

споживачів банківських послуг. Відповідність банку потребам споживача розраховувалось з урахуванням множини ознак і було отримано в вигляді нечіткої оцінки. Розглянутий метод дозволяє враховувати вимоги споживача, важливість послуг для конкретного сегменту споживачів і степiнь задоволення їх вимог даним банком.

Процес формування ринкових відносин в економіці України поступово виявляє значне зростання попиту на послуги установ кредитної системи як з боку суб'єктів підприємницької діяльності, так і з боку фізичних осіб.

Сучасні особливості організації бізнесу визначають потреби підприємців не лише у традиційному кредитно-розрахунковому банківському обслуговуванні, а й у значно ширшому спектрі різноманітних послуг комерційних банків, спроможних забезпечити оптимальні умови для ефективного прибуткового господарювання своїх клієнтів. Щодо самих банківських установ, то потреба у розширенні діапазону їхніх операцій об'єктивно впливає з умов конкурентного середовища, тому цей метод можна використовувати для вирішення реальних задач та застосовувати його до реальних об'єктів.

### Література

1. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ./Под ред. Р. Р. Ягера.-М.: Радио и связь, 1986. - 408 с.
2. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта/Под ред. Д. А. Поспелова.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.- 312 с- (Проблемы искусственного интеллекта).

**Викладені результати експериментального визначення розподілу ймовірностей значень часових інтервалів в транспортному потоці на вулично-дорожній мережі центральної частини міста**

**Ключові слова: розподіл ймовірностей, часові інтервали**

**Изложены результаты экспериментального определения распределения вероятностей значений временных интервалов в транспортном потоке на улично-дорожной сети центральной части города**

**Ключевые слова: распределение вероятностей, временные интервалы**

**The results of experimental determination of the probabilities distribution of values of time intervals in the transport flow on the downtown road network are presented**

**Keywords: distribution of probabilities, time intervals**

УДК 656.13

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ ГОРОДОВ

**Е. М. Гецович**

Доктор технических наук, профессор\*

E-mail: kaf\_ts.kharkov@mail.ru

**Н. А. Семченко**

Старший преподаватель\*

E-mail: nat-semchenko@yandex.ru

**В. А. Голота\***

E-mail: Formula\_X\_31@i.ua

\*Кафедра организации и безопасности дорожного движения  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002  
Контактный тел.: (057) 707-37-06

### 1. Введение

Выбор основной модели транспортного потока, которая наиболее точно описывала бы режим движения на дорогах, имеет важное значение при решении ряда

практических задач. К ним относится, в частности, распределение транспортных потоков на сети города. Точность решения задачи зависит от правильности выбора закона распределения временных интервалов между автомобилями в транспортном потоке.

**2. Моделирование транспортных потоков**

Ввиду разнообразия факторов, воздействующих на движение потока автомобилей и трудно поддающихся моделированию, основным способом моделирования потоков автомобилей является математическое моделирование. При этом рассматривают модели детерминистические, когда выбранная математическая модель позволяет точно вычислить изменение одной переменной с изменением других переменных, и вероятностные (стохастические), когда в процессе присутствуют элементы случайности. Детерминистические модели часто называют динамическими моделями, так как они описывают взаимодействия между автомобилями (микроскопический подход) и динамику движения всего потока автомобилей (макроскопический подход). Исследованиями транспортных потоков занимались Сильянов В.В., Дрю Д., Лобанов Е.М., Фишельсон М.С., Черепанов В.А., Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б., Трибунский В.М., Буслаев А.П., Приходько В.М., Таташев А.Г., Новиков А.В., Яшина М.В. и др.

В подавляющем большинстве работы по изучению закономерностей потока автомобилей проводились для загородных двухполосных автомобильных дорог нашей страны [1-3]. Использование результатов зарубежных исследований на многополосных дорогах затруднено из-за различий в составе движения и динамических качеств транспортных средств.

В настоящее время разработан ряд моделей для описания движения автомобилей по многополосным автомобильным дорогам [5, 6].

Анализ применимости различных теоретических моделей для описания закономерностей транспортного потока на горизонтальных участках четырех- и шестиполосных автомобильных дорог позволил установить, что каждая теоретическая модель применима только в определенных диапазонах интенсивности движения. В настоящее время не создана еще модель, позволяющая описывать поток любой интенсивности и в различных дорожных условиях. Это объясняется, во-первых, сложностью процессов, происходящих в транспортном потоке, и, во-вторых, той ролью, которую играет водитель при управлении транспортными средствами.

Область практического применения отдельных моделей транспортного потока остается весьма узкой из-за их недостатков, допущений, принятых при разработке, и из-за недостатка экспериментальных работ, на основе которых можно было бы обосновать рациональную сферу их использования. Исследования показывают, что чисто теоретический подход к решению практических задач на основе этих моделей невозможен. Только при наличии экспериментальных данных о закономерностях транспортных потоков возможно их эффективное использование.

Наиболее широкое применение динамические модели находят при оценке пропускной способности автомобильных дорог и изменения дистанции между движущимися друг за другом автомобилями в зависимости от их средней скорости, а также при выборе средств организации транспортных потоков.

Точность решения задач с использованием вероятностных моделей зависит от правильности выбора

закона распределения временных интервалов между автомобилями в транспортном потоке. Наблюдениями за общим распределением интервалов проводили А. К. Бируля, Ю. С. Чижевский, Ю, С. Крылов, Л. А. Кероглу, В. В. Филиппов, Е. М. Лобанов, И. О. Брайловский, Б. И. Грановский, В. В. Петров, В. Т. Капитанов, за рубежом - Д. Робертсон, Д. Уизем, И. Виндольф, И. Бертольд и другие.

На горизонтальных участках дорог основное влияние на распределение интервалов оказывают интенсивность и состав движения. Увеличение интенсивности движения приводит к резкому увеличению числа интервалов продолжительностью менее 4,0 сек.

**Таблица 1**

**Границы применения моделей транспортного потока**

Теоретические модели транспортного потока	Интенсивность в одном направлении (авт./ч) при общем числе полос движения на дороге		
	2 (Лобанов Е. М., Сильянов В. В., Ситников Ю. М., Сапегин Л. Н.)	4 (Красников А.Н.)	6 (Красников А.Н.)
Вероятностные:			
распределение Пуассона	Менее 200	Менее 580	Менее 1170
смешанные распределения	200-500	580-1000	1170-2000
распределение Пирсона III типа	200-650	580-1340	1170-2320
Динамические:			
упрощенные динамические	Более 900	2000-2200 и более	3000-3300 и более
гидродинамическая	Более 900	2000-2200 и более	3000-3300 и более
газовая	650-900	Менее 2400	Менее 4000

Исследования Красникова А.Н. показали, что наибольшее применение при использовании вероятностных моделей находит распределение Пирсона III типа [6].

В городских условиях при плотных транспортных потоках и влиянии регулируемых пересечений транспортный поток будет распределяться по закону, отличному от пуассоновского.

Центральная деловая часть мегаполиса имеет отличительные особенности:

- высокая приведенная интенсивность транспортных потоков (более 600 авт./ч на полосу);
- однородность состава транспортных потоков (преимущественно легковой транспорт);
- групповой характер движения;
- расстояние между узлами сети не превышает 800-1000 м;
- основные виды узлов (пересечений):
- нерегулируемые неравнозначные пересечения;
- саморегулируемые;

- регулируемые.

В работах Бабкова В.Ф., Дрю Д. рекомендовано описывать распределение скоростей движения и интервалов между автомобилями в потоках в городах с интенсивностью около 600 авт./ч на полосу нормальным распределением случайной величины. Это обусловлено влиянием на исходную характеристику множества случайных малозначащих факторов. Исследования Андропова Р.В.[7] подтвердили это утверждение.

Исходя из выше сказанного, поставлена задача определения распределения интервалов между автомобилями в потоках в центральной части мегаполиса с интенсивностью более 600 авт./ч на полосу, а также определение изменения среднего значения временных интервалов в зависимости от расстояния от потокообразующего регулируемого пересечения и изменения интенсивности транспортного потока.

### 3. Анализ результатов эксперимента

Эксперимент проводился в нескольких сечениях перегонов центральных улиц г.Харькова с помощью видеосъемки по методике [8].

Эксперимент проводился с учетом предварительной информации о магистральных улицах: длины перегона, интенсивности ТП, составе потока, количестве полос, поворотных направлений с примыкающих перекрестков, качестве дорожного покрытия и т. д.

Задача, которая решалась при обработке экспериментальных данных, заключалась в определении характера изменения временных интервалов между автомобилями на опытных участках перегона и установление вида зависимости  $t=f(L)$  при значениях интенсивности  $\lambda > 600$  авт./ч.

В рамках поставленных задач рассмотрены следующие вопросы:

- определение необходимого числа измерений для обеспечения необходимой достоверности результатов;
- обработка экспериментальных данных с применением методов математической статистики;
- уточнение функции распределения временных интервалов;
- установление зависимостей вида  $t=f(L)$  при значениях интенсивности  $\lambda > 600$  авт./ч;
- анализ характера изменения временных интервалов между транспортными средствами (ТС) при движении по перегону.

Обработка экспериментальных данных методами математической статистики была выполнена с использованием компьютерной программы «STATISTICA» для среды «WINDOWS», далее по тексту STATISTICA. Данная интегрированная система дает более широкий информационный выход при незначительных затратах времени, прежде всего из-за опасности ошибок ручного расчета.

Значением генеральной совокупности на участке перегона является суточная интенсивность. В области техники обычно используют пяти- и однопроцентный уровень значимости, которому соответствуют обращенные значения функции Лапласа равные 1,96 и 2,58.

Для целей технической эксплуатации можно ограничиться уровнем значимости 0,05, считающимся достаточным при использовании программы STATISTICA.

Значение объема выборки для распределения составляет 872 автомобиля.

Обработка экспериментальных данных показала, что наиболее приемлемой является аппроксимация логнормальным распределением  $X \sim \text{LogN}(\mu, \sigma^2)$ . Распределение случайной величины  $X$  задается плотностью вероятности, имеющей вид:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $\sigma > 0$ ,  $\mu \in \mathbb{R}$ .

Графическая иллюстрация гистограммы распределения временных интервалов между автомобилями представлена на рис. 1.

Графическое представление расчетов по границам доверительного интервала приведено на рис. 2.

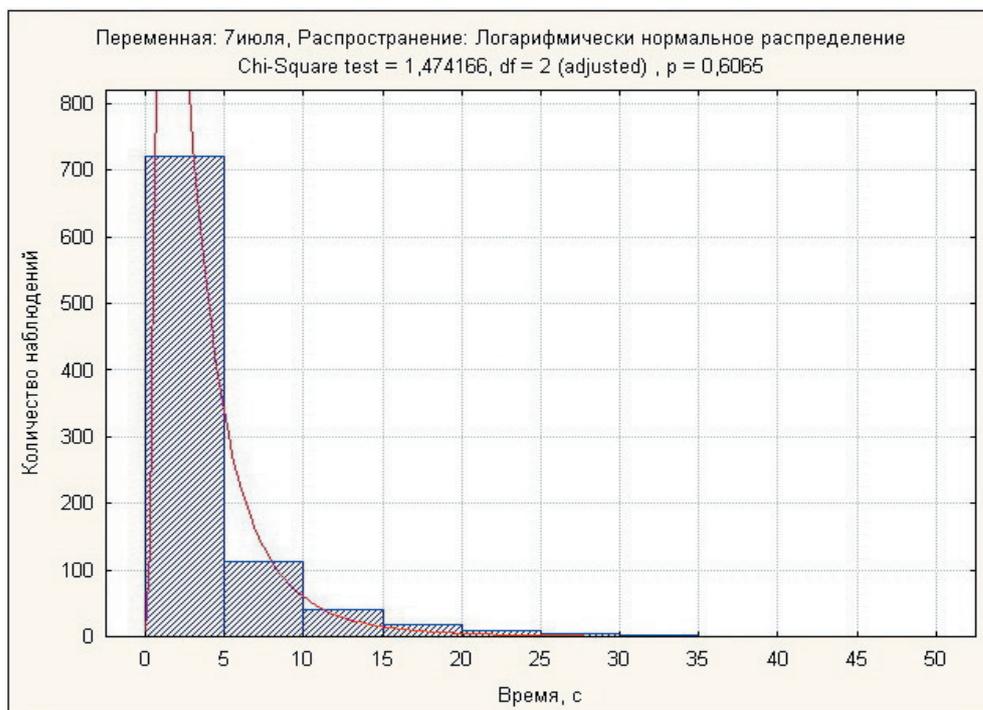


Рис. 1. Гистограмма распределения временных интервалов

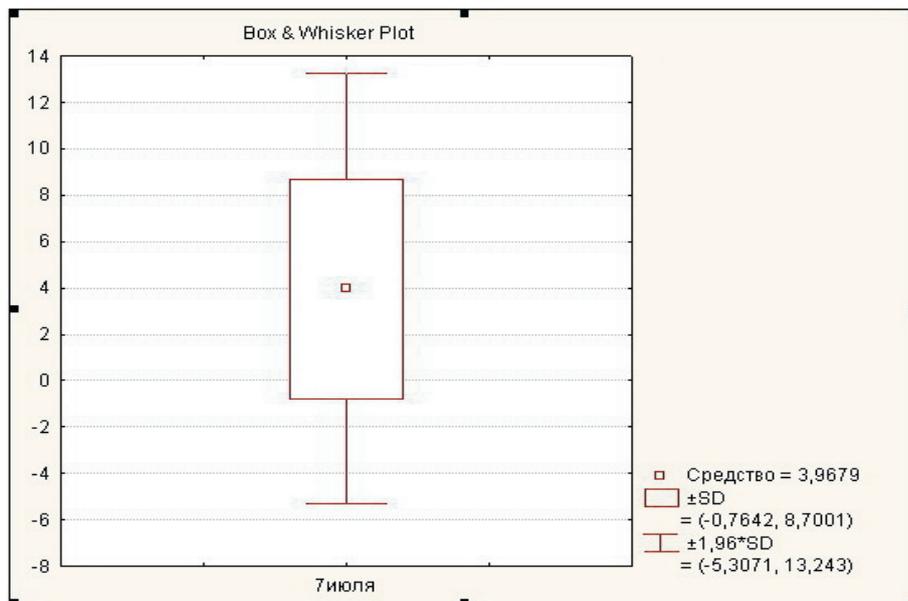


Рис. 2. Представление результатов обработки случайных величин в программе STATISTICA

Анализ графика с размещенными на нем точками из табл. 2 показал, что искомая зависимость может быть аппроксимирована линейным уравнением вида:

$$y = b + kx, \tag{2}$$

где  $y$  - функция независимого переменного  $x$  ;  
 $k$  - коэффициент, соответствующий переменной  $x$  ;  
 $b$  - константа.

На рис. 3 показаны графики изменения временного динамического габарита ТС при значениях удельной интенсивности  $\lambda = 600$  авт./ч,  $\lambda = 700$  авт./ч,  $\lambda = 800$  авт./ч,  $\lambda = 900$  авт./ч,  $\lambda = 1000$  авт./ч на участках перегона длиной 10 м, 200 м, 400 м.

Среднее значение отображено выделенной точкой, длина ящика равна двойной величине стандартной ошибки, а усы показывают 95%-ные двухсторонние доверительные границы, вычисленные по нормальному закону.

Приведенный выше пример получен в результате обработки данных на участке перегона от расстояния  $L = 200$  м от регулируемого пересечения. Остальные результаты приведены в табл. 2.

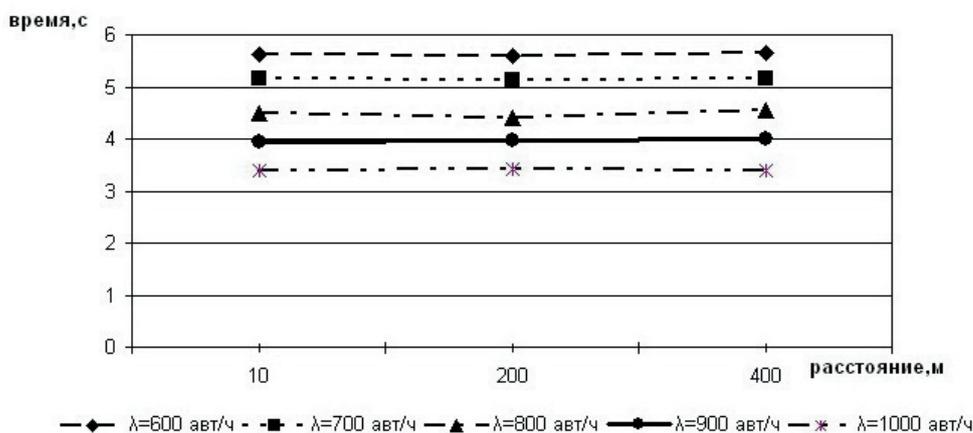


Рис. 3. Значения временного динамического габарита ТС при движении по перегону при различной интенсивности

Таблица 2

Обобщенные результаты проведенных согласно принятой методике экспериментальных исследований

Среднее значение интенсивности $\lambda$ , авт./ч	Временной динамический габарит ТС, с		
	L = 10 м	L = 200 м	L = 400 м
$\lambda = 600$	5,63	5,6	5,64
$\lambda = 700$	5,145	5,13	5,15
$\lambda = 800$	4,5	4,4	4,55
$\lambda = 900$	3,95	3,97	4
$\lambda = 1000$	3,39	3,43	3,4

Для решения следующей задачи - установления вида зависимости временного динамического габарита ТС от длины перегона - использовались методы регрессионного анализа для различных значений интенсивности движения.

Используя линейный регрессионный анализ, который заключается в подборе графика для набора наблюдений с помощью метода наименьших квадратов, получены зависимости  $t = f(L)$  линейного характера:

- при  $\lambda = 600$  авт./ч,

$$t = 5,62 + 2,72 \cdot 10^{-5} \cdot L, \tag{3}$$

где  $t$  - значения временного динамического габарита ТС, с;

$L$  - значения длительности участков перегона, м.

- при  $\lambda = 700$  авт./ч,

$$t = 5,14 + 1,36 \cdot 10^{-5} \cdot L, \tag{4}$$

- при  $\lambda = 800$  авт./ч,

$$t = 4,46 + 1,34 \cdot 10^{-4} \cdot L, \quad (5)$$

- при  $\lambda = 900$  авт./ч,

$$t = 3,95 + 1,28 \cdot 10^{-4} \cdot L, \quad (6)$$

- при  $\lambda = 1000$  авт./ч,

$$t = 3,4 + 2,41 \cdot 10^{-5} \cdot L. \quad (7)$$

Анализ полученных зависимостей позволил сделать вывод о том, что при  $\lambda > 600$  авт./ч расхождение величины  $t$  в точках А (10 м) и В (400 м) настолько незначительно, что им можно пренебречь при решении практических задач. Т. е. временной динамический габарит автомобилей на опытных участках перегона практически не изменяется.

Следовательно, временные интервалы между ТС зависят только от интенсивности (рис. 4).

Зависимость интенсивность ( $\lambda$ ) – временной интервал между ТС ( $t$ ) носит линейный характер с коэффициентом корреляции  $r = -0,9991$

$$t = 9,007 - 5,602 \cdot 10^{-3} \cdot \lambda. \quad (8)$$

### Выводы

1. Разработана методика проведения эксперимента для исследования временного динамического габарита транспортных средств высокой интенсивности.

2. На основе полученных статистических данных методом регрессионного анализа были выведены уравнения, отражающие зависимость изменения временного динамического габарита транспортных средств при различных значениях интенсивности ( $\lambda > 600$  авт./ч) на опытных участках перегона (10 м, 200 м, 400 м).

3. При значении интенсивности  $\lambda > 600$  авт./ч среднее значение временного динамического габарита транспортных средств на участках перегона практически не изменяется.

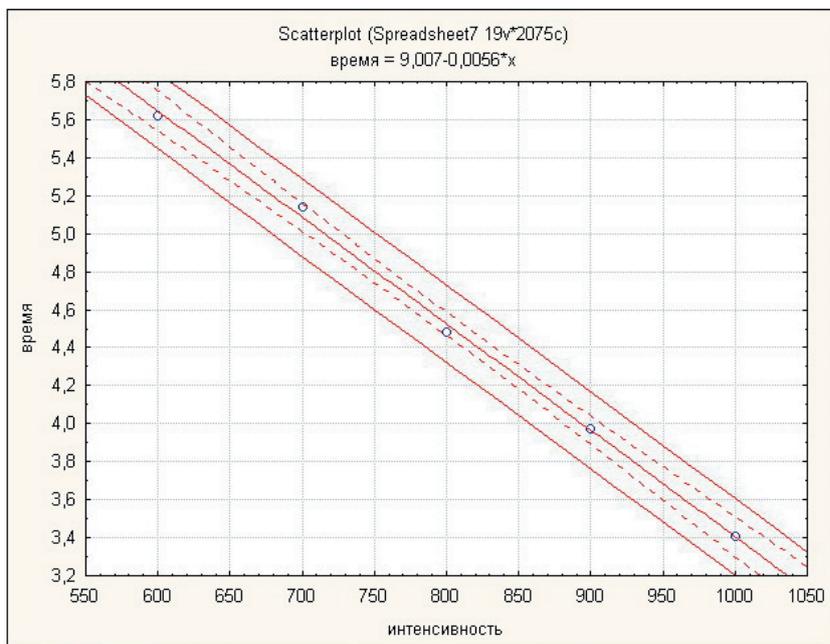


Рис. 4. Значения временного динамического габарита ТС при движении по перегону при различной интенсивности

### Литература

1. Калужский Я. А. Применение теории массового обслуживания в проектировании автомобильных дорог [Текст] / Я. А. Калужский, И. В. Бегма, В. М. Кисляков, В. В. Филиппов. - М.: Транспорт, 1969. - 135 с.
2. Лобанов Е. М. Пропускная способность автомобильных дорог [Текст] / Е. М. Лобанов, В. В. Сильянов, Ю. М. Ситников, Л. Н. Сапегин. - М.: Транспорт, 1970. - 151 с.
3. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения [Текст] / В. В. Сильянов. - М.: Транспорт, 1977. - 303 с.
4. Ekstein Milan. Stochasticke modely dopravnick proudu [Текст] / Milan Ekstein // Siln. Obsor. - 1975. - № 3. - P. 86 - 90.
5. Mc'Nees R. W. Insity study deterring Lanemanuevering distance for three-and four-lane, freeways, for various traffic-volume conditions [Текст] / R. W. Mc'Nees // Transp. Res. Rec. - 1982. - № 869. - P. 37 - 45.
6. Красников А.Н. Закономерности движения на многополосных автомобильных дорогах [Текст] / А. Н. Красников.- М.: Транспорт, 1988.- 111 с.
7. Андронов Р.В. Анализ динамики заторов на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети методом «Монте-Карло» [Текст] : сб. науч. тр. / Р.В. Андронов, Б.П. Елькин, С.Ф.Ваганов // ТюмГАСУ: – Тюмень, 2006. – С. 12-17.
8. Гецович Е.М. Методика экспериментального определения распределения параметров транспортных потоков [Текст] / Е.М. Гецович, Н.А. Семченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2011. - №6/2 (54). - С. 67-68.