

УДК 656.027.1

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО АВТОТРАНСПОРТА

С.А. Анохин

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор О.С. Дмитриев

Ключевые слова и фразы: городской маршрутный транспорт; интервал движения; СМК перевозочного процесса; статистические методы анализа; суммарная скорость транспортных средств.

Аннотация: Определен критерий качества перевозочного процесса городского маршрутного транспорта; выявлена зависимость средней скорости движения маршрутных транспортных средств от их количества с учетом постоянного интервала; разработана классификация колебаний интервалов между маршрутными транспортными средствами; приведены выдержки из исследования городского маршрутного автотранспорта.

В Российской Федерации на современном этапе развития качества жизни населения городской пассажирский транспорт проходит очередной виток эволюции. С ростом автомобилизации решена такая проблема, как нехватка транспортных единиц на маршрутах. Все сегменты рынка городских пассажирских перевозок испытывают перенасыщение и, как следствие, жесткую внутреннюю конкуренцию. Однако качество предоставляемых услуг населению не всегда высокое.

На наш взгляд, проблема низкого качества пассажирских перевозок заключается не столько в нежелании пассажирских автотранспортных предприятий соблюдать установленные законодателем нормы, сколько в отсутствии в этих нормах четко определенных критериев качества, а также методик расчета количественных показателей качества. Ведь никем еще не отменен диалектический принцип, по которому именно количество переходит в качество.

Анохин Сергей Александрович – аспирант кафедры «Организация перевозок и безопасность дорожного движения», e-mail: fwut2mail.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

Стандарт [1] устанавливает по характеризующим потребительским свойствам пассажирских перевозок следующую номенклатуру основных групп показателей качества:

- информационного обслуживания;
- комфортности;
- скорости;
- своевременности;
- сохранности багажа;
- безопасности.

Однако для городского маршрутного пассажирского автотранспорта объективно применять, с возможностью контролировать, можно только показатели своевременности. Информативность, комфортность и безопасность являются сугубо субъективными показателями, так как в большинстве своем опираются на субъективные мнения. В свою очередь, показатели сохранности багажа в городском общественном транспорте теряют свою актуальность и практическую значимость за отсутствием, как такового, багажа (пассажир городского общественного транспорта перемещается, как правило, только с ручной кладью). А показатели скорости не поддаются оперативному регулированию и контролю.

Остаются единственные показатели своевременности, которые, кроме всего прочего, поддаются статистическому анализу, регулированию, мониторингу и контролю. Особый интерес имеет показатель интервала движения.

Основными факторами, влияющими на четкость соблюдения интервала между транспортными средствами (ТС) на маршруте, являются:

- 1) количество транспортных средств на маршруте N ;
- 2) средняя скорость движения транспортных средств на маршруте $v_{\text{ср}}$.

Как известно интервал рассчитывается по следующей формуле

$$I = \frac{t}{N}, \quad (1)$$

где t – время движения транспортного средства по маршруту от начального пункта до конечного, мин; N – количество транспортных средств на маршруте, шт.

В свою очередь, время движения транспортного средства по маршруту от начального пункта до конечного вычисляется по формуле

$$t = \frac{L}{v_{\text{ср}}}, \quad (2)$$

где L – общая протяженность маршрута от начального пункта до конечного, км; $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость транспортного средства на маршруте, км/ч.

Подставив формулу (2) в формулу (1), получим соотношение

$$I = \frac{L}{v_{\text{ср}}N}. \quad (3)$$

В связи с тем, что нам необходимо для качественного перевозочного процесса интервал сделать максимально постоянным, сделаем следующее допущение: $I = \text{const}$. Зная, что длина маршрута и интервал постоянные ($L = \text{const}$ и $I = \text{const}$) преобразуем формулу (3):

$$N = \frac{L}{Iv_{\text{cp}}}$$

Обозначив $k = \frac{L}{I} = \text{const}$, получим

$$N = \frac{k}{v_{\text{cp}}} \quad (4)$$

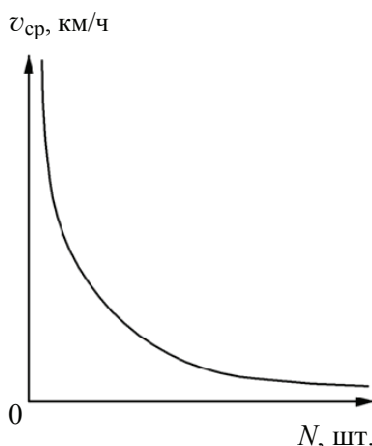


Рис. 1. График зависимости количества ТС от средней скорости

Таким образом, количество транспортных средств на маршруте N обратно пропорционально средней скорости транспортного средства на маршруте v_{cp} .

Графиком данной зависимости (4) будет являться гипербола (рис. 1), причем только та часть, которая располагается во второй четверти декартовой системы координат, так как коэффициент $k > 0$.

Свойствами графика являются:

- область определения – все действительные числа больше 0;
- функция убывает на отрезке $(0; +\infty)$.

Исходя из изложенного, можно сделать следующий вывод: для поддержания постоянного интервала необходимо производить мониторинг средней скорости транспортных средств на маршруте (v_{cp} – неконтролируемый признак) и в зависимости от нее вычислять необходимое количество транспортных средств в данный момент времени.

Мониторинг средней скорости движения транспортный средств на маршруте можно осуществлять с помощью современных информационных технологий (GPS, ГЛОНАС и т. д.).

Взяв за основной критерий соблюдение заданного постоянного интервала, то есть $I = \text{const}$, мы должны следить за тем, чтобы реальный интервал между транспортными средствами на маршруте стремился к заданному.

Таблица 1

Классность разброса фактических интервалов

Класс	$\Delta I = I_{\text{ф}} - I $, мин
1 (точный)	0...6
2	6...10
3	10...15
4	15...30

От соответствия реального интервала заданному и будет зависеть качество перевозочного процесса.

Немецкие транспортники разработали классность опозданий [2], преобразовав и сведя ее в таблицу (табл. 1), получим классность разброса фактических интервалов.

Данную классность можно применить к оценке качества перевозочного процесса, осуществляемого городским общественным транспортом. Причем четвертый класс является синонимом производственной аварии.

Еще одной интересной особенностью зависимости средней скорости от количества транспортных средств на маршруте является следующее:

$$\frac{L}{I} = v_{\text{cp}} N = \sum_{i=1}^N v_i = \text{const},$$

то есть суммарная скорость всех транспортных средств, находящихся на маршруте, должна быть постоянной, соблюдение этого и будет являться основным критерием качества перевозочного процесса, осуществляемого городским общественным транспортом.

Маршрутный транспорт города призван обеспечивать определенный уровень удовлетворенности потребностей населения данного города в передвижении. Этот уровень наиболее полно может быть выражен временем, необходимым для совершения одной поездки в рамках спроектированной улично-дорожной сети.

Применение показателя «удаленности населения», который соответствует средневзвешенному расстоянию от центра города до рассматриваемого пункта, в уже разработанной системе транспортного обслуживания населения теряет свою актуальность. Единственно значимым в данных условиях остается показатель «затраты времени».

Согласно [3] необходимо учитывать, что время, затрачиваемое на передвижение, является непроизводительной затратой. Полная затрата времени на передвижение зависит от следующих факторов: расстояние от места отправления и места назначения до остановочных пунктов транспорта; скорость движения пешехода; продолжительность ожидания транспорта на остановочном пункте; дальность поездки на транспорте; скорость сообщения транспорта.

Данные показатели выражаются следующей зависимостью

$$T = \frac{t_M}{2} + 60 \left(\frac{l_{\text{п}}^I}{v_{\text{п}}} + \frac{L_{\text{cp}}}{v_c} + \frac{l_{\text{п}}^{\text{II}}}{v_{\text{п}}} \right),$$

где T – полная затрата времени, мин; t_M – маршрутный интервал, мин; $l_{\text{п}}^I$, $l_{\text{п}}^{\text{II}}$ – длина пешеходного подхода от места отправления до остановки и от остановки до места назначения соответственно, км; L_{cp} – средняя дальность поездки на транспорте, км; $v_{\text{п}}$, v_c – скорости движения пешехода и сообщения транспорта соответственно, км/ч.

Поскольку при решении транспортных задач приходится обычно считаться с уже сложившейся удаленностью населения, то практически уменьшить издержки времени можно путем сокращения расстояния до транспортных линий, уменьшения маршрутных интервалов и увеличения скорости сообщения [3],

$$T = f(\delta); F(t_M); \varphi(v_c),$$

где δ – плотность транспортной сети, определяющая длину подходов к транспортным линиям; t_m – маршрутный интервал, определяющий продолжительность ожидания транспорта на остановочном пункте; v_c – скорость сообщения транспорта.

Наиболее емкими, по отношению к снижению затрат времени, являются функции $F(t_m)$ и $\varphi(v_c)$, оперируя которыми в допустимых пределах, можно добиться существенных снижений затрат времени на передвижения, тем самым повысить качество обслуживания населения транспортом.

При статистическом анализе маршрутных интервалов становится очевидным, что функция $F(t_m)$ имеет нормальный закон распределения. Данное утверждение подтверждается проведенным исследованием маршрутов г. Тамбова №№ 1, 18, 18с, 44, 50, 55, 60.

Суть этого исследования заключалась в следующем: в течение 1,5...2 ч три раза в сутки, из которых два раза в пиковые часы (утром с 7:30 до 9:30 и вечером с 17:30 до 19:30) и один раз в межпиковые (с 12:00 до 14:00), фиксировалось время подъезда к остановкам транспортных средств указанных номеров маршрута. Остановки выбирались конечные с целью определить итоговый интервал со всеми задержками. Кроме того, маршруты были объединены в группы по признаку их незначительного расхождения и обладающими единой конечной остановкой. Таким образом, получились четыре группы: 1) маршрут № 1 (автобусы и троллейбусы) с конечной остановкой «Динамо Б»; 2) маршруты №№ 50 и 55 с конечной остановкой «МЖК Б»; 3) маршруты №№ 18, 18с и 44 с конечной остановкой «Железнодорожный вокзал»; 4) маршрут № 60 с конечной остановкой «Чичерина» (данный маршрут характерен тем, что он является социальным и его обслуживанием занимается исключительно муниципальное предприятие).

В результате были получены фактические данные по маршрутам (табл. 2).

Таблица 2

Фактические интервалы движения транспорта

Группа	Интервальный ряд
Маршрут № 1	4; 8; 6; 1; 3; 5; 7; 6; 1; 7; 3; 5; 5; 8; 4; 7; 4; 2; 5; 6; 5; 8; 0; 2; 3; 2; 1; 5; 4; 7; 3; 6; 3; 0; 1; 15; 3; 9; 1; 12; 3; 10; 13; 5; 7; 14; 4; 2; 2; 3; 2; 8; 6; 7; 4; 0; 8; 2; 6; 5; 2; 6; 10; 5
Маршруты №№ 50, 55	6; 2; 5; 4; 2; 9; 4; 15; 3; 11; 8; 4; 8; 1; 17; 3; 4; 3; 7; 4; 21; 2; 8; 2; 6; 6; 8; 10; 9; 3; 0; 16; 12; 10; 5; 11; 12; 8; 11; 6; 8; 3; 2; 4; 6; 2; 8
Маршруты №№ 18, 18с, 44	2; 5; 6; 8; 3; 3; 1; 10; 4; 2; 2; 1; 0; 5; 3; 1; 3; 1; 3; 4; 2; 2; 2; 3; 4; 6; 5; 2; 2; 3; 4; 5; 0; 3; 2; 5; 3; 2; 8; 3; 4; 2; 7; 4; 4; 4; 4; 4; 5; 7; 0; 4; 16; 0; 2; 7; 13; 3; 1; 12; 0; 8; 4; 10; 6; 2
Маршрут № 60	35; 35; 35; 35; 30; 35; 15; 65; 15; 55; 50; 50; 20; 52

Дискретные вариационные ряды интервалов

Маршрут № 1																
Индекс	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Интервал	t_{Mi}^1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
Частота	m_i	3	5	8	8	6	9	7	6	5	1	2	1	1	1	1
Частость	\bar{p}_i	0,047	0,078	0,125	0,125	0,094	0,141	0,109	0,094	0,078	0,016	0,031	0,016	0,016	0,016	0,016

Посчитав частоты появления одинаковых интервалов в каждой группе, вычислим частоты (близкие к вероятности появления) соответствующих интервалов и занесем их в таблицы (табл. 3).

Проанализировав все собранные данные, мы приходим к тому, что величина интервала имеет случайный характер и не зависит от того или иного маршрута. Кроме того, полученные данные соответствуют выборочным функциям с нормальным законом распределения (рис. 2).

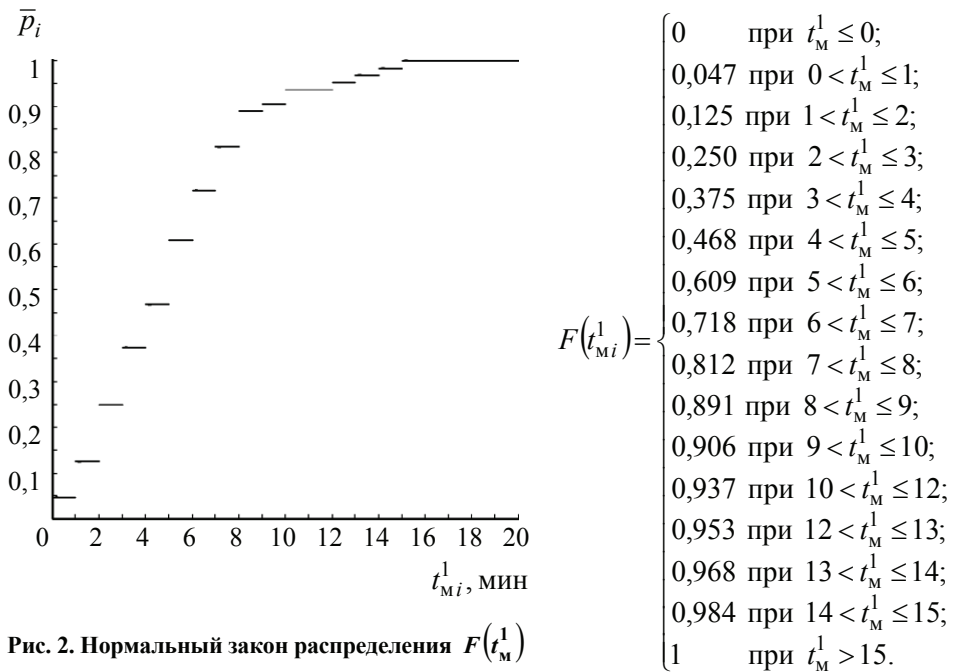


Рис. 2. Нормальный закон распределения $F(t_M^1)$ интервалов маршрута № 1

Построим по полученным данным многоугольники распределения частот появления определенной величины интервала для каждого маршрута (рис. 3). Многоугольники распределения частостей будут абсолютно идентичны многоугольникам распределения частот.

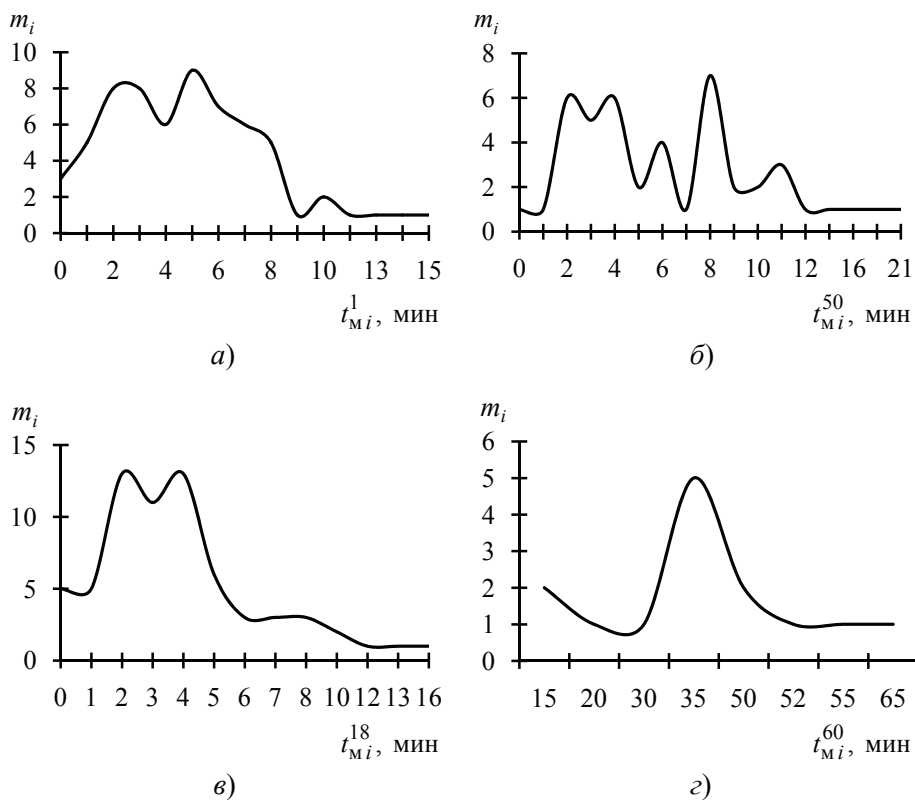


Рис. 3. Полигоны маршрутов:
a – № 1; *б* – № 50 (55); *в* – № 18 (18с, 44); *г* – № 60

Из полученных полигонов сразу становится видно, что на каждом исследуемом маршруте (кроме маршрута № 60) разброс интервалов очень велик (0...10 мин) и ни один из маршрутов не соответствует заданному разбросу. Так для маршрута № 1 величина интервала равна 4 мин.

Определим среднее арифметическое и взвешенное среднее арифметическое полученных интервалов по соответствующим формулам $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$

и $\bar{T}_B = \sum_{i=1}^n t_i \bar{p}_i$, а также отклонение средних $\Delta = \bar{T} - \bar{T}_B$.

Среднее арифметическое, взвешенное среднее арифметическое и отклонение средних маршрутных интервалов для маршрута № 1:

$$\bar{T}^1 = \frac{0+1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+12+13+14+15}{15} = 7,27 \text{ мин};$$

$$\begin{aligned} \bar{T}_B^1 &= 0 \cdot 0,047 + 1 \cdot 0,078 + 2 \cdot 0,125 + 3 \cdot 0,125 + 4 \cdot 0,094 + 5 \cdot 0,141 + \\ &+ 6 \cdot 0,109 + 7 \cdot 0,094 + 8 \cdot 0,078 + 9 \cdot 0,016 + 10 \cdot 0,031 + 12 \cdot 0,016 + \\ &+ 13 \cdot 0,016 + 14 \cdot 0,016 + 15 \cdot 0,016 = 5,02 \text{ мин}; \end{aligned}$$

$$\Delta^1 = 7,27 - 5,02 = 2,25 \text{ мин.}$$

Таблица 4

Расчетная оценка качества перевозочного процесса

Номера маршрутов	\bar{T} , мин	$\bar{T}_в$, мин	Δ , мин	\overline{DT}	$\overline{\sigma}_t$, мин
1	7,27	5,02	2,25	10,95	3,31
50 (55)	8,65	6,64	2,01	20,37	4,51
18 (18с, 44)	6,69	4,04	2,65	9,62	3,10
60	40,25	37,55	2,70	213,06	14,60

Для анализа разброса полученных данных вычислим взвешенную выборочную дисперсию интервалов каждого маршрута по формуле

$$\overline{DX} = \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T}_в)^2 \bar{p}_i.$$

Получим для маршрута № 1:

$$\begin{aligned} \overline{DT}^1 = & (0 - 5,02)^2 \cdot 0,047 + (1 - 5,02)^2 \cdot 0,078 + (2 - 5,02)^2 \cdot 0,125 + (3 - 5,02)^2 \cdot 0,125 + \\ & + (4 - 5,02)^2 \cdot 0,094 + (5 - 5,02)^2 \cdot 0,141 + (6 - 5,02)^2 \cdot 0,109 + (7 - 5,02)^2 \cdot 0,094 + \\ & + (8 - 5,02)^2 \cdot 0,078 + (9 - 5,02)^2 \cdot 0,016 + (10 - 5,02)^2 \cdot 0,031 + (12 - 5,02)^2 \cdot 0,016 + \\ & + (13 - 5,02)^2 \cdot 0,016 + (14 - 5,02)^2 \cdot 0,016 + (15 - 5,02)^2 \cdot 0,016 = 10,95. \end{aligned}$$

В свою очередь, выборочное среднее квадратическое отклонение интервалов рассчитаем по формуле $\overline{\sigma}_t = \sqrt{\overline{DT}}$.

Для маршрута № 1 $\overline{\sigma}_t^1 = \sqrt{10,95} = 3,31$ мин.

Полученные результаты для каждого исследуемого маршрута сведем в табл. 4.

В итоге, применяя как статистический метод системы менеджмента качества принцип постоянного интервала (или иначе постоянной суммарной скорости), мы можем дать оценку качества перевозочного процесса на любом интересующем нас маршруте, то есть маршруты №№ 1, 50, 55, 18, 18с и 44 относятся в целом к первому классу (если смотреть по $\overline{\sigma}_t$), а маршрут № 60 относится к третьему классу.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51004–96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. – Введ. 1997–01–01. – М. : Изд-во стандартов. – 12 с.

2. Nahverkehrsplan. 1. Fortschreibung des Nahverkehrsplans / Büro für Verkehrs- und Stadtplanung. – Düren : BVS Rödel & Pachan, 2003. – 218 s.

3. Страментов, А.Е. Городской транспорт и организация движения / А.Е. Страментов, В.Г. Сосянец, М.С. Фишельсон. – М. : Изд-во М-ва коммуна. хоз-ва РСФСР, 1960. – 352 с.

Statistical Methods of Quality Assessment of Urban Public Transport

S.A. Anokhin

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: interval; QMS of transportation process; statistical methods of analysis; total speed of vehicles; urban public transport.

Abstract: The quality criterion of urban public transport has been determined; the dependence of the average speed of vehicles on the number of vehicles given the regular interval has been revealed; the classification of interval variation for fixed-route vehicles has been developed; the fragments of the study of urban public transport have been cited.

© С.А. Анохин, 2012