

УДК 656.022.1

Д.Є. Гребінюк, Н.І. Кульбашна

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РЕГУЛЯРНОСТІ РУХУ ТРОЛЕЙБУСІВ В МІСТІ ХАРКОВІ

В даній статті проведено дослідження регулярності руху за троллейбусними маршрутами, що дало змогу оцінити вплив факторів на показники руху.

Ключові слова: регулярність руху, показники регулярності руху, електричний транспорт, однофакторний аналіз, експлуатаційні показники, вплив факторів.

Постановка проблеми

Для того, щоб троллейбусний рух розвивався необхідно створювати умови для його надійного, безперебійного і швидкого руху. Загальним параметром цих показників є регулярність руху, яка є найбільш важливим якісним показником роботи транспорту, що характеризує якість обслуговування пасажирів і ефективність роботи транспортного підприємства.

В разі регулярного руху пасажир чітко представляє собі коли прибуде наступна рухома одиниця і таким чином планує свій час. З іншого боку транспортні підприємства, у яких виконаний рух є регулярним, економлять свої ресурси і не втрачають своїх потенціальних пасажирів.

Регулярність руху розраховується за нормативними показниками [1]: регулярність руху P , що розраховується за формулою:

$$P = \frac{K_{pf}}{K_{pz}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де K_{pf} – число фактично виконаних рейсів;
 K_{pz} – планове число рейсів
та дотримання графіка руху на маршруті D , що розраховується за формулою:

$$D = \frac{K_p}{K_{pf}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де K_p – число рейсів, виконаних за розкладом.

В роботі А. Г. Тарновецької [1] пропонується додатковий показник щодо оцінки регулярності руху – коефіцієнт регулярності B , який пропонується розраховувати за формулою:

$$B = \frac{K_p}{K_{pz}} \quad (3)$$

В зв'язку з тим, що в роботі [1] така оцінка виконувалася вперше для трамвайних маршрутів, а регулярність за троллейбусними маршрутами не вивчалася, тому **метою цієї роботи** є дослідження показників регулярності руху троллейбусу в місті Харкові.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Показникам, що оцінюють якість обслуговування пасажирів присвячено багато досліджень. На думку І. В. Спіріна показниками якості обслуговування є доступність, результативність і надійність, де регулярність являється складовою частиною [2]. В своїх дослідженнях Е. Ю. Семчугова вказує, що під час оцінювання якості пасажирського сервісу міського пасажирського транспорту має враховуватись вплив на його рівень різних показників: надійності, безпеки, регулярності, доступності, комфортності, інформаційного сервісу, виконання змінно-добового плану [3].

Регулярності руху, як показник якості обслуговування пасажирів, у своїх дослідженнях застосовували Г. А. Варелопуло, Е. А. Сафронов, В. А. Гудків, М. М. Бочкарева, Н. В. Дулина, Е. Ю. та ін. В основному дослідження цих авторів в аспекті регулярності руху пов'язані з фактичним відхиленням від розкладу руху. У роботах Р. Г. Санамова регулярність розглядалася на підставі постійного моніторинга місця розташування транспортного засобу на маршрутній мережі [2,3 – 6].

У дослідження Е. Мазлоумі (Ehsan Mazloumi) представлена ефективна система моніторингу транспортних засобів (на основі GPS і лінійного регресійного аналізу даних), спрямована на усунення відхилень від маршруту за розкладом і зниження непродуктивних втрат часу [7].

Але безпосереднє дослідження показників регулярності руху за показниками не вивчалось, найбільш близько до вирішення цього питання підійшла А. Г. Тарновецька, тому її методика є підставою для досліджень, що виконуються у цій статті.

Виклад основного матеріалу

З метою дослідження регулярності руху використані статичні дані КП «Міськелектро-транссервіс» м. Харкова. Регулярність руху оцінено на 23 тролейбусних маршрутах. Побудовано і виконано аналіз діаграми розподілення показників регулярності руху по тролейбусним маршрутам (рис. 1). На основі рисунка 1 встановлено, найбільш регулярними маршрутами тролейбусу є №1, №13, №42. Низьку регулярність руху має маршрут №18.

Звісно, що на показники регулярності руху впливає багато факторів, таких як: швидкість руху, дорожні умови, організація руху на маршруті, погодні умови та інше, які погіршують процес перевезень, що в свою чергу впливає на показниках роботи підприємства.

Щоб виявити вплив факторів на один із показників регулярності руху – коефіцієнт регулярності руху, використаємо однофакторний аналіз, який дає змогу виявити наскільки впливають зовнішні фактори на зміну коефіцієнта регулярності руху чи відхилення мають випадковий характер.

Проведення однофакторного аналізу створювалося за допомогою програмного забезпечення Excel. Результати розрахунків приведено в таблиці 1.

Різниця між дисперсіями вважається істотною, тобто не випадковою, якщо виконується умова:

$$\frac{S_A^2}{S_e^2} > S_{st} \quad (4)$$

де S_A и S_{st} – порівнювані дисперсії;

F_{St} – випадкова змінна, підпорядкована розподіленню Фішера [9,10]; Умовою різниці дисперсій є:

$$F_{\phi} > F_{st} \quad (5)$$

Таблиця 1

Результати дисперсійного аналізу

Варіювання	Ступені свободи	Девіати, D	Дисперсія, S^2	F_{ϕ}
За фактором A	2	26,83	13,41	0,041
Залишкове	66	21578	326,94	—
Спільне	68	21604	—	—

Порівняємо між собою факторіальну та залишкову дисперсії – відповідно S_A^2 и S_e^2 .

$$0,041 > 0,0201.$$

Різниця дисперсій вважається істотною, тобто не випадковою, таким чином, різниця між показниками маршрутів здійснює вплив на регулярність.

З метою оцінювання впливу довжини маршруту на регулярність визначено залежності питомих показників (P_n , D_n , K_n) від довжини маршруту L .

Аналіз емпіричних даних показав криволінійний характер зв'язків $D_n = f(L)$, $P_n = f(L)$, $K_n = f(L)$ (рис. 2).

Обробка експериментальних даних методом найменших квадратів дозволила одержати емпіричні формули (табл. 2).

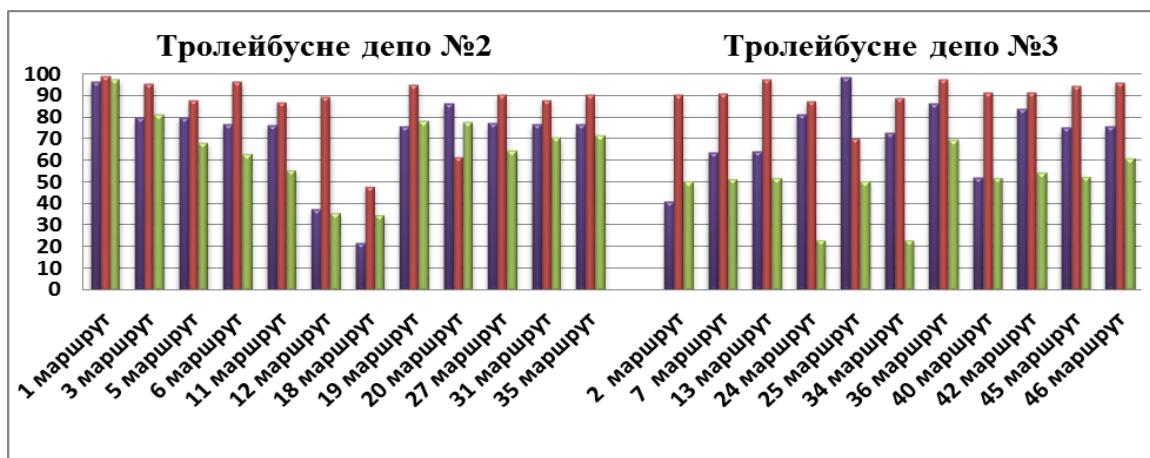


Рис.1. Діаграми розподілення показників регулярності руху за тролейбусними маршрутами

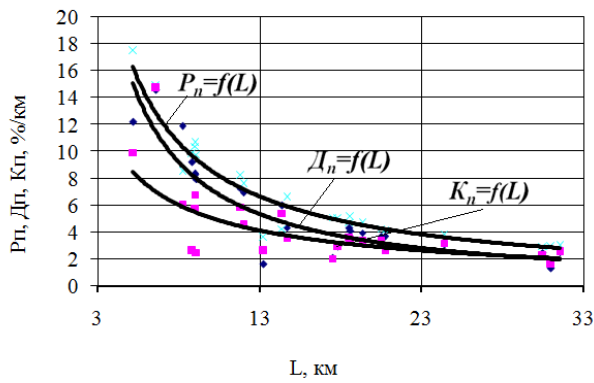


Рис. 2. Залежність питомих показників регулярності від довжини маршрутів

Зв'язок питомих значень показників оцінювався за величиною індексу кореляції (табл. 2). Значення індексу кореляції підтверджують гіпотезу про наявність сильного зв'язку. Достовірність індексу кореляції оцінювалася за *t*-критерієм Стьюдента. Квадратична помилка розраховувалася за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}, \quad (6)$$

де *m* – квадратична помилка;
r – індексу кореляції;
n – кількість значень.

Критерій достовірності розраховується за формулою:

$$t_p = \frac{r}{m}. \quad (7)$$

Аналіз інших емпіричних даних показав криволінійний характер зв'язків $D_n=f(F)$, $P_n=f(F)$, $K_n=f(F)$ (рис. 3). Результати кореляційного аналізу зведено до таблиці 2.

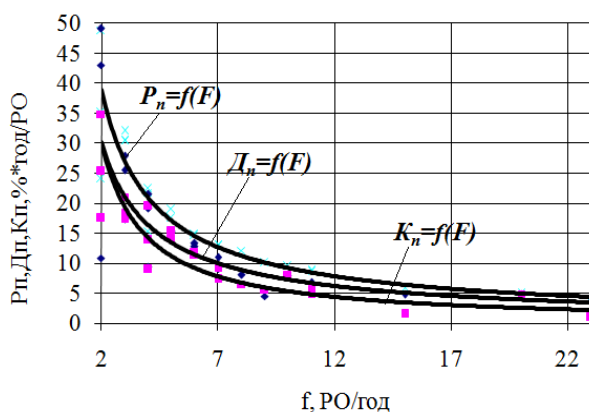


Рис. 3. Залежність питомих показників регулярності від частоти маршруту

Таблиця 3

Результат другого кореляційного аналізу

Емпірична формула	Індекс кореляції	Середня помилка	t-критерій
$D_n=55,52F-1,13$	0,972	0,05	19,17
$P_n=72,62F-0,88$	0,88	0,103	8,54
$K_n=63,33F-1,08$	0,903	0,093	9,7

Також вплив на регулярність має частота маршруту. Чим більша частота, тим менша регулярність того чи іншого маршруту. Та навпаки, при меншій частоті маршрута, показник регулярності має більше значення.

З метою оцінки впливу частоти маршруту на регулярність визначено залежності питомих показників (P_n , D_n , K_n) від довжини маршруту (*F*).

Таблиця 2

Результат кореляційного аналізу

Емпірична формула	Індекс кореляції	Середня помилка	t-критерій
$D_n=97,11L-1,13$	0,858	0,111	7,729
$P_n=81,59L-0,97$	0,746	0,145	5,14
$K_n=30,78L-0,78$	0,946	0,07	13,5

Розраховані значення більше табличних $t_T = 3,484$ для 0,1% забезпеченості, тому індекс кореляції для всіх залежностей можна вважати цілком достовірним.

Висновки

Встановлено, що дослідженнями показників роботи транспорту займався багато вчених, але на сьогодні питання оцінки показників регулярності руху на маршрутах міського пасажирського транспорту проводилося недостатньо повно.

На підставі інформації автоматизованої системи диспетчерського управління щодо регулярності та дотримання графіку руху, розглянуто розподілення показників регулярності руху по маршрутам тролейбуса. Проведено однофакторний аналіз коефіцієнта регулярності, який показав, що різниця між показниками маршрутів здійснює вплив на регулярність.

Визначено залежності показників регулярності руху від довжини маршруту та частоти руху. На основі кореляційного аналізу встановлено, що всі залежності мають тісний зв'язок, який оцінювався за коефіцієнтом кореляції. Достовірність отриманих залежностей встановлено на підставі *t*-критерію Стьюдента.

Література

1. Тарновецкая, А. Г. Оценка регулярности движения на маршрутах трамвая и троллейбуса г. Харькова [Текст] / А. Г. Тарновецкая, Н. И. Кульбашина // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Харків: ХНУГХ ім. О. М. Бекетова, 2015. – Вип. 121. – С. 69–73.
2. Спирин, В. В. Пассажирские перевозки городским транспортом [Текст] / В. В. Спирин. – М. : Высшая школа, 2004. – 420 с.
3. Семчугова, Е. Ю. Оперативная оценка качества услуг в управлении городским пассажирским транспортом: Монография [Текст] / Е. Ю. Семчугова. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. у-т, 2012. – 139 с.
4. Гудков, В. А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии: учеб. пособие [Текст] / В. А. Гудков, М. М. Бочкарева, Н. В. Дулина, Н. А. Овчар. – Волгоград: ВолгГТУ, 2008. – 163 с.
5. Варелопуло, Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте [Текст] / Г. А. Варелопуло. – М. : Транспорт, 1990. – 208 с.
6. Пассажирские автомобильные перевозки: Учебник для вузов [Текст] / В.А. Гудков, Л.Б. Миروتин и др.; Под ред. В.А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448с.
7. Mazloumi, E. (2010) Using GPS Data to Gain Insight into Public Transport Travel Time Variability. *Journal of Transportation Engineering*, 136 (7), 623-631.
8. Симчера, В. М. Методы многомерного анализа статистических данных: учеб [Текст] / В.М. Симчера – М. : Финансы, 2008. – 400 с.
9. Gatignon, H. (2010) Statistical Analysis of Management Data. *Springer Science & Business Media*, 388.
2. Spirin, V. (2004) Passenger transportation by urban transport. *Vysshaja shkola*, 420.
3. Semchugova, E. (2012) Rapid assessment of the quality of services in the management of urban passenger transport. *Rostov n/D: Rost. G. stroit. u-t*, 139.
4. Gudkov, V., Bochkareva, M., Dulina, N., Ovchar, N. (2008) The quality of passenger transportation: the possibility of research by sociology, 163.
5. Varelopulo, G. (1990) Organization of traffic and transportation in urban passenger transport. *Transport*, 208.
6. Gudkov, V., Mirotin, L. (2004) Passenger vehicle transportation. *Gorjachaja liniya – Telekom*, 448.
7. Mazloumi, E. (2010) Using GPS Data to Gain Insight into Public Transport Travel Time Variability. *Journal of Transportation Engineering*, 136 (7), 623-631.
8. Simchera, V. (2008) Methods of multivariate analysis of statistical data. *Finansy i statistika*, 400.
9. Gatignon, H. (2010) Statistical Analysis of Management Data. *Springer Science & Business Media*, 388.

Reference

1. Tarnoveckaja, A. (2015) Evaluation of the regularity of traffic on the tram and trolleybus routes in Kharkov. *Komunal'ne gospodarstvo mist* 121,69–73.

RESEARCH OF TRAFFIC REGULARITY INDICATORS OF TROLLEYBUS ROUTES IN THE KHARKOV CITY

D. Hrebiniuk, N. Kul'bashna

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article is about researches in regards to traffic regularity coefficient of trolleybus routes based on one-factor analysis, which allows to assess the influence of factors on the traffic indicators. On the basis of established regularities, it helped to identify the influence on motion regularity length of the routes and route frequency of vehicles.

Keywords: regularity of movement, indicators of regularity of movement, electric transport, one-factor analysis, operating parameters, influence of factors.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. Е. Лінник, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

Автор: ГРЕБІНІЮК Дар'я Євгенівна студентка
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – daria.grebenuk04@gmail.com

Автор: КУЛЬБАШНА Надія Іванівна старший викладач
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – kulbaka.nadya@yandex.ru