

УДК 656.025.2

В. В. Габа, к.т.н., професор

(професор кафедри «Управління процесами перевезень» Державного економіко-технологічного університету транспорту, м. Київ)

Т. М. Грушевська, к.т.н.

(старший викладач кафедри «Управління процесами перевезень» Державного економіко-технологічного університету транспорту, м. Київ)

В. П. Костюшко

(заступник начальника виробничого підрозділу Київської дирекції залізничних перевезень Регіональної філії «Південно-Західна залізниця», м. Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЇХНІ ОБСЯГИ В УМОВАХ КОНКУРЕНЦІЇ

Стаття присвячена питанням розробки технологічних і організаційних заходів, застосування математичних моделей забезпечення приміських пасажирських перевезень із використанням технологічних і конкурентних переваг залізничного транспорту. Розглядаються пропозиції щодо покращення якості обслуговування пасажирів і підвищення ефективності залізничних приміських перевезень. На підставі проведених досліджень можна здійснювати комплексно, системно пов'язані розрахунки важливих техніко-технологічних та організаційних параметрів приміських пасажирських перевезень. До таких параметрів можна віднести параметри графіка руху поїздів, пасажиромісткість транспортних засобів, інтервали та маршрутні швидкості їх руху, необхідний час доступу до отримання транспортної послуги, розміри пасажирських платформ, кількість і розташування на них турнікетів, забезпечення зручної та безпечної посадки пасажирів на приміські поїзди, зони обслуговування приміських пасажиропотоків, тактовий та модульний принцип застосування рухомого складу, а також можливості перевізників та інших учасників транспортного ринку щодо збільшення кількості та якості транспортних послуг. Надано рекомендації технологічного й економічного характеру щодо збільшення ймовірності вибору пасажиром для поїздки залізничного транспорту.

Ключові слова: приміські пасажирські перевезення, якість обслуговування пасажирів, пасажиропотік, технологія перевезень, організація перевезень, пасажирський рухомий склад.

© Габа В. В., Грушевська Т. М., Костюшко В. П., 2016

Статья посвящена вопросам разработки технологических и организационных мероприятий, применения математических моделей обеспечения пригородных пассажирских перевозок с использованием технологических и конкурентных преимуществ железнодорожного транспорта. Рассматриваются предложения по улучшению качества обслуживания пассажиров и повышению эффективности железнодорожных пригородных перевозок. На основе проведенных исследований можно осуществлять комплексно, системно связаны расчеты важных технико-технологических и организационных параметров пригородных пассажирских перевозок. К таким параметрам можно отнести параметры графика движения поездов, пассажироместимость транспортных средств, интервалы и маршрутные скорости их движения, необходимое время доступа к получению транспортной услуги, размеры пассажирских платформ, количество и расположение на них турникетов, обеспечения удобной и безопасной посадки пассажиров на пригородные поезда, зоны обслуживания пригородных пассажиропотоков, тактовый и модульный принцип применения подвижного состава, а также возможности перевозчиков и других участников транспортного рынка по увеличению количества и качества транспортных услуг. Предоставлено рекомендации технологического и экономического характера по увеличению вероятности выбора пассажиром для поездки железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: пригородные пассажирские перевозки, качество обслуживания пассажиров, пассажиропоток, технология перевозок, организация перевозок, пассажирский подвижной состав.

Вступ. В умовах адаптації приміського пасажирського транспорту до конкурентного середовища повинен забезпечуватись інтенсивний пошук ефективних технологій організації процесу перевезення.

За накопиченим вітчизняним і закордонним досвідом роботи залізниць, саме у сфері залізничних регіональних та приміських перевезень, може відбуватися серйозна конкуренція між перевізниками державної, приватної, змішаної форм власності. В таких умовах для забезпечення конкурентоспроможності майбутніх залізничних компаній приміських перевезень буде важливим дослідження впливу технології та організації залізничних приміських перевезень на їхні обсяги в умовах конкуренції та методів їх реалізації.

Важливим показником також є раціональне використання пасажирського рухомого складу, підвищення зручностей, комфорту пасажирів на залізницях.

Все це зумовлює привабливість транспортних послуг приміської компанії порівняно з іншими перевізниками. Особливо актуальним в сучасних умовах є розробка комплексу задач з визначення раціональних експлуатаційних параметрів, що сприяють підвищенню ефективності приміських перевезень, зокрема: розрахунок кількості приміських поїздів з різною частотою, пасажиромісткістю і кількістю вагонів; визначення показників, що характеризують якість приміських пасажирських перевезень та ін. [1].

Постановка проблеми та її зв'язки з науковими і практичними завданнями. У зв'язку із необхідністю підвищення конкурентоспроможності приміських пасажирських перевезень все більшої актуальності набуває завдання зацікавити пасажирів до послуг залізничного транспорту. Це є одним із пріоритетних

питань Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки [1]. Тому з метою покращення ефективної організації приміських пасажирських залізничних перевезень необхідно досліджувати вплив технології та організації залізничних приміських перевезень на їхні обсяги в умовах конкуренції, враховуючи статистичні дослідження транспортного ринку.

Аналіз попередніх досліджень і виділення невирішених раніше аспектів проблеми, яким присвячена стаття. Розвиток досліджень щодо підвищення ефективності організації залізничних пасажирських приміських перевезень, питань якості транспортних послуг у науково-практичній літературі згадуються все частіше, що зумовлено зростаючою актуальністю проблеми. Найбільше робіт було присвячено питанням якості транспортних послуг, тривалості часу поїздки, часу очікування до початку поїздки, вартісній оцінці часу, що витрачає пасажир та поїзд різними видами транспорту. Серед публікацій доцільно відзначити роботи таких науковців як І.М. Аксьонов, Т.В. Бутько, О.М. Гудков, М.Д. Жердев, Д.В. Константинов, Ф. П. Кочнев, Ю.Ф. Кулаєв, Д.В. Ломотько, В.І. Мацюк, В.К. Мироненко, Ю.О. Пазойський, В.М. Самсонкін, В.Г. Шубко та інших авторів.

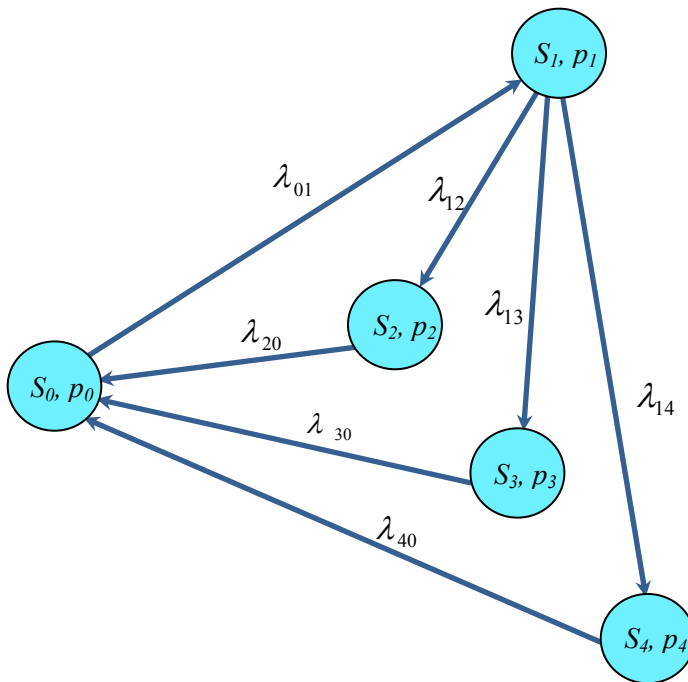
Виклад основного матеріалу дослідження. Моделювання впливу технології та організації залізничних приміських пасажирських перевезень на їхні обсяги в умовах конкуренції на транспортному ринку є ефективним засобом вдосконалення, оптимізації системи організації приміських пасажирських перевезень та підвищення якості транспортного обслуговування.

В процесі проведених досліджень визначено, які фактори приваблюють пасажирів або відштовхують їх від того чи іншого виду перевезень:

- термін перебування пасажирів в дорозі;
- час відправлення та прибуття як на основні, так і на проміжні станції;
- рівень комфорту в поїздах;
- вартість проїзду;
- безпека руху;
- незалежність від кліматичних умов;
- початкові та кінцеві витрати часу, пов'язані з організацією поїздки.

У конкурентному середовищі на ринку транспортних послуг підвищується рівень автомобілізації населення, що призводить до підвищення вимог до громадського транспорту. Тому для того щоб залишатись конкурентоспроможним видом транспорту, необхідно в повній мірі задовольняти потреби пасажирів при перевезенні, а також підвищувати якість обслуговування.

Для дослідження впливу технології та організації залізничних приміських перевезень на їхні обсяги в умовах конкуренції на транспортному ринку застосуємо як досвід побудови аналогічних математичних моделей [2, 3, 4], так і аналогію з марковськими процесами [5], при яких система переходить із стану S_i у стан S_j (і перебуває в них з ймовірностями P_i та P_j) під дією певних потоків подій, які (потоки) мають інтенсивність λ_{ij} . В умовах постановки задачі просторового розподілу пасажирів в мережі повним описом стану системи перевезень є визначення поведінки пасажирів щодо вибору напрямку руху. Орієнтований граф станів системи наведено на рис. 1.



де

-  – відсутність пасажирів;
-  – наявність пасажирів, вибір транспорту;
-  – перевезення залізничним видом транспорту;
-  – перевезення автомобільним видом транспорту;
-  – перевезення приватним видом транспорту (приватне авто).

Рис. 1. Орієнтований граф станів системи (S_i, p_i – i -й стан системи та ймовірність знаходження системи в i -му стані)

Розглянемо систему конкурентного транспортного ринку «пасажир – альтернативні перевізники», де кількість пасажирів у визначений період часу може бути перевезена залізничним або автомобільним транспортом, причому рішення приймає пасажир, враховуючи економічні, організаційно-технологічні та інші переваги чи недоліки цих видів транспорту [2, 3].

Гіпотеза полягає в тому, що інтенсивність потоку подій залежить від економічних та організаційно-технологічних параметрів транспортного обслугову-

вання, різні сполучення яких роблять інтенсивності потоків більш чи менш інтенсивними, а різні стани системи – більш чи менш ймовірними [2, 3].

Як стан S_2 розглядатимемо перевезення пасажирів обраним для цього залізничним транспортом, стан S_3 – перевезення автомобільним транспортом, а стан S_4 – перевезення приватним видом транспорту (автомобіль). Таким чином, ці три види транспорту розглядаємо як конкурентні, альтернативні. Описаним станам поставимо у відповідність їхні ймовірності і запишемо систему рівнянь балансу потоків для фінальних ймовірностей станів. Ця система, складена за відомими правилами [5], має вигляд:

$$\begin{cases} \lambda_{01} \cdot p_0 = \lambda_{20} \cdot p_2 + \lambda_{30} \cdot p_3 + \lambda_{40} \cdot p_4 \\ (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14}) \cdot p_1 = \lambda_{01} \cdot p_0 \\ \lambda_{20} \cdot p_2 = \lambda_{12} \cdot p_1 \\ \lambda_{30} \cdot p_3 = \lambda_{13} \cdot p_1 \\ \lambda_{40} \cdot p_4 = \lambda_{14} \cdot p_1 \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1 \end{cases} \quad (1)$$

З цієї системи рівнянь спочатку знайдемо p_1 , а потім усі інші ймовірності станів:

$$p_1 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14}}{\lambda_{01}} + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{20}} + \frac{\lambda_{13}}{\lambda_{30}} + \frac{\lambda_{14}}{\lambda_{40}}}; \quad (2)$$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{20}}; \quad (3)$$

$$p_3 = p_1 \cdot \frac{\lambda_{13}}{\lambda_{30}}; \quad (4)$$

$$p_4 = p_1 \cdot \frac{\lambda_{14}}{\lambda_{40}}; \quad (5)$$

$$p_0 = p_1 \cdot \frac{\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14}}{\lambda_{01}}; \quad (6)$$

Якщо припустити, що кожний стан системи перевезень здійснюється з рівною ймовірністю, то можна знайти найбільш ймовірний розподіл потоків.

Тепер визначимо інтенсивності пасажиропотоків, спираючись на гіпотезу, що наведена вище, використовуючи при цьому як натуральні, так і економічні параметри транспортного обслуговування. Отже, інтенсивності пасажиропотоків такі [2]:

$$\lambda_{01} = \frac{B}{T}, \quad (7)$$

де B – економічна вигода пасажира від проїзду транспортом загального користування, у порівнянні з приватним транспортом, грн;

T – період часу (годин, діб тощо), год.

Інтенсивності потоків λ_{12} , λ_{13} та λ_{14} , які зумовлюють вибір пасажиром одного з трьох видів транспорту (залізничного, автомобільного або приватного авто), визначаються за допомогою таких міркувань. Величина λ_{1j} повинна розраховуватися так:

$$\lambda_{1j} = \frac{C_6 - \Pi_j}{z_j}, \quad (8)$$

де C_6 – вартість проїзду під час поїздки приватним автомобілем, грн;

Π_j – вартість квитка пасажира, необхідна для його здійснення j -м видом транспорту (вартість проїзду $j = 2$ – залізничний транспорт, $j = 3$ – автомобільний транспорт, $j = 4$ – приватне авто), грн;

z_j – повний час транспортного обслуговування пасажира, який містить наведені нижче складові, год [2];

$$z_j = \tau_j + \frac{T \cdot q_j}{A_m} + \frac{L_j}{V_j}, \quad (9)$$

де A_m – обсяг перевезень пасажирів, який треба здійснити протягом періоду часу T (годин, діб тощо), пасажирів;

τ_j – час до початку подорожі (наприклад, час під'їзду до залізничної станції, підходу до приміських кас, автостоянки, час на купівлю квитка), год;

$\frac{T \cdot q_j}{A_m}$ – середній інтервал відправлення транспортних засобів (час очікування відправлення), який визначається за допомогою уже відомих величин, год;

$\frac{L_j}{V_j}$ – тривалість перебування пасажира в процесі перевезення, яка залежить від його відстані L_j та швидкості V_j , год;

Інтенсивності потоків λ_{20} , λ_{30} та λ_{40} (у загальному виді λ_{j0}), які повертають систему у стан «немає пасажирів» після завершення перевезення пасажирів протягом часу, є такими [2]:

$$\lambda_{j0} = \frac{C_j}{T}. \quad (10)$$

Очевидно, що чим більшими є питомі економічні вигоди від перевезення пасажирів за одиницю часу, тим швидше відбувається перевезення пасажирів (система повертається у стан «немає пасажирів»), але лише для того, щоб розпочати новий цикл отримання вигод (повертається у стан «є пасажир»).
Після наведених вище формул розпишемо в розгорнутому вигляді формулу –

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{20}}.$$

$$p_2 = \frac{\frac{C_6 - 1}{C_2}}{z_2 \cdot \left[\frac{1}{T} + \frac{C_6 - 1}{C_2} + \frac{C_6 - 1}{C_3} + \frac{K - 1}{z_4} + \frac{1}{B} \cdot \left(C_2 \cdot \frac{C_6 - 1}{z_2} + C_3 \cdot \frac{C_6 - 1}{z_3} + \frac{C_6}{z_4} \cdot \left(1 - \frac{1}{K} \right) \right) \right]}. \quad (11)$$

Формула 11, яка в розгорнутому вигляді відображає залежність ймовірності (шансів) вибору потенційним пасажиром залізничного транспорту, показує, що ці шанси залежать від сукупності технологічних, організаційних та економічних параметрів, що відображають умови перевезення пасажирів різними видами транспорту, які конкурують між собою. Очевидно, що ця залежність носить складний нелінійний характер, а змінні z_2 , z_3 та z_4 у свою чергу залежать від інших параметрів.

При наведених вихідних даних ймовірність вибору залізничного транспорту P_{zm} , якщо у пасажирів немає іншого вибору, ніж між залізничним, автомобіль-

ним транспортом і приватним авто, складатиме: $P_{zm} = \frac{p_2}{p_2 + p_3 + p_4}$ (така мето-

дика розрахунку є коректною, оскільки ймовірності вибору того чи іншого виду транспорту – це ймовірності подій, що утворюють повну групу, сума ймовірностей яких завжди дорівнює одиниці).

Тепер розпишемо в загальному вигляді формулу для визначення ймовірності вибору потенційним пасажиром залізничного транспорту, автомобільного та приватного авто. Формула ймовірності вибору потенційним пасажиром залізничного транспорту приймає вигляд:

$$P_{zm} = \frac{\frac{C_6 - 1}{C_2}}{\left(\frac{C_6 - 1}{C_2} \right) + \frac{z_2}{z_3} \cdot \left(\frac{C_6 - 1}{C_2} \right) + \frac{z_2}{z_4} \cdot (K - 1)}. \quad (12)$$

Формула ймовірності вибору потенційним пасажиром автомобільного транспорту приймає вигляд:

$$P_{am} = \frac{\frac{I}{z_3} \cdot \left(\frac{C_6}{\Pi_3} - I \right)}{\frac{I}{z_2} \cdot \left(\frac{C_6}{\Pi_2} - I \right) + \frac{I}{z_3} \cdot \left(\frac{C_6}{\Pi_3} - I \right) + \frac{K - I}{z_4}} \quad (13)$$

Формула ймовірності вибору потенційним пасажиром приватного авто приймає вигляд:

$$P_{np} = \frac{\frac{K - I}{z_4}}{\frac{I}{z_2} \cdot \left(\frac{C_6}{\Pi_2} - I \right) + \frac{I}{z_3} \cdot \left(\frac{C_6}{\Pi_3} - I \right) + \frac{K - I}{z_4}} \quad (14)$$

Дослідження залежності P_{zm} від сукупності зазначених параметрів та умов виконано за допомогою розрахунків, результати, яких наведені на рис. 2, 3.

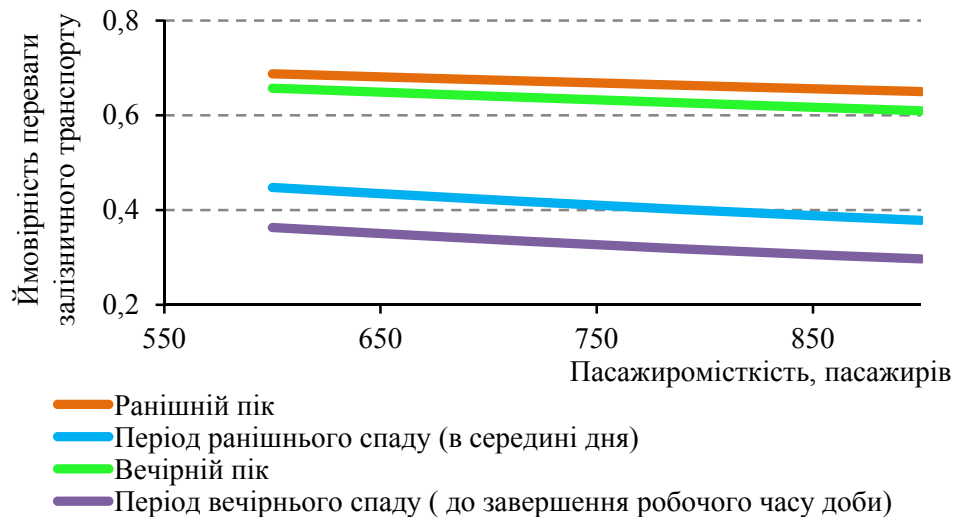


Рис. 2. Залежність імовірності надання пасажиром переваги залізничному транспорту від пасажиромісткості транспортного засобу

З рис. 2 видно, що залежність ймовірності переваги залізничного транспорту від пасажиромісткості приміського електропоїзда збільшується в ранішні та вечірні пікові періоди і сягає від 60 до 70 %, а в періоди ранішнього та вечірнього спаду навпаки зменшується і може коливатися від 29 до 45 %, залежно від пасажиромісткості транспортного засобу.

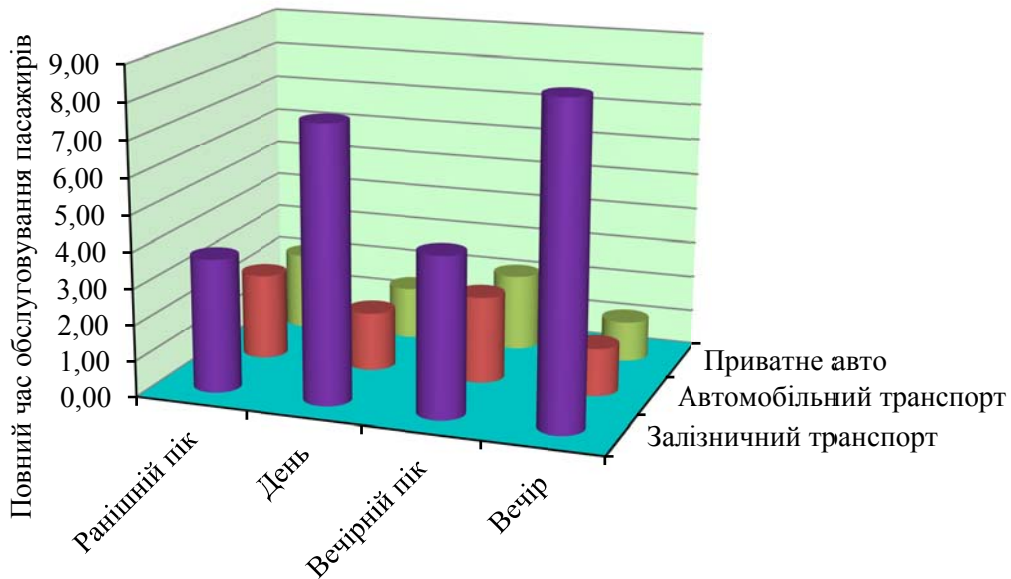


Рис. 3. Залежність повного часу обслуговування пасажирів кожним видом транспорту від періоду доби

З рис. 3 видно як протягом доби змінюється повний час обслуговування конкретним видом транспорту.

З теоретичної точки зору застосування цієї моделі та її призначення полягають у тому, щоб визначити P_{zt} – ймовірність переваги вибору потенційним пасажиром залізничного транспорту з урахуванням сукупності технологічних, організаційних та економічних параметрів, що впливають на транспортний потік та відображають умови перевезення пасажирів різними видами транспорту.

Висновок. Значний ефект для збільшення обсягів перевезень пасажирів залізничним транспортом в умовах його конкуренції з автомобільним є удосконалення організації і технологій доставки пасажирів, передусім шляхом скорочення тривалості очікування поїздки та збільшення маршрутних швидкостей.

Як основні фактори удосконалення системи залізничних приміських пасажирських перевезень в умовах ресурсних обмежень повинні розглядатися технологічні та організаційні фактори, ефективність застосування яких повинна оцінюватися повнотою та якістю задоволення попиту на перевезення і положенням перевізника на транспортному ринку.

Як технологічні фактори виділяються: пасажиромісткість транспортних засобів, інтервали та маршрутні швидкості їх руху, необхідний час доступу до отримання транспортної послуги, а як організаційні – форми організації руху пасажирських транспортних засобів, а саме розклади та графіки руху, зони обслуговування приміських пасажиропотоків, тактовий та модульний принцип застосування рухомого складу, а також можливості перевізників та інших учасників транспортного ринку щодо збільшення кількості та якості транспортних послуг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грушевська Т.М. Технологія приміських перевезень в залежності від інтервалу відправлення і дальності перевезення пасажирів [Текст] / Т.М. Грушевська // Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕТУТ, 2013. – Вип. 22. – С. 164 – 170.
2. Мироненко В.К. Математична модель організації залізничних приміських пасажирських перевезень на конкурентному транспортному ринку [Текст] / В.К. Мироненко, Т.М. Грушевська, О.Г. Родкевич // Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕТУТ, 2014. – Вип. 25. – С. 189 – 195.
3. *Натурні* дослідження та математичні моделі приміських пасажирських перевезень / В.К. Мироненко, В.В. Габа, В.І. Мацюк та ін. / Наукоємні технології №4 (24). – 2014. – С. 496 – 502.
4. *Моделювання* транзитних транспортних потоків / В.К. Мироненко, В.І. Мацюк, Г.С. Висоцька, Н.М. Алексійчук // Автошляховик України №6(230). – 2012. С. 17 – 22.
5. *Вентцель Е.С.* Исследование операций: задачи, принципы, методология. – 2-е изд., стер. – М.: Наука. – Гл. изд. физ.-мат. лит., 1988. – 208 с.

***Vasul V. Gaba, PhD (Technical Sciences), Professor
(Professor, Operation of Transportation Processes Chair, State University for Transport Economy and Technologies)***

***Tetiana M. Hrushevska, PhD (Technical Sciences)
(Associate Professor, Operation of Transportation Processes Chair, State University for Transport Economy and Technologies)***

***Victor P. Kostyushko
(Graduate Student of Transportation Processes Chair, Deputy Head of the Unit of the Kyiv Regional Directorate of Rail Transport Branch «South-Western Railway»)***

**RESEARCH OF INFLUENCE TECHNOLOGY AND ORGANIZATIONS
OF RAIL COMMUTER TRAFFIC ON THEIR VOLUMES UNDER
COMPETITION**

Article is devoted to the development of technological and organizational measures of application of mathematical models suburban passenger services using technological and competitive advantages of rail transport. We consider proposals on for improving the quality of passenger service and increase the efficiency of rail commuter traffic. Based on the investigations can be carried out comprehensively, systemically important payments related technical, technological and organizational parameters of suburban passenger traffic. These parameters include parameters of the train schedule, passenger vehicles, intervals and shuttle on speed of their movement, the necessary time to obtain access to transport services, the size of passenger platforms, the number and location of them turnstiles, providing the comfortable and safe boarding of passengers on commuter trains commuter passenger service zone, clock and modular principle of rolling stock and opportunities carriers and other participants of the transport market to increase the number and quality of transport services. Are given recommendations of technological and economic nature to increase the probability of choice by a passenger for the journey of railway transport.

***Keywords:** suburban passenger services, quality of service for passengers, passenger flow, technology of transportation, organization of transportation, passenger rolling stock.*

REFERENCES

1. Hrushevska T.M. Tekhnolohiia prymiskykh perevezen v zalezhnosti vid intervalu vidpravlennia i dalnosti perevezennia pasazhyriv [Tekst] / T.M. Hrushevska // Zbirnyk naukovykh prats DETUT. Seriia «Transportni systemy i tekhnolohii». – K.: DETUT, 2013. – Vyp. 22. – S. 164 – 170.
2. Myronenko V.K. Matematychna model orhanizatsii zaliznychnykh prymiskykh pasazhyrskykh perevezen na konkurentnomu transportnomu rynku [Tekst] / V.K. Myronenko, T.M. Hrushevska, O.H. Rodkevych // Zbirnyk naukovykh prats DETUT. Seriia «Transportni systemy i tekhnolohii». – K.: DETUT, 2014. – Vyp. 25. – S. 189 – 195.
3. Naturni doslidzhennia ta matematychni modeli prymiskykh pasazhyrskykh perevezen / V.K. Myronenko, V.V. Haba, V.I. Matsiuk ta in. / Naukoiemni tekhnolohii №4 (24). – 2014. – S. 496 – 502.
4. Modeliuvannia tranzytnykh transportnykh potokiv / V.K. Myronenko, V.I. Matsiuk, H.S. Vysotska, N.M. Aleksiiichuk // Avtoshliakhovyk Ukrainy №6(230). – 2012. S. 17 – 22.
5. Venttsel E.S. Yssledovanye operatsyi: zadachy, pryntsyphu, metodolohiia. – 2-e yzd., ster.