вирішені наступні завдання:

- розробка моделі визначення раціонального коефіцієнта динамічного заповнення салонів транспортних засобів у місті;
- моделювання змін кількості пасажиромісць залежно від обсягу відправлень пасажирів.

Виклад основного матеріалу

Виходячи з того, що коефіцієнт динамічного заповнення салонів транспортних засобів може бути визначений як відношення дійсної транспортної роботи (W_o) до можливої (W_e):

$$\gamma_o = \frac{W_o}{W_e}, \quad (2)$$

Відомо, що дійсну транспортну роботу в місті можна обчислити за залежністю:

$$W_o = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij} \cdot l_{ij}, \quad (3)$$

де n – кількість транспортних районів, од.;

H_{ij} – кореспонденція з району i у район j , пас.;

i, j – номер району відправлення й прибуття відповідно;

або

$$W_o = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \frac{k^n \cdot H_{Bi} \cdot H_{Ij} \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu}, \quad (4)$$

де H_{Bi} – кількість відправлень з i -го району або ємність району i за відправленнями, пас.;

H_{Ij} – кількість прибуттів у j -ий район або ємність району j по прибуттях, пас.;

l_{ij} – відстань між районом i та j , км;

k^n – калібрувальний коефіцієнт.

Виходячи з можливостей транспортної роботи (W_{eX}) на X -му маршруті, її можна визначити за формулою:

$$W_{eX} = A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_X, \quad (5)$$

де A_X – кількість транспортних засобів на X -му маршруті, од.;

V_{eX} – експлуатаційна швидкість на X -му маршруті, км/год.;

q_X – пасажиромісткість транспортного засобу на X -му маршруті, пас.;

T_X – тривалість розрахункового періоду, год.

Тоді по місту можлива транспортна робота (W_e^M) визначається як сума можливої транспортної роботи на всіх маршрутах:

$$W_e^M = \sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_X, \quad (6)$$

де R – кількість маршрутів, од.

Опираючись на визначення можливої та дійсної транспортної роботи міста, можна обчислити середній коефіцієнт динамічного заповнення салонів транспортних засобів у місті:

$$\gamma_{сеп}^M = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (k^n \cdot H_{Bi} \cdot H_{Ij} \cdot l_{ij}) / l_{ij}^\mu}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_X}. \quad (7)$$

Якщо взяти до уваги рекомендації теорії корисності і досліджень транспортного стомлення пасажирів [1], можна стверджувати, що співвідношення між потребами в переміщенні на суспільному транспорті H_{Bi} , H_{Ij} щодо пропозицій

на перевезення $\sum_{X=1}^R A_X$ й V_{eX} буде відповідати такому серединамічному використанню місткості транспортних засобів, величина якого не буде перевищувати значення $\gamma_{сеп}^M < 0,3$. У цьому випадку стомлюваність пасажирів після поїздки вже мало залежить від умов перебування в салоні, а тільки від цієї тривалості.

Умови поїздки і її тривалість значною мірою визначають її привабливість в аналітичних моделях останню враховують функцією привабливості маршруту або деталізації, привабливості ділянки маршруту який відповідає довжині поїздки на цьому маршруті. Наприклад, функція привабливості на першому маршруті ділянки k це f_{1k} .

Відомо, що функція привабливості маршруту X на ділянці k може описуватися рівнянням [1]

$$f_{Xk} = \left(\frac{\tau_{сер}}{\tau_{Xk}} \right)^{0,14} \cdot \left(\frac{\gamma_{сер}}{\gamma_{Xk}} \right)^{0,23} \cdot \left(\frac{T_{сер}}{T_{Xk}} \right)^{1,69}, \quad (8)$$

Ділянка маршруту тим більше привабливості, чим менше, щодо середніх величин, час із на ньому τ_{Xk} ; середнє заповнення салону γ_{Xk} ; ціна за проїзд T_{Xk} . Таким чином, при моделюванні зміни загальної кількості пасажиромісць можливо врахувати запропоновані зміни розглянутих параметрів.

В результаті моделювання зміни загальної кількості пасажиромісць залежно від обсягу відправлень пасажирів було встановлено збільшення загальної кількості пасажиромісць й зміни у структурі парку транспортних засобів залежно від місткості (рис. 2).

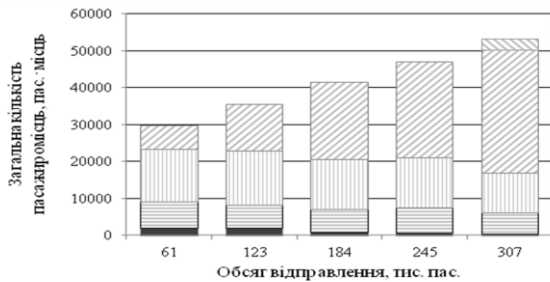


Рис. 2. Динаміка зміни загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів залежно від обсягу відправлень пасажирів:
 ■ – $q_n = 19$ пас.; ▨ – $q_n = 45$ пас.; ▩ – $q_n = 70$ пас.;
 ▤ – $q_n = 110$ пас.; ▥ – $q_n = 180$ пас.

Для відображення змін у структурі парку транспортних засобів залежно від місткості було визначено відсоткове співвідношення від загальної кількості пасажиромісць (рис. 3). Де видно, що збільшення обсягу відправлень пасажирів призводить до збільшення відсотка транспортних засобів великої місткості



Рис. 3. Розподіл загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів залежно від обсягу відправлень пасажирів:
 ■ – $q_n = 19$ пас.; ▨ – $q_n = 45$ пас.; ▩ – $q_n = 70$ пас.;
 ▤ – $q_n = 110$ пас.; ▥ – $q_n = 180$ пас.

Для визначення закономірностей зміни кількості пасажиромісць залежно від обсягу

відправлень пасажирів, було побудовано графіки цих залежностей (рис. 4-9).

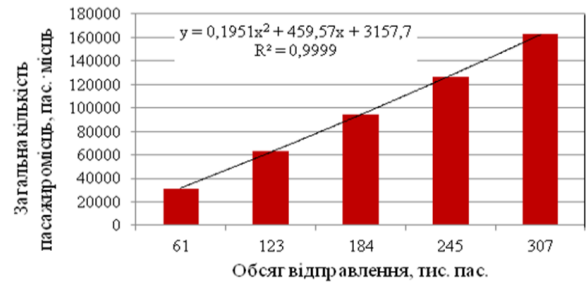


Рис. 4. Графік зміни загальної кількості пасажиромісць залежно від обсягу відправлень

Зміна загальної кількості пасажиромісць залежно від обсягу відправлень, має прямо пропорційний характер й описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = 0,9995$. Остаточний вигляд математичної моделі наступний:

$$\omega = 0,1951 \cdot \left(\sum_{i=1}^n H_{Bi} \right)^2 + 459,57 \cdot \sum_{i=1}^n H_{Bi} + 3157,7. \quad (9)$$

Натомість не таким пропорційним є розподіл структури парку транспортних засобів залежно від обраної місткості (рис. 5-9). Так при збільшенні обсягу відправлень відбувається зменшення кількості пасажиромісць для місткості 19, 45, 70 пасажирів та збільшення пасажиромісць для місткості 110, 180 пасажирів. Істотні коливання у кількості пасажиромісць для місткості 45 та 70 пасажирів носять незакономірний характер, про що свідчить значення коефіцієнта детермінації $R = -0,939$ та $R = -0,615$ відповідно.

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 19 пас.) залежно від обсягу відправлень не можливо описати, так як мала кількість експериментальних даних. При цьому можливий варіант аналітичного розрахунку наступним чином:

$$\omega_{q_n=19} = \omega - \omega_{q_n=45} - \omega_{q_n=70} - \omega_{q_n=110} - \omega_{q_n=180}. \quad (10)$$



Рис. 5. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 19 пас.) залежно від обсягу відправлень

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 45 пас.) від обсягу

відправлень описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = -0,939$ (рис. 6). Математична модель виглядає наступним чином:

$$\omega_{q_n=45} = 0,2456 \cdot \left(\sum_{i=1}^n H_{Bi} \right)^2 - 141,67 \cdot \sum_{i=1}^n H_{Bi} + 20465. \quad (11)$$

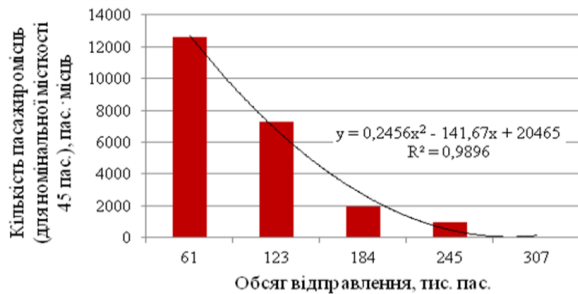


Рис. 6. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 45 пас.) залежно від обсягу відправлень

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 70 пас.) від обсягу відправлень описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = -0,615$ (рис. 7) й має наступний вигляд:

$$\omega_{q_n=70} = -0,593 \cdot \left(\sum_{i=1}^n H_{Bi} \right)^2 + 181,13 \cdot \sum_{i=1}^n H_{Bi} + 5081,7. \quad (12)$$

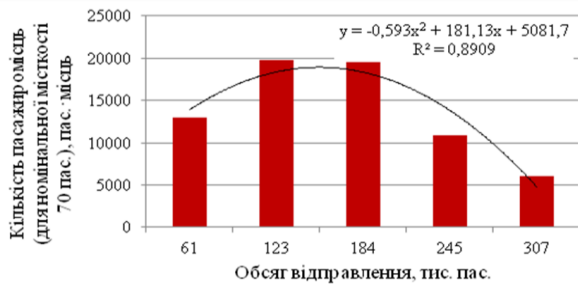


Рис. 7. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 70 пас.) залежно від обсягу відправлень

Зі свого боку залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 110 пас.) від обсягу відправлень описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = 0,911$ (рис. 8). Математична модель має вигляд:

$$\omega_{q_n=110} = -1,8702 \cdot \left(\sum_{i=1}^n H_{Bi} \right)^2 + 1038,1 \cdot \sum_{i=1}^n H_{Bi} - 58427. \quad (13)$$

Зі свого боку залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 180 пас.) від обсягу відправлень описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції $R = 0,838$ (рис. 9). Математична модель має вигляд:

$$\omega_{q_n=180} = 3,7062 \cdot \left(\sum_{i=1}^n H_{Bi} \right)^2 - 1204,5 \cdot \sum_{i=1}^n H_{Bi} + 97146. \quad (14)$$

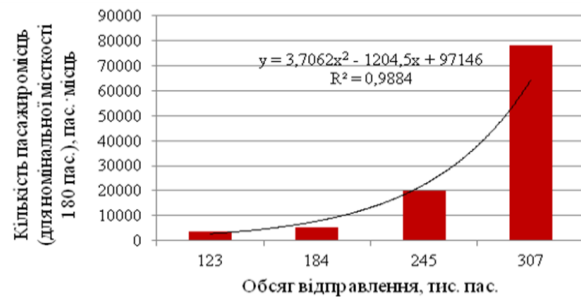


Рис. 8. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 110 пас.) залежно від обсягу відправлень

В результаті виконаної статистичної обробки результатів моделювання змін показників функціонування пасажирських транспортних систем залежно від обсягу відправлень, було отримано адекватні закономірності, що дозволяють використовувати їх у практичних розрахунках.

Висновки

Дослідження закономірностей функціонування МПТ свідчить про різноманітність пасажиромісткості транспортних засобів, які в свою чергу, здебільш мають бути від 180 до 19 пасажирів у транспортному засобі.

Проведені дослідження дозволили встановити, зі збільшенням обсягу відправлень пасажирів відбувається збільшення загальної кількості пасажиромісць, що призводить до збільшення відсотка транспортних засобів великої місткості від 21,1% до 62,4% й зменшення транспортних засобів малої та середньої місткості від 78,9% до 31,9%

Література

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Х.: Вид-во „Форт”, 2011. – 507 с.
2. Спирин І. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками [Текст] / И. В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
3. Simpson B. J. Urban public transport today [Text] / B. J. Simpson. – E&FN Spon, 2003. – 222 p.
4. Iles R. Public Transport in Developing Countries [Text] / R. Iles. – Elsevier, 2005. – 478 p.
5. Schöbel A. Optimization in public transportation [Text] / A. Schöbel. – Springer-Verlag, 2006. – 274 p.

6. de Boer E. *Transport Sociology: Social Aspects of Transport Planning [Text]* / E. de Boer. – Elsevier, 2013. – 248 p.
7. Ігнатенко О. С. *Організація автобусних перевезень у містах [Текст]* / О. С. Ігнатенко, В. С. Маруни. – К.: VTY, 1998. – 196 с.
8. Doi K. *Looking at sustainable urban mobility through a cross-assessment model within the framework of land-use and transport integration [Text]* / K. Doi, M. Kii // *IATSS Research*. – 2012. – Vol. 35. – P. 62-70.
9. Camagni R. *Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion [Text]* / R. Camagni, M.C. Gibelli, P. Rigamonti // *Ecological Economics*. – 2002. – Vol. 40. – Iss. 2. – P. 199-216.
10. Pouyanne G. *Urban form and daily mobility: methodological aspects and empirical study in the case of Bordeaux [Text]* / G. Pouyanne // *European Transport*. – 2010. – No. 44. – P. 76-95.
11. Frändberg L. *More or less travel: personal mobility trends in the Swedish population focusing gender and cohort [Text]* / L. Frändberg, B. Vilhelmson // *Journal of Transport Geography*. – 2011. – Vol. 19. – Iss. 6. P. 1235–1244.
12. Banister D. *The sustainable mobility paradigm [Text]* / D. Banister // *Transport Policy*. – 2008. – Vol. 15. – Iss. 2. – P. 73-80.

References

1. Dolya V. (2011). *Passenger traffic*. Kharkiv: Publisher "Fort", 507.
2. Spirin I. (2003). *Organization and management of passenger road transport*. Moscow: Academy, 400.
3. Simpson B. J. (2003). *Urban public transport today*. E&FN Spon, 222.

4. Iles R. (2005). *Public Transport in Developing Countries*. Elsevier, 478.
5. Schöbel A. (2006). *Optimization in public transportation*. Springer-Verlag, 274.
6. de Boer E. (2013). *Transport Sociology: Social Aspects of Transport Planning*. Elsevier, 248.
7. Ignatenko A. (1998). *Organization of bus transportation in cities*. Kyiv: UTU, 400.
8. Doi K., Kii M. (2012). *Looking at sustainable urban mobility through a cross-assessment model within the framework of land-use and transport integration*. *IATSS Research*, 35, 62-70.
9. Camagni R., Gibelli M.C., Rigamonti P. (2002) *Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion*. *Ecological Economics*, 40, 2, 199-216.
10. Pouyanne G. (2010) *Urban form and daily mobility: methodological aspects and empirical study in the case of Bordeaux*. *European Transport*, 44, 76-95.
11. Frändberg L., Vilhelmson B. (2011) *More or less travel: personal mobility trends in the Swedish population focusing gender and cohort*. *Journal of Transport Geography*, 19, 6, 1235–1244.
12. Banister D. (2008) *The sustainable mobility paradigm*. *Transport Policy*, 15, 2, 73-80.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.К. Доля, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

Автор: ІВАНОВ Ігор Євгенійович
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, кандидат технічних наук.
E-mail – kafedra_tsl@ukr.net

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА ОТПРАВЛЕНИЙ ПАССАЖИРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ КОЛИЧЕСТВА ПАССАЖИРОМЕСТ

И.Е. Иванов

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, г. Харьков

Разработана модель определения оптимального коэффициента динамического заполнения салонов транспортных средств в городе. Определены изменения общего количества пассажиромест для различных емкостей транспортных средств и их процентное соотношение, а также получены закономерности изменения количества пассажиромест (для разных номинальных емкостей) в зависимости от объема отправок пассажиров.

Ключевые слова: объем отправок, транспортная работа, подвижность, номинальная вместимость.

DETERMINE THE IMPACT OF PASSENGERS' DEPARTURES ON INDICATORS NUMBER PASSENGER SEATS

I. Ivanov

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkov

Problem sustainable distribution of traffic between modes of passenger transport is not possible, by selecting each passenger's own way of moving. It was therefore the model definition of rational dynamic coefficient of filling the salons of vehicles in the city, which takes into account the change parametriv and performance of the passenger transportation systems. It revealed changes in the total number of passenger seats for different capacity vehicles and their percentage. The result of the simulation was to obtain patterns of change in the number of passenger seats (for various nominal capacity) depending on the volume of shipments passengers. Developed regression models determine the number of passenger seats (for various nominal capacity) with a satisfactory level of adequacy.

Keywords: passengers' departures, transportation work, mobility, nominal capacity.