

роботи транспорту на витрати, пов'язані з перевезенням вантажів у міжміському сполученні.

1. Грузовые автомобильные перевозки / А.В.Вельможин, В.А.Гудков, Л.Б.Миротин, А.В.Куликов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.

2. Курганов В.М. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок товаров. – М.: Книжный мир, 2005. – 432 с.

3. Великанов Д.П. Эффективность автомобиля. – М.: Транспорт, 1969. – 240 с.

4. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки. – 2-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 288 с.

5. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Л.Б.Миротина. – М.: Юристъ, 2002. – 414 с.

6. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. – К.: Вища шк., 1986. – 447 с.

7. Кашеев С.А. Повышение эффективности функционирования системы доставки грузов в торговую сеть автомобильным транспортом: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / ВГТУ. – Волгоград, 2004. – 16 с.

8. Эффективность логистического управления / Под общ. ред. д.т.н., проф. Л.Б.Миротина. – М.: Экзамен, 2004. – 448 с.

9. Смахов А.А. Основы транспортной логистики. – М.: Транспорт, 1995. – 197 с.

Отримано 29.03.2007

УДК 656.025.2

П.Ф.ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, Д.М.КОПИТКОВ

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРВАЛУ РУХУ НА МІСЬКОМУ АВТОБУСНОМУ МАРШРУТІ

Наведено методику з визначення закону розподілу інтервалів руху міського пасажирського транспорту. Показано значний вплив фактору часу на інтервали руху транспортних засобів на міському маршруті та необхідність виділення пікових та міжпікових періодів роботи пасажирського транспорту.

Функціонування галузі транспорту, в тому числі й міського пасажирського транспорту як її невід'ємної частини, є стохастичним процесом, що його можливо описати з прийнятною мірою імовірності за допомогою різних законів розподілу випадкових величин, якими можуть бути певні параметри процесу перевезення пасажирів чи вантажів. Стосовно сфери міських пасажирських перевезень одним з проблемних питань є визначення щільності розподілу часу очікування пасажирів маршрутних транспортних засобів, що є необхідною умовою для формування достовірної моделі поведінки пасажирів при виборі шляхів пересування.

Проблема полягає в тому, що не існує методів проведення емпіричних обстежень, що дозволяють отримувати об'єктивні дані про час очікування пасажиром транспортних засобів усіх маршрутів, які його

влаштовуюють в тому чи іншому ступені. Спостереження за пасажирами на зупиночних пунктах дозволяють отримати лише дані про час очікування того транспортного засобу, яким скористався пасажир. Час очікування інших транспортних засобів залишається невідомим, тому що для його оцінки потрібна інформація про напрямок руху пасажирів. Тому найбільш доступним методом оцінки часу очікування пасажирами маршрутних транспортних засобів, які влаштовують пасажира, є імітаційне моделювання процесу на основі відомої щільності розподілу інтервалу руху транспортних засобів і інтенсивності підходу пасажирів до зупиночного пункту.

Першим кроком на шляху досягнення поставленої мети стало вивчення інтервалу руху транспортних засобів.

На ймовірнісну природу транспортного процесу і нерівномірність руху засобів МПТ, яка й описується інтервалом руху, було звернуто увагу ще відомим фахівцем з пасажирських перевезень А.Зільберталем [1]. У багатьох подальших дослідженнях [2-6] авторами також розвивається імовірнісний підхід до вивчення транспортних процесів. Стосовно інтервалу руху пасажирських транспортних засобів наводиться тільки припущення, що ця величина може розподілятися за нормальним законом, оскільки він є результатом сумарної дії багатьох факторів, кожний з яких мало пов'язаний з більшістю інших, та вплив кожного фактора на кінцевий результат є набагато меншим за сумарний вплив усіх інших факторів. У роботі [5] вважається, що для нормального закону розподілу математичне очікування дорівнює середньому інтервалу руху, а сам інтервал знаходиться у межах від 0 до двох середніх інтервалів. Але останнє ствердження робиться на рівні припущення без експериментальної перевірки закону розподілу інтервалів руху.

Метою даного дослідження є перевірка гіпотези про відповідність емпіричної щільності розподілу інтервалу руху транспортних засобів нормальному закону розподілу та оцінка параметрів розподілу.

Об'єктом перевірки гіпотези про нормальний закон розподілу фактичних інтервалів руху було обрано автобусний маршрут №287п "Селище Жуковського – Олексіївський ринок". Обстеження тривало протягом 23 робочих днів у квітні – травні 2006 р. У кожний день обстеження обліковець фіксував час прибуття автобусів до зупиночного пункту "Мебельний магазин" на протязі одного з трьох характерних періодів доби: ранку з 6⁰⁰ до 12⁰⁰, дня з 12⁰⁰ до 17⁰⁰ або вечору з 17⁰⁰ до 22⁰⁰. У результаті було отримано 520 значень часу прибуття автобусів на зупиночний пункт. Інтервал руху J_i автобусів визначався як різниця між двома сусідніми спостереженнями

$$J_i = t_i - t_{i-1}, i \geq 1, \quad (1)$$

де t_i, t_{i-1} – сусідні значення часу прибуття автобусів до зупиночного пункту.

Метод проведення обстеження обумовив різницю між кількістю спостережень часу прибуття та кількістю інтервалів між транспортними засобами. Оскільки кожного дня обстеження кількість інтервалів руху є на одиницю меншою за кількість значень часу прибуття автобусів до зупиночного пункту, кількість інтервалів руху, що спостерігались, визначається наступним чином

$$N_i = N_t - N_d, \quad (2)$$

де N_i – кількість інтервалів, що було отримано в результаті обстеження; N_t – кількість спостережень часу прибуття автобусів на зупиночний пункт; N_d – кількість днів, протягом яких відбувалося обстеження.

Кількість спостережень надано в табл.1, загальну статистичну характеристику отриманого масиву – у другий колонці табл.2.

Таблиця 1 – Загальна характеристика обстеження

Показник	Значення
Кількість зафіксованих значень часу прибуття автобусу на зупинку, од	497
Тривалість обстеження, дн.	23
Загальна кількість інтервалів, що спостерігались, од.	520
Кількість інтервалів, що спостерігались за періодами, од.:	
- ранок	197
- день	166
- вечір	134

Таблиця 2 – Характеристика сукупності інтервалів руху

Показник	Найменування сукупності інтервалів		
	загальна	міжпікова	пікова
Обсяг, од.	497	225	272
Мінімальне значення, хв.	4	5	4
Максимальне значення, хв.	26	26	23
Середнє значення, хв.	14,6	15,8	13,6
Середньоквадратичне відхилення, хв.	2,51	2,19	2,29

Для отриманих значень інтервалу руху у середовищі Statistica була зроблена спроба підбору параметрів нормального закону розподілу. Найбільш вдалі результати були отримані при початковій кількості інтервалів розподілу у 15 одиниць та об'єднанні по п'ять інтервалів розподілу зліва та справа, як й наведено на рис.1.

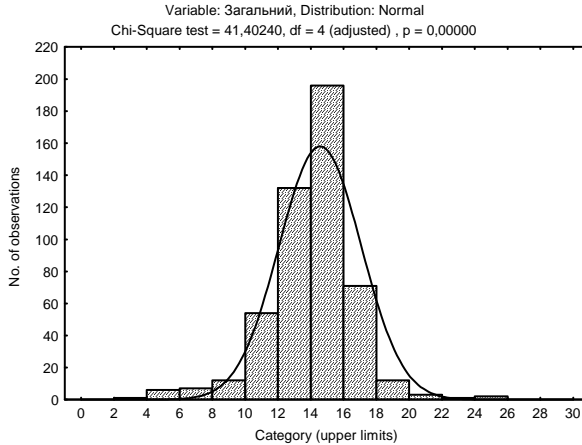


Рис.1 – Крива розподілу інтервалів руху автобусів у піковий період

Проте, як видно з наведеної на рис.1 оцінки відповідності емпіричних і теоретичних частот за критерієм "χ-квадрат", що дорівнює 41,4, та ймовірності його досягнення, яка дорівнює нулю, гіпотеза про відповідність отриманих значень інтервалу руху нормальному закону розподілу повинна бути відхилена.

Можливими причинами невідповідності результатів перевірки загально визнаному положенню про нормальний закон розподілу інтервалів руху транспортних засобів на міському маршруті є нерепрезентативність вибірки або наявність одного чи декількох факторів, які завдають істотного впливу на інтервал, що призводить до відхилення його коливань від нормальних.

Для перевірки впливу першої причини було розраховано величину репрезентативної вибірки при власне випадковому відборі за формулою [7] при заданій точності у %

$$n = \frac{0,25 \cdot t^2 \cdot N}{N\Delta^2 + 0,25 \cdot t^2}, \quad (3)$$

де t – показник кратності середньоквадратичного відхилення; $t = 1,96$; N – генеральна сукупність; Δ – завдана точність, $\Delta = 0,05$.

За генеральну сукупність у даному випадку можна вважати кількість інтервалів руху на маршруті №287 у робочі дні за рік, яку можна розрахувати за формулою

$$N = I_p \cdot D_p, \quad (4)$$

де N_{jp} – кількість інтервалів руху у робочий день на маршруті №287;

$I_p = 128$ од.; D_p – кількість робочих днів у році, 254 дн.
 $N = 128 \cdot 254 = 32512$ од.

Тоді для заданої точності чисельність репрезентативної вибірки дорівнюватиме

$$n = \frac{0,25 \cdot 1,96^2 \cdot 32512}{32512 \cdot 0,05^2 + 0,25 \cdot 1,96^2} = 385.$$

Як видно з результатів розрахунку, отримане значення є меншим за кількість проведених обстежень, що дорівнює 497. Отже, вибірку можна вважати за репрезентативну та причини відхилення коливань інтервалу руху від нормального закону розподілу шукати у іншому напрямку.

З факторів, які впливають на інтервал руху транспортних засобів на міському маршруті, найбільш важливим є величина пасажиропотоку, яка коливається протягом доби та призводить до відповідних змін інтервалу руху. Для перевірки значущості впливу величині пасажиропотоку на інтервал руху була сформульована гіпотеза про наявність істотної різниці між величиною інтервалу руху транспортних засобів у "пікові" та "міжпікові" години роботи міського маршруту. Якщо гіпотеза підтверджується, необхідно перевірити відповідність розподілу інтервалів руху транспортних засобів на міському маршруті нормальному закону розподілу у рамках кожного однорідного періоду роботи маршруту.

Для розв'язання питання про відношення інтервалів руху до пікового та міжпікового періоду спочатку кожний з інтервалів було віднесено до відповідної години доби на основі приналежності до неї більшої його частини. Потім для кожного часу було розраховано середню інтенсивність руху транспортних засобів I_k за залежністю

$$I_k = N_{tk} / n_k, \quad (5)$$

де N_{tk} – кількість зафіксованих значень часу прибуття транспортних засобів на зупиночний пункт у k -ї годині протягом обстеження, од.; n_k – кількість спостережень за роботою маршруту у k -ї годині протягом обстеження, год.

Інтервал руху автобусів для кожної години доби було визначено, виходячи з формули

$$J_k = 60 / I_k, \quad (6)$$

де J_k – середній інтервал руху транспортних засобів на маршруті для k -ї години, хв.

Результати розрахунку наведено в табл.3.

Таблица 3 – Розподіл інтервалів руху за годинами доби

Період доби		Інтенсивність, од./год.	Інтервал, хв.	Характерний період
початок	закінчення			
6	7	3,88	15,48	міжпіковий
7	8	4,38	13,71	піковий
8	9	4,63	12,97	піковий
9	10	4,38	13,71	піковий
10	11	3,75	16,00	міжпіковий
11	12	3,50	17,14	міжпіковий
12	13	3,88	15,48	міжпіковий
13	14	3,50	17,14	міжпіковий
14	15	3,88	15,48	міжпіковий
15	16	4,13	14,55	піковий
16	17	4,63	12,97	піковий
17	18	5,00	12,00	піковий
18	19	4,57	13,13	піковий
19	20	4,00	15,00	піковий
20	21	3,71	16,15	міжпіковий
21	22	3,00	20,00	міжпіковий

Далі кожен годину доби було віднесено до відповідного періоду наступним чином: якщо інтервал руху був меншим за середній, то цю годину було віднесено до пікового періоду, якщо більше середнього – до міжпікового. Результати віднесення годин доби до характерних періодів наведено в табл.3.

Після цього загальний масив інтервалів за матеріалами обстеження був розподілений на дві частини: пікові та міжпікові інтервали, статистична характеристика яких наведена у табл.2.

З метою виявлення впливу фактору часу на величину інтервалів руху було проведено однофакторний дисперсійний аналіз, результати якого подано у вигляді табл.4.

Таблица 4 – Результати однофакторного дисперсійного аналізу

Джерело варіації	Кількість ступенів свободи	Середньоквадратичне відхилення	F	F _{кр.}
Між групами	1	622,58	123,1	3,86
Всередині груп	495	5,06		
Разом	496	—		

Оскільки $F \gg F_{кр.}$, можна стверджувати, що гіпотеза про наявність істотної різниці між величиною інтервалу руху транспортних засобів у "пікові" та "міжпікові" години роботи міського маршруту підтвердилась, та має місто значний вплив фактору часу на інтервали руху. Це дає змогу ще раз перевірити гіпотезу про відповідність емпі-

ричної щільності розподілу інтервалу руху транспортних засобів нормальному закону розподілу, тепер вже у рамках кожного однорідного масиву даних. Результати перевірки у середовищі Statistica наведено на рис.2, 3.

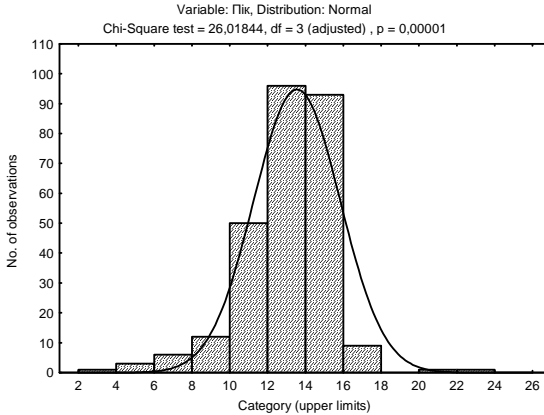


Рис.2 – Крива розподілу інтервалів руху автобусів у піковий період

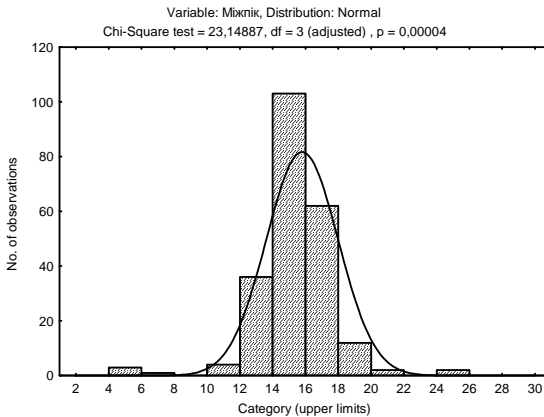


Рис.3 – Крива розподілу інтервалів руху автобусів у міжпіковий період

Як видно з наведених результатів оцінки відповідності емпіричних і теоретичних частот, гіпотезу про відповідність значень інтервалу руху нормальному закону розподілу повинно бути відхилено як для пікового, так і для міжпікового періодів.

Та все ж для цих перевірок результати виявилися декілька кращими, що ще раз підтверджує необхідність роздільної оцінки інтервалів у пікові та міжпікові години доби і свідчить про необхідність пошуку інших факторів, які завдають істотного впливу на інтервал руху транспортних засобів на міському маршруті.

Однак отриманих спостережень для такого пошуку явно недостатньо, оскільки обсяги пікового та міжпікового масивів інтервалів вже виявилися меншими, ніж обсяг репрезентативної вибірки, тому необхідно поширити існуючий набір даних та провести додаткові обстеження на інших маршрутах, щоб виділити значущі фактори впливу на інтервал руху.

Виходячи з вищенаведеного, можна зробити наступні висновки:

1) гіпотеза про нормальний закон розподілу інтервалів руху транспортних засобів на міському маршруті не знайшла підтвердження при розгляді коливань інтервалу руху автобусів на маршруті №287;

2) зроблені автором припущення [5] про амплітуду коливань інтервалів руху є досить адекватними, про що свідчать значення теоретичних частот, отриманих при підборі закону розподілу;

3) встановлено значний вплив фактору часу на інтервали руху транспортних засобів на міському маршруті та необхідність виділення пікових та міжпікових періодів роботи пасажирського транспорту при визначенні закону розподілу інтервалів руху;

4) для подальшої роботи щодо встановлення закону розподілу інтервалів руху транспортних засобів на міському маршруті потрібно провести додаткові обстеження з метою визначення інших факторів, які надають значного впливу на даний закон.

1. Зильберталь А.Х. Трамвайное хозяйство. – М. - Л.: Гострансиздат, 1932. – 270 с.

2. Шабалин Б.А. Обеспечение надежности исполнения заданного расписания режима движения автобусов городских маршрутов. Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1984. – 134 с.

3. Хрущев М.В. Совершенствование методов организации перевозок пассажиров автобусами в городах: Дис... канд. экон. наук. – М., 1970. – 203 с.

4. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки: Справочник. – М.: Транспорт, 1991. – 278 с.

5. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. – Харьков: Основа, 1992. – 144 с.

6. Аленичев А.Д. Совершенствование методики анализа эффективности работы внутригородского пассажирского транспорта (на примере больших городов): Дис... канд. экон. наук. – Л., 1983. – 214 с.

7. Теория вероятностей / Под ред. В.С.Зарубина, А.П.Крищенко. – М.: МГТУ им.Баумана, 1999. – 456 с.

Отримано 21.02.2007