

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 656.025.2

Т. М. ГРУШЕВСЬКА^{1*}

^{1*}Каф. «Управління процесами перевезень», Державний економіко-технологічний університет транспорту, вул. М. Лукашевича, 19, Київ, Україна, 03049, тел. +38 (044) 409 24 40, ел. пошта tanya.grushevskaya@yandex.ua, ORCID 0000-0002-8480-2283

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ

Мета. Дослідження спрямовано на визначення закономірностей змін населеності составів поїздів та підходу приміських пасажирів на посадку для визначення техніко-технологічних параметрів приміських пасажирських перевезень. **Методика.** Для досягнення поставленої мети були визначені методи дослідження населеності составів, основні періоди підходу пасажирів на платформу, що впливають на населеність вагонів у різні періоди доби. **Результати.** На основі проведених досліджень можна здійснювати комплексні, системно пов'язані розрахунки важливих техніко-технологічних параметрів приміських пасажирських перевезень. До таких параметрів можна віднести: параметри графіка руху поїздів, населеність вагонів, кількість квиткових кас, розміри пасажирських платформ, кількість та розташування на них турнікетів, забезпечення зручної та безпечної посадки пасажирів на приміські поїзди. Запропоновано використовувати відносні показники населеності составів поїздів, а також узагальнені теоретичні залежності інтенсивності підходу пасажирів на посадку в поїзди. Наведено графіки, де існує нерівномірність попиту перевезень, який оцінюється фактичною населеністю составів поїздів, що встановлювалася шляхом безпосередніх натурних спостережень у вагонах поїздів. Результати дослідження погодинного розподілу пасажиропотоку дозволили встановити, що нерівномірність за періодами доби має явно виражений характер прояву, особливо у ранковий та вечірній періоди «пік». Розміри перевезень у ці години не відповідають комфортним умовам проїзду пасажирів у приміських електропоїздах. **Наукова новизна.** Запропоновано новий підхід щодо визначення закономірностей змін населеності приміських поїздів, підходу приміських пасажирів на платформу. Представлено співставлення реальних кривих розподілу та апроксимованих теоретичних кривих інтенсивності підходу пасажирів та заповнення поїзда, а також формули, за допомогою яких описуються виявлені закономірності. Ці формули можуть бути використані для побудови відповідних математичних моделей, що описують процес підходу пасажирів на посадку у поїзди. **Практична значимість.** Використання встановлених закономірностей дозволить в подальшому прогнозувати кількість перевезених пасажирів у конкретних поїздах, оптимізуючи при цьому розклад руху приміських поїздів, інтервал між поїздами, а також необхідну кількість рухомого складу.

Ключові слова: населеність вагонів; міжпоїзний інтервал; приміські пасажирські перевезення; пасажиропотік; інтервали підходу пасажирів

Вступ

Характерною особливістю приміських пасажирських перевезень, порівняно з іншими видами залізничних пасажирських сполучень, є: коливання пасажиропотоків по годинах доби, днях, місяцях і сезонах, перевезення великої

кількості пасажирів на короткі відстані, різке падіння пасажиропотоку по мірі віддалення від головної станції. Все це значно ускладнює раціональну організацію цих перевезень. До того ж, морально застаріла матеріально-технічна база зношена вже більше, ніж на 90 %, онов-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

лення парку відбувається дуже повільними темпами. У такій ситуації залізниці вимушені скорочувати кількість приміських поїздів на багатьох напрямках. Відповідно найбільша кількість дорікань пасажирів припадає саме на приміські перевезення, що призводить до поступової втрати позиції лідера приміських перевезень пасажирів у конкурентній боротьбі з маршрутним автотранспортом, який на сьогодні має успішний розвиток.

За досвідом німецьких та інших залізниць, які найбільш успішно пройшли шлях реформування залізничного транспорту, саме у сфері залізничних регіональних і приміських перевезень може відбуватися серйозна конкуренція між перевізниками державної, приватної, змішаної форм власності і навіть іноземними перевізниками. [12, 13]. В таких умовах для забезпечення конкурентоспроможності майбутніх вітчизняних залізничних компаній приміських перевезень буде критично важливим забезпечити оптимальне використання рухомого складу як за населеністю, так і за пробігом (що є взаємопов'язаними показниками). Обидва ці показники безпосередньо впливають на ефективність використання рухомого складу та умови проїзду пасажирів, які зумовлюють привабливість транспортних послуг приміської компанії порівняно з іншими перевізниками.

Ефективне використання пасажирського рухомого складу у майбутніх умовах реформування залізничного транспорту, коли доступ до інфраструктури залізниць для операторів як вантажних, так і пасажирських перевезень [14] буде здійснюватись за плату, за прикладом європейських, американських та інших залізниць, потягне за собою також і найбільш ефективне використання наданої перевізникові частки пропускної спроможності («нитки графіка») [14].

Разом з цим підвищуються вимоги до якості обслуговування пасажирів, швидкості та зручності перевезень для повного задоволення вимог та бажань споживачів. Тому ефективна організація приміських перевезень і високоякісне обслуговування пасажирів у сучасних умовах перехідного розвитку галузі неможливі без введення нових управлінських підходів у систему організації приміських пасажирських перевезень. Такі підходи повинні базуватись на виявленні закономірностей відправлення та перевезення пасажирів приміськими поїздами

і бути основою організації руху приміських поїздів з різною частотою, пасажиромісткістю і кількістю вагонів у составі, а також розрахунку кількості поїздів для освоєння пасажиропотоку на конкретній ділянці та ін.

У розвиток досліджень щодо вдосконалення нових технологій організації приміських залізничних пасажирських перевезень значний внесок зробили такі автори: Т. В. Бутько, Т. А. Веретенкова, О. М. Гудков, Д. В. Константінов, Ф. П. Кочнев, Н. В. Левадна, Д. В. Ломотько, В. І. Мацюк, В. К. Мироненко, Ю. О. Пазойський, Р. В. Панк, А. В. Прохорченко, Л. С. Рябуха, П. В. Самарцев, В. М. Самсонкін, В. І. Терзи, В. Г. Шубко, П. О. Яновський та інші [7, 9, 11].

Однак вищеперераховані напрацювання недостатньо враховують закономірності пасажиропотоків, зокрема погодинної нерівномірності, населеності приміських поїздів.

Дослідження цих вчених присвячені напрямку вирішення проблеми підвищення доходності приміських пасажирських перевезень та підвищення якості обслуговування пасажирів. Незважаючи на різноманітність поглядів, актуальним та відкритим залишається питання дослідження закономірностей пасажиропотоків у залізничному приміському сполученні, а також удосконалення зміни населеності составів приміських поїздів з різними міжпоїзними інтервалами.

Мета

Визначення закономірностей змін населеності составів поїздів та підходу приміських пасажирів на посадку для визначення параметрів графіка руху поїздів, кількості квиткових кас та турнікетів, забезпечення зручної та безпечної посадки пасажирів на приміські поїзди.

Методика

Для визначення закономірностей змін населеності составів поїздів та підходу приміських пасажирів на посадку було визначено методи дослідження населеності составів, основні періоди підходу пасажирів на платформу, що впливають на населеність вагонів у різні періоди доби.

З метою більш глибокого вивчення цього процесу були здійснені прямі спостереження надходження пасажирів на зупиночні пункти у Фастівському напрямку Київського залізнич-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ного вузла, де хронометрувався час приходу пасажирів на платформу до моменту відправлення поїзда.

Дослідження закономірностей пасажиропотоків у залізничному приміському сполученні виконуються із застосуванням методів математичної статистики.

Результати

Зручність розкладу руху приміських поїздів на напрямках є одним із основних якісних показників, що характеризує привабливість залізничного транспорту для пасажирів [1, 8]. Для раціонального встановлення інтервалів між приміськими поїздами, визначення кількості квиткових кас і турнікетів, підвищення зручностей та доступності транспортних послуг для пасажирів необхідно дослідити режим підходу пасажирів на платформу, населеність вагонів в поїздах приміського сполучення залежно від часу доби та сезонності.

Оскільки пасажиропотік є основним фактором при виборі кількості вагонів у складі приміських поїздів, міжпоїзних інтервалів та інших параметрів, необхідно дослідити закономірності підходу пасажирів на платформу перед відправленням приміських поїздів, темпи заповнення та населеність поїздів і підібрати закон розподілу для використання цього процесу в практичних цілях. При цьому натурні спостереження таких досліджень повинні доповнюватися їх теоретичним узагальненням.

Удосконалення системи приміських пасажирських перевезень у сучасних умовах розвитку залізничного транспорту України є одним із пріоритетних питань у програмах Укрзалізниці щодо розвитку залізничних перевезень [5, 10].

Слід визнати, приміські залізничні пасажирські перевезення поступово втрачають свою привабливість, незважаючи на відносно невисокі рівні тарифів у приміському сполученні, через застарілий рухомий склад та меншу інтенсивність руху порівняно з автомобільним транспортом. Тому в умовах, що склалися, адаптувати приміський пасажирський транспорт можливо, лише використовуючи його переваги в техніко-технологічних аспектах, які визначають загальний час, що витрачає пасажир на поїздку та умови, в яких перебуває пасажир під час поїздки у рухомому складі.

Приміським пасажиропотокам властива істотна нерівномірність у часі, і можна розрізняти характерні періоди доби, протягом яких інтенсивність пасажиропотоків можна вважати постійною. Це ранішній період «пік» і значно менш інтенсивний період прибуття поїздів на головну станцію ділянки, а також вечірній період «пік» і менш інтенсивний період відправлення поїздів із головної станції. [4]. На ці періоди припадає близько 90 % всього пасажиропотоку (за напрямками). Саме в такі періоди залізниця може використовувати свою найбільшу технологічну перевагу – забезпечення великої провізної спроможності разом із надійністю сполучень.

Для більш наочної картини по пікових періодах наведемо графіки зміни попиту на перевезення в абсолютних величинах постанційно у Фастівському напрямку (рис. 1).

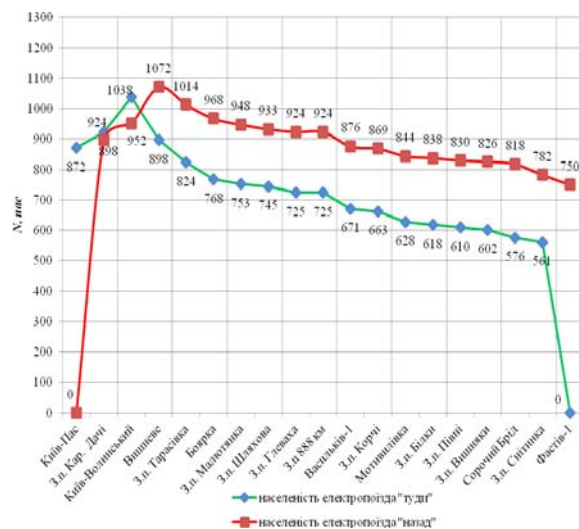


Рис. 1. Динаміка населеності електропоїздів постанційно дільниці Київ-Пасажирський–Фастів

Fig. 1. Dynamics of electric trains rate, station-by-station of Kyiv-Passenger – Fast section

Із наведених на рис. 1 графіків видно також, що існує нерівномірність обсягів перевезень (попиту) у прямому та зворотному напрямках. Нерівномірність за напрямками виявляється тоді, коли паралельно проходить декілька шляхів сполучення, в цьому випадку це залізничні та автомобільні шляхи сполучення, і пасажир здійснює поїздку «туди» одним видом транспорту, «назад» – іншим. Отже, дані щодо фактичної населеності поїздів у співставленні їх мож-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ливостями перевезення пасажирів альтернативними маршрутами інших видів транспорту можуть використовуватися для оцінки конкуренції на транспортному ринку.

Попит на перевезення оцінюється фактичною населеністю составів поїздів, яка встановлювалася шляхом безпосередніх натурних спостережень у вагонах поїздів. Ці спостереження виконуються регулярно працівниками дирекції залізничних перевезень. Однак, на нашу думку, отримані при таких спостереженнях дані потребують подальшого опрацювання, а саме їх співставлення з номінальною кількістю сидячих місць у приміських поїздах, тобто вираження у відносних величинах.

Результати дослідження погодинного розподілу пасажиропотоку у Фастівському напрямку у відносних величинах (до номінальної кількості сидячих місць у вагонах приміських поїздів) зображено на рис. 2.

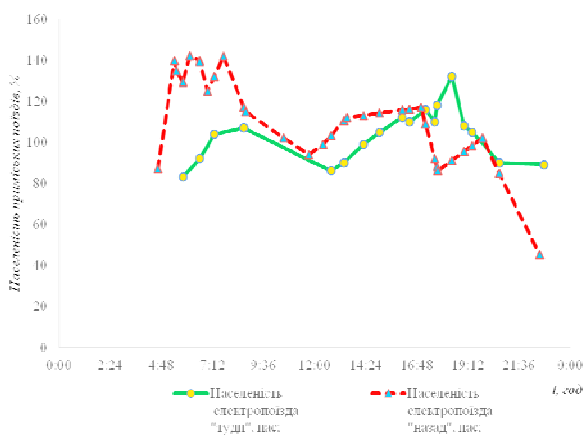


Рис. 2. Динаміка населеності приміських поїздів за періодами доби на дільниці Київ–Фастів

Fig. 2. Dynamics of habitability suburban trains by periods of day at the station Kyiv-Fastiv

Нерівномірність за періодами доби більш суттєва, має явно виражений характер прояву, особливо у ранковий та вечірній періоди «пік». Розміри перевезень у ці години не відповідають комфортним умовам проїзду пасажирів у приміських електропоїздах.

Дослідження погодинного розподілу пасажиропотоку прибуття на головну станцію напрямку, зображеного на рис. 2, дозволило встановити, що найбільший обсяг перевезень має місце з 5 до 9 год ранку. Частка пасажиропотоку, що прибуває на головну станцію в інтенсивний ранковий період, складає 45 % добового прибуття. У період з 9 год ранку до 13 год спостерігається поступове зниження прибуття пасажирів, частка пасажиропотоку складає 21 % добового прибуття. А з 13 до 20 год відбувається збільшення інтенсивності перевезення та зростання розмірів пасажиропотоку, частка якого складає 34 % добового прибуття. В період з 22 до 5 год ранку приміські поїзди відсутні.

Дослідження погодинного розподілу пасажиропотоку відправлення з головної станції Фастівського напрямку дозволили встановити, що розподіл відбувається навпаки порівняно з динамікою прибуття. Найбільший обсяг перевезень припадає з 15 до 19 год, частка пасажиропотоку, що відправляється з станції Київ-Пасажирський в інтенсивний вечірній період складає 50 % добового відправлення. З 6 до 10 год відбувається ранкове збільшення інтенсивності перевезень, максимум якого припадає на період з 7 до 9 год. Частка пасажиропотоку складає 30 % добового відправлення. У період з 9 до 13 год відбувається зниження пасажиропотоку до 85 %, а потім у період з 13 до 15 год спостерігається поступове збільшення відправлення пасажиропотоку, частка якого складає 20 % добового відправлення. Вечірній період пік припадає з 15 до 19 год. Частка пасажиропотоку цього періоду складає 50 % добового відправлення. У пікові періоди населеність поїздів на 30–40 % перевищує їх номінальну пасажиромісткість, а це означає, що перевезення пасажирів здійснюється у некомфортних умовах проїзду.

Отже, для оцінки умов проїзду пасажирів у приміських поїздах слід користуватися саме відносними величинами їх населеності.

Умови проїзду пасажирів у поїздах є, можна сказати, «наслідком» умов їх посадки в поїзди. Для дослідження закономірностей формування пасажиропотоків приміських перевезень під час посадки в поїзди були здійснені натурні спостереження надходження приміських пасажирів на платформу перед відправленням приміських поїздів.

Спостереження виконувались у вечірні години пік по станції Київ-Пасажирський у Фастівському напрямку у вересні 2013 року. Встановлено, що час приходу приміських пасажирів має коливання, оскільки більшість пасажирів користуються приміським пасажирським транспортом часто і знають розклад руху поїздів.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Тому можна стверджувати, що значна кількість пасажирів приходить на платформу безпосередньо перед відправленням поїзда, створюючи додаткові незручності під час посадки та тісняву на платформах.

Дослідження виявили, що у більшості випадків поява першого пасажирів на платформі зафіксована не раніше ніж за 35–40 хвилин до прибуття поїзда. Потім виконувався підрахунок кількості пасажирів, які надходили на платформу, за п'ятихвилинними інтервалами, до моменту відправлення поїзда. На основі вибірки виконано математичний аналіз значень часу приходу пасажирів, який дозволяє визначити параметри, які характеризують закономірність зміни досліджуваної величини [2, 3, 6]. Характерні графіки приходу пасажирів на платформу наведені на рис. 3–5, на яких, як приклад, наведено три поїзди (три спостереження з інтервалами між поїздами 40, 24 і 8 хвилин відповідно).

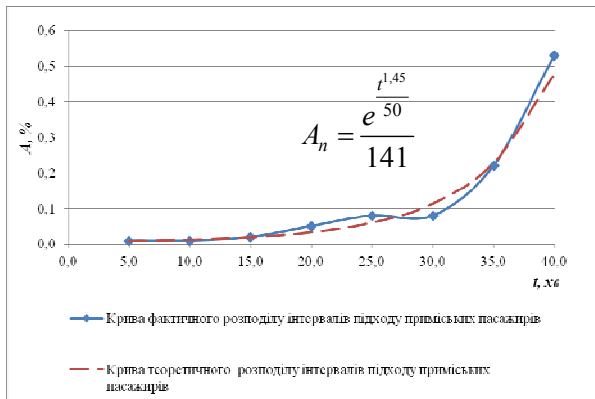


Рис. 3. Криві фактичного і теоретичного режиму підходу приміських пасажирів для міжпоїзного інтервалу 40 хв: t – час до прибуття приміського поїзда

Fig. 3. Curves of actual and theoretical approach mode of commuters for intertrain interval of 40 min

На рис. 3–5 наведено співставлення реальних кривих розподілу та апроксимованих теоретичних кривих інтенсивності підходу пасажирів та заповнення поїзда, а також формули, за допомогою яких описуються виявлені закономірності. Ці формули можуть бути використані для побудови відповідних математичних моделей, що описують процес підходу пасажирів на посадку у поїзди.

Значення числових характеристик інтервалів підходу приміських пасажирів на електропоїзди наведено в табл. 4.



Рис. 4. Криві фактичного і теоретичного режиму підходу приміських пасажирів для міжпоїзного інтервалу 24 хв

Fig. 4. Curves of actual and theoretical approach mode of commuters for intertrain interval of 24 min

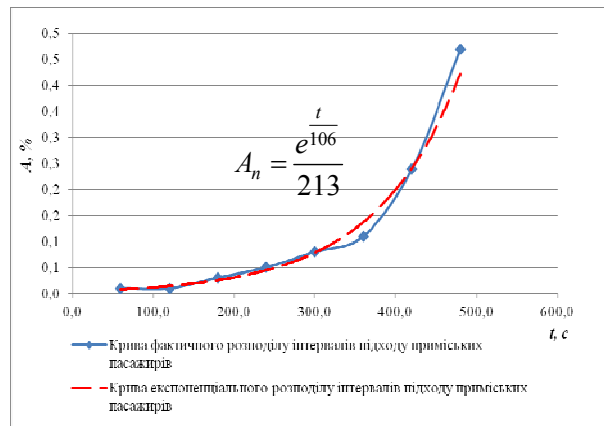


Рис. 5. Криві фактичного і теоретичного режиму підходу приміських пасажирів для міжпоїзного інтервалу 8 хв

Fig. 5. Curves of actual and theoretical approach mode of commuters for intertrain interval of 8 min

За величиною параметрів K , коефіцієнтів варіації інтервалів вхідного потоку C і за схожістю фактичного і теоретичного розподілів можна сказати, що інтервали підходу приміських пасажирів на платформу (до приміських поїздів і квиткових кас) мають експоненціальний розподіл.

Підхід пасажирів – це випадкова величина, яка коливається протягом всього періоду розкладу руху приміських поїздів і залежить від міжпоїзного інтервалу розкладу руху поїздів.

Таким чином, підхід пасажирів до квиткових кас, на приміські поїзди має неординарність, оскільки можлива поява двох і більше

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

пасажирів в один і той же момент часу, і є нестационарним у зв'язку з тим, що інтенсивність потоку пасажирів залежить від часу доби.

Таблиця 4

Числові характеристики інтервалів підходу приміських пасажирів

Table 4

Numerical characteristics of intervals approach of commuters

Станція відправлення	Інтервал між поїздами	X_{cp} , хв	K	C	σ
Київ-Пасажирський	середній	34,75	20,93	0,22	7,6
Київ-Пасажирський	8 хвилин	6,82	19,32	0,23	93,1
Київ-Пасажирський	до 24 хвилин	20,91	18,91	0,23	4,8

При згущеному підході пасажирів виникають черги до квиткових кас, і якщо черга затягується, то пасажир вимушений залишити чергу і їхати без квитка або обрати автомобільний вид транспорту. Такі відмови допускати не можна, необхідно створити такі умови придбання приміських квитків, щоб обслуговування пасажирів було якісне і швидке. У зв'язку з цим необхідно достатньо гнучко реагувати на потік пасажирів, які звертаються до квиткових кас, визначаючи їх необхідну кількість по періодах доби у робочі та вихідні дні тижня, особливо в періоди інтенсивного відправлення приміських поїздів.

Параметр K , який характеризує коливання приходу пасажирів на платформу, визначається за загальновідомою формулою [2, 6]:

$$K = \frac{X_{cp}^2}{D[X]}, \quad (1)$$

де X_{cp} – середнє значення населеності приміських поїздів; $D[X]$ – дисперсія досліджуваної величини.

Величина σ , де σ – стандартне відхилення кількості пасажирів на платформі, визначається за формулою [2, 3]:

$$\sigma = \sqrt{D[X]}. \quad (2)$$

Коефіцієнт варіації, який вказує, на скільки більше розсіювання випадкових величин порівняно із середнім значенням, визначається за формулою:

$$C = \frac{\sigma}{X_{cp}}. \quad (3)$$

За отриманим розподілом процесу підходу пасажирів на приміські поїзди, встановленою величиною параметра K і відомим (або заданим) розкладом відправлення приміських поїздів в якомусь періоді T можна визначити (побудувати графік) загальний підхід пасажирів до приміських кас протягом періоду T по часу і по кількості (рис. 2). Отримані дані загального підходу пасажирів протягом періоду T можуть бути також використані для визначення кількості білетних кас і часу їх роботи.

За величиною параметра K , коефіцієнтом варіації інтервалів вхідного потоку і за схожістю фактичного і теоретичного розподілів можна стверджувати, що інтервали приходу приміських пасажирів на платформу до приміських поїздів у Фастівському напрямку у вечірні години пік мають теоретичний (експоненціальний) розподіл.

Наукова новизна та практична значимість

У роботі вдосконалено метод оцінки зміни населеності составів приміських поїздів, що ґрунтується на отриманні відносної оцінки пасажиропотоку до місткості приміських поїздів та отримано нові залежності режимів підходу приміських пасажирів для різних міжпоїзних інтервалів.

Використання встановлених закономірностей дозволить в подальшому прогнозувати кількість перевезених пасажирів в конкретних поїздах, оптимізуючи при цьому розклад руху приміських поїздів, інтервал між поїздами, а також необхідну кількість рухомого складу.

Висновки

Дослідженнями встановлено, що необхідні для більш ефективної організації приміських перевезень величини, а саме населеність поїздів, попит на перевезення, інтенсивність підходу

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

пасажирів на посадку можуть бути отримані шляхом доволі нескладних натурних спостережень в поїздах, на станціях посадки-висадки та безпосередньо на платформах. Проте результати натурних спостережень потребують подальшого опрацювання відповідно до запропонованих процедур, що дозволить більш ефективно їх використовувати для організації перевізного процесу. Зокрема, запропоновано використовувати відносні показники населеності составів поїздів, а також узагальнені теоретичні залежності інтенсивності підходу пасажирів на посадку в поїзди, отримано нові залежності режимів підходу приміських пасажирів для різних міжпоїзних інтервалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Божок, Н. О. Методичний підхід щодо визначення привабливості пасажирських перевезень залізничного транспорту / Н. О. Божок // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2014. – № 2 (50) – С. 31–40.
- Вентцель, Е. С. Задачи и упражнения по теории вероятностей : учеб. пособие для студ. вузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 5-е изд., испр. – М. : Академия, 2003. – 448 с.
- Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Высш. шк., 2001. – 575 с.
- Габа, В. В. Визначення розмірів руху приміських поїздів на ділянці методом цілочисельного програмування / В. В. Габа, Т. М. Грушевська // Залізн. трансп. України. – 2013. – № 3/4. – С. 30–33.
- Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010–2019 роки : Постанова Каб. Міністрів України від 16.12. 2009 р. № 1390 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-п>. – Назва з екрана. – Перевірено : 03.06.2014.
- Калинина, В. Н. Математическая статистика / В. Н. Калинина, В. Ф. Панкин. – М. : Выс. шк., 1994. – 336 с.
- Константинов, Д. В. Формування актуальних напрямків розвитку пасажирських приміських перевезень залізниць України / Д. В. Константинов, С. М. Ватраль // Зб. наук. пр. Укр. Держ. Акад. залізн. трансп. – Х., 2013. – Вип. 140. – С. 14–22.
- Момот, А. В. Методичні підходи до визначення ефективності курсування швидкісних та високошвидкісних поїздів / А. В. Момот // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2013. – № 6 (48) – С. 45–62.
- Пазойский, Ю. О. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в примерах и задачах) / Ю. О. Пазойский, Л. С. Рябуха, В. Г. Шубко. – М. : Транспорт, 1991. – 240 с.
- Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-р>. – Назва з екрана. – Перевірено : 03.06.2014.
- Совершенствование пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте / А. А. Колесов, Б. А. Таулин, И. Н. Шапкин, В. Г. Шубко. – М. : Транспорт, 1991. – 142 с.
- Barreira, A. Competitiveness of high-speed rail / A. Barreira, V. Reis, R. Macario // Transportation Research Record. – 2013. – № 2374. – P. 9–16.
- Peter. B. Railway Reform in Germany: Restructuring, Service Contracts, and Infrastructure Charges. Doctoral Thesis [Virtual Resource] / В. Peter. – Berlin: Technische Universitat, 2008. – 236 p.
- Rail infrastructure principles and practice [Електронний ресурс]. – 2003. – Report 109. – Режим доступу: http://bitre.gov.au/publications/2003files/report_109.pdf. – Назва з екрана. – Перевірено: 03.06.2014.

Т. Н. ГРУШЕВСКАЯ^{1*}

^{1*}Каф. «Управление процессами перевозок», Государственный экономико-технологический университет транспорта, ул. Н. Лукашевича, 19, Киев, Украина, 03049, тел. +38 (044) 409 24 40, эл. почта tanya.grushevskaya@yandex.ua, ORCID 0000-0002-8480-2283

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПАССАЖИРОПОТОКА В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ

Цель. Исследование направлено на определение закономерностей изменений населенности составов поездов и подхода пригородных пассажиров на посадку для определения технико-технологических параметров пригородных пассажирских перевозок. **Методика.** Для достижения поставленной цели были определе-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ны методы исследования населенности составов, основные периоды подхода пассажиров на платформу, влияющие на населенность вагонов в разные периоды суток. **Результаты.** На основании проведенных исследований можно осуществлять комплексные, системно связанные расчеты важных технико-технологических параметров пригородных пассажирских перевозок. К таким параметрам можно отнести: параметры графика движения поездов, населенность вагонов, количество билетных касс, размеры пассажирских платформ, количество и расположение на них турникетов, обеспечение удобной и безопасной посадки пассажиров на пригородные поезда. Предложено использовать относительные показатели населенности составов, а также обобщенные теоретические зависимости интенсивности подхода пассажиров на посадку в поезда. Приведены графики, где существует неравномерность спроса перевозок, который оценивается фактической населенностью составов, что устанавливалось путем непосредственных натуральных наблюдений в вагонах поездов. Результаты исследования почасового распределения пассажиропотока дали возможность установить, что неравномерность по периодам суток имеет явно выраженный характер проявления, особенно в утренний и вечерний периоды «пик». Размеры перевозок в эти часы не соответствуют комфортным условиям проезда пассажиров в пригородных электропоездах. **Научная новизна.** Предложен новый подход к определению закономерностей изменений населенности пригородных поездов, подхода пригородных пассажиров на платформу. Представлены сопоставления реальных кривых распределения и аппроксимированных теоретических кривых интенсивности подхода пассажиров и заполнения поезда, а также формулы, с помощью которых описываются выявленные закономерности. Эти формулы могут быть использованы для построения соответствующих математических моделей, описывающих процесс подхода пассажиров на посадку в поезда. **Практическая значимость.** Использование установленных закономерностей позволит в дальнейшем прогнозировать количество перевезенных пассажиров в конкретных поездах, оптимизируя при этом расписание движения пригородных поездов, интервал между поездами, а также необходимое количество подвижного состава.

Ключевые слова: населенность вагонов; интервал между поездами; пригородные пассажирские перевозки; пассажиропоток; интервалы подхода пассажиров

T. M. HRUSHEVSKA^{1*}

^{1*}Dep. «Management of Transportation Processes», State Economic and Technological Transport University, N. Lukashевичa St., 19, Kyiv, Ukraine, 03049, tel. +38 (044) 409 24 40, e-mail tanya.grushevskia @ yandex.ua, ORCID 0000-0002-8480-2283

RESEARCH OF REGULARITIES OF PASSENGER FLOWS IN THE RAIL SUBURBAN TRAFFIC

Purpose. Determining regularities of changes of trains occupancy and the approach commuters on landing for determining the technical and technological parameters of suburban passenger services. **Methodology.** To achieve this goal were identified research methods of train occupancy, basic approach periods of passengers to platform affecting the occupancy of carriages in different periods of the day. **Findings.** On the basis of conducted researches can be carried out complex, systematically related calculations of important technical and technological parameters of suburban passenger transportations. To such parameters can be attributed parameters of trains timetable, occupancy of carriages, the number of ticket offices, passenger platforms size, number and location on them turnstiles, providing the comfortable and safe boarding of passengers on commuter trains. It is proposed to use the relative indicators of trains occupancy and generalized theoretical dependencies of approach intensity of passengers on landing in trains. There are graphs where there is unevenness of transportation demand, which is estimated by actual train occupancy that is established by direct natural supervision in train carriages. Results of the study hourly of passenger flow distribution have allowed to establish that irregularity by period of day has a pronounced character of manifestation, especially in the morning and evening during the "peak" periods. Dimensions of transportations in these hours do not meet comfortable conditions of passenger travel in suburban trains. **Originality.** It was suggested the new approach to determine regularities of changes of the suburban trains occupancy to approach commuters to platform. It is presented the comparisons of actual distribution curves and approximated theoretical curves of approach intensities of passengers and filling of trains, and the formula by which the described patterns are identified. These formulas can be used to construct appropriate mathematical models describing the process to approach of passengers on landing in trains. **Practical value.** Using of obtained regularities will allow in future predict the number of passengers in specific trains, thus optimizing the schedule of commuter trains the interval between trains, as well as the required number of rolling stock.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Keywords: occupancy of carriages; interval between trains; suburban passenger transportation; passenger flow; intervals of passenger approach

REFERENCES

1. Bozhok N.O. Metodichnyi pidkhid shchodo vyznachennia pryvablyvosti pasazhyrskykh perevezen zaliznychnoho transportu [Methodical approach to determination of passenger transportation attractiveness on railway transport]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2014, no. 2 (50), pp. 31-40.
2. Ventsel Ye.S., Ovcharov L.A. *Zadachi i uprazhneniya po teorii veroyatnostey* [Problems and exercises by a theory of probability]. Moscow, Academy Publ., 2003. 448 p.
3. Ventsel Ye.S. *Teoriya veroyatnostey* [Theory of probability]. Moscow, Vyshcha shkola Publ., 2001. 575 p.
4. Haba V.V., Hrushevska T.M. Vyznachennia rozmiriv rukhu prymiskykh poizdiv na diliansi metodom tsilochyselnoho prohrumuvannia [Determining the size of movement of suburban trains in the area by the method of integer programming]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway transport of Ukraine*, 2013, no. 3/4, pp. 30-33.
5. *Derzhavna tsilova prohruma reformuvannia zaliznychnoho transportu na 2010 – 2019 roky* (State Program of railway reform in 2010-2019 years), 2009. 43 p. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua> (Accessed 03 June 2014).
6. Kalinina V.N., Pankin V.F. *Matematicheskaya statistika* [The mathematical statistics]. Moscow, Vyshcha shkola Publ., 1994. 336 p.
7. Konstantinov D.V., Vatrak S.M. Formuvannia aktualnykh napriamkiv rozvytku pasazhyrskykh prymiskykh perevezen zaliznyts Ukrainy [Topical directions formation of development of passenger suburban transportation of railways in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi Derzhavnoi Akademii zaliznychnoho transportu* [Proc. of Ukrainian State Academy of Railway Transport], 2013, issue 140, pp. 14-22.
8. Momot A.V. Metodichni pidkhody do vyznachennia efektyvnosti kursuvannia shvydkisnykh ta vysokoshvydkisnykh poizdiv [Methodological approaches to determining the effectiveness of high-speed trains running]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2013, no. 6 (48), pp. 45-62.
9. Pazoyskiy Yu.O., Ryabukha L.S., Shubko V.G. *Organizatsiya passazhirskikh perevozok na zheleznodorozhnom transporte (v primerakh i zadachakh)* [Organization of passenger transportation on railway transport (in examples and tasks)]. Moscow, Transport Publ., 1991. 240 p.
10. *Pro skhvalennia Transportnoi stratehii Ukrainy na period do 2020 roku: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy* (Transport Strategy of Ukraine to 2020: Direction of Cabinet of Ministers in Ukraine). Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua> (Accessed 03 June 2014).
11. Kolesov A.A., Taulin B.A., Shapkin I.N., Shubko V.G. *Sovershenstvovaniye passazhirskikh perevozok na zheleznodorozhnom transporte* [Improvement of passenger railway transportation]. Moscow, Transport Publ., 1991. 142 p.
12. Barreira A., Reis V., Macario R. Competitiveness of high-speed rail. *Transportation Research Record*, 2013, no. 2374, pp. 9-16.
13. Peter B. Railway Reform in Germany: Restructuring, Service Contracts, and Infrastructure Charges. Doctoral Thesis. Berlin, Technische Universitat Publ., 2008. 236 p.
14. Rail infrastructure pricing: principles and practice, 2003. Report 109. Available at: http://bitre.gov.au/publications/2003files/report_109.pdf. (Accessed 03 June 2014).

Стаття рекомендована до публікації д-ром техн. наук, проф. В. К. Мироненко (Україна); д-ром техн. наук, проф. Д. М. Козаченком

Надійшла до редколегії: 27.06.2014

Прийнята до друку: 15.09.2014