

А. Г. Тарновецкая, Н. И. Кульбашная

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

## ОЦЕНКА РЕГУЛЯРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА МАРШРУТАХ ТРАМВАЯ И ТРОЛЛЕЙБУСА ГОРОДА ХАРЬКОВА

*В данной статье рассматриваются показатели регулярности движения транспортного предприятия. Предлагается в качестве нормативного показателя оценки регулярности движения, в дополнение к существующим, использовать коэффициент регулярности, вычисляемый как отношение количества рейсов выполненных по расписанию, к запланированному количеству рейсов. Выявлено влияние внешних факторов на коэффициент регулярности с помощью однофакторного анализа.*

**Ключевые слова:** электрический транспорт, регулярность движения, коэффициент регулярности, однофакторный анализ.

### Постановка проблемы

Регулярность движения имеет большое значение, как для пассажиров, так и для предприятия городского электрического транспорта (ГЭТ) и представляет собой один из наиболее важных качественных показателей его работы.

При регулярном движении сокращаются затраты времени пассажиров на ожидание транспорта, наполнение подвижного состава распределяется более равномерно, увеличивается общее количество перевозимых пассажиров на маршруте, возрастает сбор проездной платы.

Существует расхождение в понятии «регулярное движение», рассматриваемое как повторяющийся процесс прибытия подвижных единиц на остановочные пункты через определенные промежутки времени и «регулярность движения», как показатель оценки качества обслуживания пассажиров транспортным предприятием. То есть отдельные рейсы могут быть регулярными, а должная регулярность движения на маршруте в целом не достигнута.

Нормативным документом [1] установлены рекомендуемые показатели качества услуг с учетом требований европейских стандартов, относящихся к надежности и регулярности перевозок. К категории оценки регулярности движения относят такие два показателя: 1) регулярность движения на маршруте  $P$ , которая определяется как отношение фактически выполненных рейсов к запланированному количеству рейсов; 2) соблюдения графика движения на маршруте  $D$ , который определяют как отношение количества рейсов, выполненных по расписанию, к количеству фактически выполненных рейсов.

Такая оценка качества услуг является не совсем правильной так, как в показателе регулярности движения на маршруте  $P$  учитывается количество фактически выполненных рейсов, то есть рейсов, которые выполнены с отклонениями по значению выше допустимых отклонений от расписания движения, установленных нормативным документом [1]. С другой стороны в показателе соблюдения графика движения на маршруте  $D$  есть учет правильно выполненных рейсов, но в нем не учтены плановые рейсы, которые рассчитываются исходя непосредственно из спроса на пассажироперевозки.

Поэтому в данной статье предлагается применение другого нормативного показателя для оценки регулярности движения. Наиболее подходящим для такой оценки может быть коэффициент регулярности  $B$ , вычисляемый как отношение количества рейсов, выполненных по расписанию, к запланированному количеству рейсов.

### Анализ последних исследований и публикаций

Использование регулярности движения как показателя качества обслуживания пассажиров в своих исследованиях применяли Г. А. Варелопуло, И. В. Спирин, Е. А. Сафронов, В. А. Гудков, М. М. Бочкарева, Н. В. Дулина, Е. Ю. Семчугова, В. Зуруанов и др. [2 -8]. В основном исследования данных авторов в аспекте регулярности движения связаны с фактическими отклонениями от расписания движения, а работа с непосредственными показателями регулярности движения практически не проводилась или имела недостаточную глубину проработки.

Трудностью в оценке качества транспортных услуг есть тот факт, что до сих пор в нормативных документах и в справочной литературе нет единого мнения о величине показателей регулярности движения.

Исходя из выше изложенного, целью данной статьи является установление уровня показателей регулярности движения предприятия (существующих и нового, который предлагается) и выявления влияния внешних факторов на этот показатель.

### Изложение основного материала

Для осуществления оценки регулярности движения использованы статистические данные КП «Горэлектротранссервис» г. Харькова. Было проведено обследование регулярности движения на 23 троллейбусных маршрутах и 14 трамвайных маршрутах. Информация получена при помощи автоматизированных навигационных систем диспетчерского управления. Рассмотрены диаграммы распределения регулярности движения и соблюдения графика на троллейбусных и трамвайных маршрутах (рис. 1). Если обратиться к статистике, то по итогам февраля выполнение рейсов колеблется от 90,93 % до 92,24 % по всем видам транспорта. Средневзвешенный показатель соблюдения графика движения за время обследования по троллейбусу составил 61,3 %, по трамваю – 28,9 %, в то время как по коэффициенту регулярности он составляет соответственно 58,07 % и 24,83 %.

В трамвайных и троллейбусных депо коэффициент регулярности используют только как показатель качества работы водителей и согласно этого начисляют заработную плату. По трамвайным депо установлен уровень коэффициента регулярности 86%, по троллейбусным – 88%. На самом деле, эти показатели гораздо ниже – это касается и регулярности движения и соблюдения графика. Поэтому предполагаемые уровни показателей могут быть установлены в рамках среднестатистических данных, приведенных в табл. 1.

Таблица 1. Статистические характеристики регулярности движения на маршрутах троллейбуса и трамвая г. Харькова

Вид транспорта	Показатели	Математическое ожидание, $m$	Статистическая дисперсия, $D$	Ср.кв. отклонение, $\sigma$
троллейбус	Регулярность	90,93 %	110	10,5
	Коэффициент регулярности	58,07 %	279,6	16,7
	Соблюдение графика	61,3 %	340,15	18,4
трамвай	Регулярность	92,24 %	37	6,1
	Коэффициент регулярности	24,83 %	213,7	14,6
	Соблюдение графика	28,9 %	394	19,8

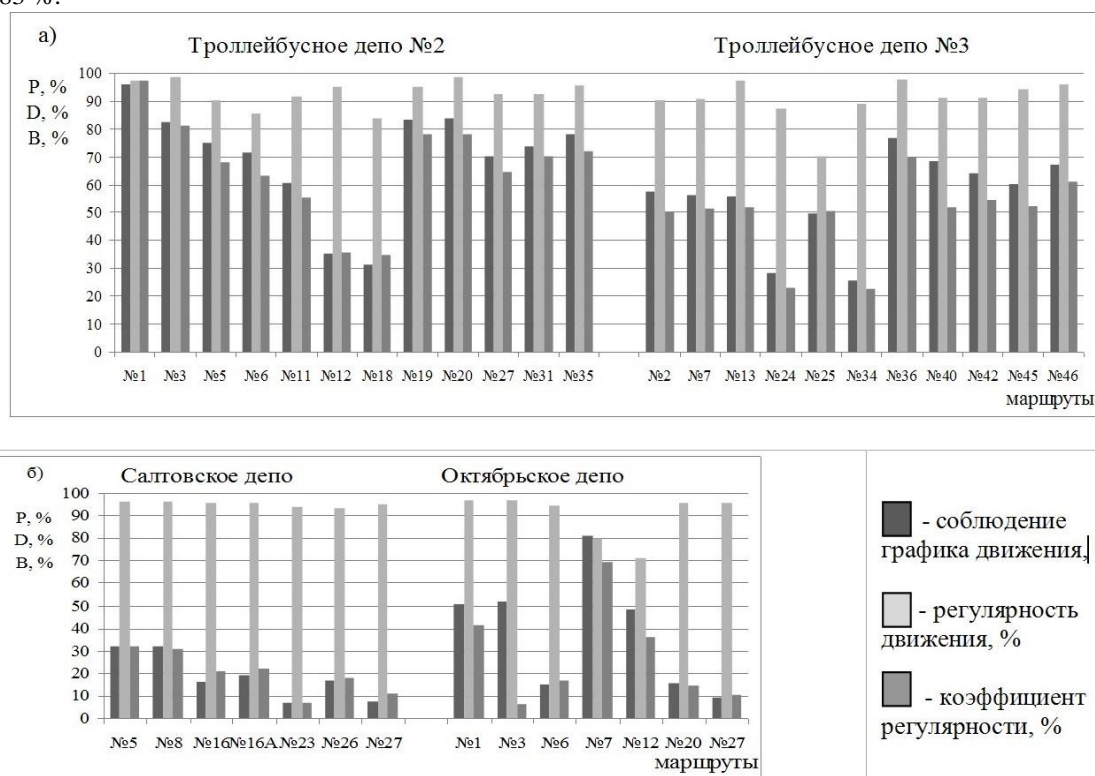


Рис. 1. Данные о регулярности движения на маршрутах: а) троллейбуса и б) трамвая г. Харькова

Конечно, не следует исключать необходимости проведения мероприятий по повышению дисциплины водителей предприятия: как, например, показатели регулярности движения Салтовского депо существенно ниже, чем в других подразделениях, именно по этой причине. С другой стороны движение подвижных единиц на маршруте происходит под влиянием множества факторов, которые с каждым годом не способствуют, а, наоборот усугубляют процесс перевозок, что в свою очередь сказывается на показателях регулярности движения.

Для того чтобы выявить, есть ли влияние факторов на коэффициент регулярности, применим однофакторный дисперсионный анализ, используя данные (табл. 2). Однофакторный дисперсионный анализ позволяет определить насколько влияют внешние факторы на изменение коэффициента регулярности движения или отклонения носят случайный характер [9, 10].

Таблица 2. Комбинация полученных результатов коэффициента регулярности

№ маршрут.	Коэффициент регулярности по повторностям, %			$B_{cp}$
	1 декада	2 декада	3 декада	
1	42	32	50	41,3
3	10	4	4	6,0
6	19	18	20	19,0
7	70	68	70	69,3
12	42	29	40	37,0
20	14	14	20	16,0
27	13	11	10	11,3
5	34	34	30	32,7
8	33	30	30	31,0
16	29	19	20	22,7
16a	29	17	20	22,0
23	10	4	10	8,0
26	19	18	10	15,7
27	17	11	10	12,7

Таблица 3. Расчет вспомогательных величин

маршрут	1	3	6	7	12	20	27	5	8	16	16a	23	26	27	Суммы
$X_i$	42	10	19	70	42	14	13	34	33	29	29	10	19	17	$a=14$
	32	4	18	68	29	14	11	34	30	19	17	4	18	11	
	50	4	20	70	40	20	10	30	30	20	20	10	10	10	
$n$	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	$\sum N=42$
$\sum X_i$	124	18	57	208	111	48	34	98	93	68	66	24	47	38	$\sum(\sum X_i)=1034$
$(\sum X_i)^2$	15376	324	3249	43264	12321	2304	1156	9604	8649	4624	4356	576	2209	1444	$\sum(\sum X_i)^2=109456$
$\sum X_i^2$	5288	132	1085	14424	4205	792	390	3212	2889	1602	1530	216	785	510	$\sum(\sum X_i^2)=37060$

Сгруппировав исходные данные, приступаем к расчету вспомогательных величин  $\sum X_i$ ,  $\sum(\sum X_i)^2$ ,  $\sum X_i^2$ , полученные данные заносим в табл. 3.

Переходим к определению девиат. Предварительно найдем величину  $H$ :

$$H = \frac{(\sum(\sum X_i))^2}{N}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – коэффициент регулярности;

$N$  – общее число наблюдений;

Затем определяем: общую девиату

$$D_y = \sum_{i=1}^N X_i^2 - H, \quad (2)$$

– факториальную девиату:

$$D_A = \sum(\sum X_i)^2; \quad (3)$$

– остаточную девиату:

$$D_e = D_y - D_A. \quad (4)$$

Рассчитав девиаты, переходим к определению чисел степеней свободы  $k$ : для общего варьирования:

$$k_y = N - 1; \quad (5)$$

– для факториального варьирования:

$$k_A = a - 1; \quad (6)$$

– для (внутригрупповой) остаточной вариации:

$$k_e = k_y - k_A. \quad (7)$$

Расчет дает:  $H = 25456$ ,  $D_y = 11604$ .

Переходим к определению дисперсий:

– факториальной

$$S_A^2 = \frac{D_A}{k_A}; \quad (8)$$

– остаточной:

$$S_e^2 = \frac{D_e}{k_e}.$$

Сводим результаты дисперсионного анализа в заключительную табл. 4.

Различие между дисперсиями считается существенным, т.е. не случайным, если выполняется условие [10]:

$$\frac{S_A^2}{S_e^2} > F_{st}, \quad (9)$$

где  $S_A^2$  и  $S_e^2$  – сравниваемые дисперсии;

$F_{st}$  – случайная переменная, подчиненная

распределению Фишера.

Таблица 4. Результаты дисперсионного анализа

Вариация	Степени свободы	Девия- ты, D	Диспер- сия, S <sup>2</sup>	F <sub>φ</sub>	F <sub>st</sub>
					5%
По фактору А	13	11029	848	41,4	2,30
Остаточное	28	575	20,5	—	—
Общее	41	11604	—	—	—

Сравниваем между собой факториальную и остаточную дисперсии – соответственно  $S_A^2$  и  $S_e^2$ .

$$\frac{S_A^2}{S_e^2} = \frac{848}{20,5} = F_{\phi} = 41,4; F_{\phi} > F_{st}; 41,4 > 2,3.$$

Различие дисперсий считается существенным, т.е. не случайным, т. е. различие между маршрутами оказывает влияние на регулярность.

### Выводы

Таким образом, в статье приводится еще один показатель, который может быть использован как нормативный для оценки регулярности движения – коэффициент регулярности, вычисляемый как отношение количества рейсов, выполненных по расписанию, к запланированному количеству рейсов.

На основе обработки статистических данных установлены средние значения показателей регулярности движения транспортного предприятия, которые могут быть использованы как предельные.

На основе однофакторного анализа значений коэффициента регулярности установлено, что проводя исследование регулярности движения необходимо учитывать различия между маршрутами (длина, сложность, пассажиропоток и т. д.), что является задачей для последующих исследований.

### Литература

1. Послуги міського електричного транспорту. Показники якості. СОУ 60.2 – 3363588 – 0002:2006 : стандарт Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. [Текст] – К., 2006.
2. Варелопуло, Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте [Текст] / Г.А. Варелопуло. – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
3. Спирин, В. В. Пассажирские перевозки городским транспортом [Текст] / В. В. Спирин. – М.: Высшая школа, 2004. – 420 с.

4. Сафронов, Е.А. Транспортные системы городов и регионов: Учебное пособие. [Текст] / Е. А. Сафронов. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 272 с.
5. 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.
6. Семчугова, Е. Ю. Оперативная оценка качества услуг в управлении городским пассажирским транспортом: Монография [Текст] / Е. Ю. Семчугова. – Ростов н/Д: Рост. гос. стронт. у-м, 2012. – 139 с.
7. Zyryanov, V. Improving Urban Public Transport Operation: Experience of Rostov-on-Don (Russia) /V. Zyryanov, R. Sanamov [Text] // Intern. Journal of Transport Economics Vol. XXXVI Rome (Italy), 2009. – №. 1. – P. 83-95.
8. Liu, R. Modelling Urban Bus Service and Passenger Reliability / R. Liu, S. Sinha [Electronic resource] // Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK.– www.its.leeds.ac.uk/software/dracula/downloads/– P.2.
9. Симчера В. М. Методы многомерного анализа статистических данных: учеб. пособие [Текст] / В. М. Симчера – М.: Финансы и статистика, 2008. – 400 с.
10. Gatignon H. Statistical Analysis of Management Data [Text] / H. Gatignon. – Springer Science & Business Media. – 2010.– 388 p.

### References

1. Services of public electric transport. (2006). Quality Score. JMA 60.2 - 3363588 - 0002: 2006: Standard of Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine. Kyiv.
2. Varelopulo G.A. (1990) The organization of traffic and transport in the urban passenger transport. M. Transport, 208.
3. Spirin V.V. (2004). Passenger of urban transport. M.: Higher School, 420.
4. Safronov E.A. (2005). Transport systems of cities and regions: the manual. M.: Publishing DIA, 272.
5. Gudkov V.A., Bochkareva M.M., Doolina N.V., Ovchar N.A. (2008). Quality passenger services: the ability to study the methods of sociology: studies. Manual Mikhail. Volgograd: Volgograd State Technical University, 163.
6. Semchugova E.Y.(2012) Rapid assessment of service quality in the management of urban passenger transport: Monograph Semchugova. Rostov n/D: Height. state. building. u-t, 139.
7. Zyryanov, V. Improving Urban Public Transport Operation: Experience of Rostov-on-Don (Russia) /V. Zyryanov, R. Sanamov [Text] // Intern. Journal of Transport Economics Vol. XXXVI Rome (Italy), 2009. – №. 1. – P. 83-95.
8. Liu, R. Modelling Urban Bus Service and Passenger Reliability / R. Liu, S. Sinha [Electronic resource] // Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK.– www.its.leeds.ac.uk/software/dracula/downloads/– P.2.
9. Simchera V.M. (2008). Methods of multivariate statistical analysis: Textbook. Manual. Moscow: Finance and Statistics., 400.
10. Gatignon H. Statistical Analysis of Management Data [Text] / H. Gatignon. – Springer Science & Business Media. – 2010.– 388 p.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И. Э. Линник  
Харьковский национальный университет городского  
хозяйства имени А. Н. Бекетова, г. Харьков.

**Автор:** ТАРНОВЕЦКАЯ Анастасия Григорьевна  
Харьковский национальный университет городского  
хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков,  
ассистент  
E-mail – nastya.tarnovetskaya.73@mail.ru

**Автор:** КУЛЬБАШНАЯ Надежда Ивановна  
Харьковский национальный университет городского  
хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, старший  
преподаватель  
E-mail – kulbaka.nadya@yandex.ru

## ОЦІНКА РЕГУЛЯРНОСТІ РУХУ НА МАРШРУТАХ ТРАМВАЯ Й ТРОЛЕЙБУСА МІСТА ХАРКОВА

А. Г. Тарновецька, Н. І. Кульбашна

*У даній статті розглядаються показники регулярності руху транспортного підприємства. Пропонується як нормативний показник оцінки регулярності руху, на додаток до існуючих, використовувати коефіцієнт регулярності, який визначають як відношення кількості рейсів, виконаних за розкладом, до запланованої кількості рейсів. Виявлено вплив зовнішніх факторів на коефіцієнт регулярності за допомогою однофакторного аналізу. Пропонується проводити дослідження регулярності руху з урахуванням відмінності між маршрутами (довжина, складність, пасажиропотік і т. д.), що є завданням для подальших досліджень.*

*Ключові слова: електричний транспорт, регулярність руху, коефіцієнт регулярності, однофакторний аналіз.*

## ASSESSING TRAM AND TROLLEYBUS TRANSPORT REGULARITY IN KHARKIV

A.G. Tarnovetskaya, N. I. Kulbashnaya

*The paper examines the indicators of transport company services regularity. In addition to existing indicators, the author suggests using the factor of the following transport modes regularity as the standard indicator to evaluate transport services. The factor is determined as the ratio of performed schedule rides to the number of planned rides. The influence of external factors on the regularity factor has been determined by means of unifactor analysis. It is proposed to conduct research with the regularity of the motion differences between the routes (length, complexity, volume of passenger traffic, and so on) that is a task for future research.*

*Keywords: electrical transport, regularity of motion, the coefficient of regularity, unifactor analysis.*