

## ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 656.015

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ АВТОМОБІЛЯМИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ  
ЧАСТИНИ М. ХАРКОВА НА ОСНОВІ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЩІЛЬНОСТІ  
ПАРКУВАННЯ

П.Ф. Горбачов, професор, д.т.н., О.С. Колій, асистент, ХНАДУ

*Анотація.* Представлено методика та результати визначення закономірностей щільності паркування автомобілів біля узбіччя проїзної частини вулиць, які дозволили визначити завантаження центральної частини м. Харкова автомобілями.

*Ключові слова:* паркування, інтенсивність, стоянка, місткість, транспортні потоки, показовий закон розподілу.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРУЗКИ АВТОМОБИЛЯМИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
ЧАСТИ Г. ХАРЬКОВА НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПЛОТНОСТИ  
ПАРКОВКИ

П.Ф. Горбачев, профессор, д.т.н., А.С. Колий, ассистент, ХНАДУ

*Аннотация.* Представлены методика и результаты определения закономерностей плотности парковки автомобилей возле обочины проезжей части улиц, которые позволили определить загрузку центральной части г. Харькова автомобилями.

*Ключевые слова:* парковка, интенсивность, стоянка, вместительность, транспортные потоки, показательный закон распределения.

DETERMINATION OF TRAFFIC CONGESTION IN CENTRAL PART OF  
KHARKIV ON BASIS OF PARKING DENSITY LAWP. Gorbachov, Professor, Doctor of Technical Science,  
O. Koliy, assistant lecturer, KhNAHU

*Abstract.* The technique and results of vehicles parking density law determination by the roadside that allowed to determine the rate of congestion in the central part of Kharkiv are presented.

*Key words:* parking process, intensity, parking, capacity, traffic flow, exponential distribution law.

## Вступ

На сьогодні все гостріше постають проблеми, що виникають внаслідок підвищення рівня автомобілізації, розв'язання яких здебільшого пов'язане з моделюванням транспортних потоків. Відомі у транспортній галузі підходи до визначення кількості автомобілів, що приїжджають та від'їжджають від ділянок дорожньої мережі міст, не дають можливості одержати повну та достовірну інформацію. Отже, перед науковцями постає завдання

щодо побудови максимально наближеної до реальності моделі визначення кількості автомобілів, що користуються транспортною мережею для стоянки, головним принципом якої повинно стати врахування випадкового характеру руху та стоянки транспортних засобів.

## Аналіз публікацій

Вихідною інформацією для проведення моделювання транспортних потоків є матриця

кореспонденцій, яка визначається на підставі одержаних місткостей транспортних районів, сформованих з кількості автомобілів, що приїжджають і від'їжджають з місць паркування. Треба відзначити, що сьогодні більше уваги приділяється методам розрахунку матриць кореспонденцій, ніж визначенню місткості транспортних районів, хоча саме вона дає можливість отримати більш точні результати моделювання.

У наш час розроблено багато підходів для отримання статистичної інформації стосовно транспортних потоків. Наприклад, у роботі [1] визначення обсягів прибуття і відправлення автомобілів здійснювалися у вузлах транспортної мережі, тобто визначалися утворення та поглинання транспортних потоків на перехрестях. Недоліком цього розрахунку є те, що спостереження проводилося за автомобілями, що перетинали перехрестя, а не зупинялися на ділянці певного району, з чого неможливо достовірно встановити, яка частина автомобілів прибуває, а яка проходить транзитом.

У роботі [2] облік автомобілів, що приїжджають і виїжджають з центру, відбувався за допомогою постів, встановлених на межах із центральною частиною міста. Автор припускає, що за допомогою різниці кількості автомобілів, що приїжджають і виїжджають, можна визначити місткість центральної частини міста щодо прибуття та відправлення транспортних засобів. Цей метод не дозволяє врахувати кількість автомобілів, що не виїжджають за межі центральної частини міста. Таким чином, стає зрозуміло, що з розширенням меж центральної частини така похибка буде збільшуватися.

### Мета та постановка задачі

Завантаженість центру міста Харкова здебільшого визначається місткістю автомобілів, що приїжджають до вулично-дорожньої мережі (ВДМ) та від'їжджають з неї. Відповідно метою цієї роботи є визначення місткості ВДМ центральної частини міста Харкова.

Об'єктом дослідження роботи є процес паркування автомобілів на ділянках ВДМ центральної частини м. Харкова.

Одержання емпіричних значень параметрів процесу паркування автомобілів на всіх ділянках ВДМ пов'язане з великими трудно-

щами, оскільки подібні дослідження доволі складно реалізувати, що не дозволяє розраховувати на високу репрезентативність подібних спостережень.

Отже, реально доступним методом визначення повної інформації стосовно параметрів процесу паркування автомобілів на всіх ділянках ВДМ є імітаційний експеримент на підставі закономірностей щільності паркування автомобілів біля узбіччя проїзної частини вулиць.

### Визначення місткості вулично-дорожньої мережі центральної частини м. Харкова

Завантаження транспортних районів тісно пов'язане з процесом паркування та накопичення автомобілів на стоянках. Найбільш важливими параметрами їх функціонування вважаються: інтенсивність використання одного місця паркування, середньодобове наповнення стоянки, тобто середня кількість зайнятих місць, а також середня щільність заповнення, тобто кількість зайнятих місць відносно довжини або площі стоянки. Для визначення зазначених параметрів проведено два етапи спостережень. На першому за допомогою фотоспостережень було визначено щільність паркування автомобілів, на другому – інтенсивність обміну та середнє наповнення стоянки.

У зв'язку зі складністю проведення повного обсягу натурних спостережень було вирішено провести вибіркові обстеження як інтенсивності обміну, так і щільності паркування автомобілів. Кількість спостережень розраховано на одержання 95 % надійності результатів. Місця проведення досліджень обирались випадково. Для визначення інтенсивності використання місць паркування відеоспостереження проводилися протягом двох годин (з 8<sup>00</sup> до 10<sup>00</sup>), а для визначення щільності паркування автомобілів було використано моментні спостереження за той же період.

Після обробки результатів спостережень параметри закону розподілу щільності паркування автомобілів оцінювалися за допомогою методу максимальної правдоподібності [3], гіпотеза про відповідність нормального та теоретичного розподілу перевірялася за допомогою критеріїв Пірсона й Колмогорова-Смірнова [4]. На підставі аналізу можна

стверджувати, що випадкова величина розподіляється згідно з показовим законом (рис. 1).

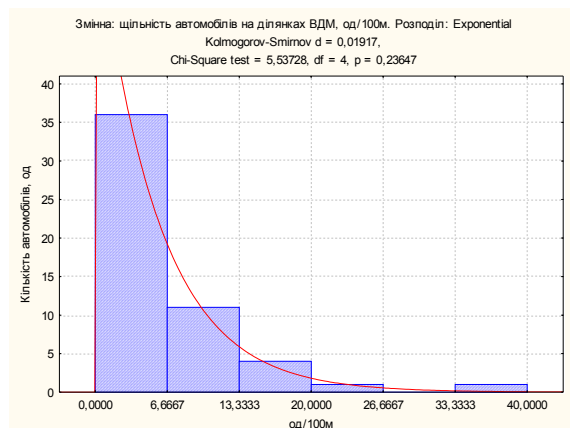


Рис. 1. Розподіл щільності автомобілів, які стоять біля узбіччя

Результати проведених досліджень щодо використання місць паркування транспортними засобами на ділянках ВДМ подано в табл. 1.

Таблиця 1 Результати проведення спостережень, од/100 м

Параметри	Кількість автомобілів		
	що приїжджають	що від'їжджають	припаркованих
Середнє значення	46	30	11
Максимальне значення	66	50	20
Мінімальне значення	24	16	5
Середньоквадратичне відхилення	11,3	9,4	3,3

Підсумки обстеження дають можливість для розрахунку завантаження центральної частини м. Харкова, а саме для використання такої статистичної інформації в імітаційному експерименті, з метою визначення місткостей прибуття та відправлення автомобілів.

З метою виключення впливу транзитних потоків на результати експерименту, ділянки ВДМ, на яких автомобілі проходять виключно транзитом, до моделювання не входять.

Щільність автомобілів на  $i$ -му відрізьку генерується відносно показового закону розподілу за такою залежністю [5]

$$\Pi_i = \frac{-\ln \xi_k}{\lambda}, \quad (1)$$

де  $\Pi_i$  – щільність стоянки автомобілів на  $i$ -й ділянці ВДМ, од/100м;  $\xi_k$  – рівномірно розподілена випадкова величина;  $\lambda$  – параметр показового закону розподілу,  $\lambda = 5,64$  од/100 м.

Відносно одержаної щільності на кожній ділянці транспортної системи визначаємо середню кількість автомобілів, що знаходяться протягом двох годин біля узбіччя на  $i$ -й ділянці ВДМ

$$A_i = \Pi_i \cdot l_i, \quad (2)$$

де  $A_i$  – кількість автомобілів, що стоять на  $i$ -й ділянці ВДМ, од;  $l_i$  – довжина  $i$ -ї ділянки ВДМ, км.

Використовуючи відношення середньої кількості автомобілів, що приїжджають на 100 м дорожнього полотна, до середньої кількості зайнятих місць стоянки біля узбіччя, за результатами спостережень можливо визначити кількість автомобілів, що паркуються на всіх ділянках ВДМ за такою залежністю

$$Z_i = \frac{F}{R} \cdot A_i, \quad (3)$$

де  $Z_i$  – кількість автомобілів, що паркуються на  $i$ -й ділянці ВДМ, од;  $R$  – середня кількість автомобілів, що стоять біля узбіччя під час проведення спостережень (табл. 1), од;  $F$  – середня кількість автомобілів, що приїжджають на досліджувані відрізьки під час проведення спостережень (табл. 1), од.

Аналогічно проводяться розрахунки кількості автомобілів, що від'їжджають з місць стоянки

$$Y_i = \frac{S}{R} \cdot A_i, \quad (4)$$

де  $Y_i$  – кількість автомобілів, що від'їжджають з місць паркування на  $i$ -й ділянці ВДМ, од;  $S$  – середня кількість автомобілів, що від'їжджають з досліджуваних місць стоянки під час проведення спостережень, од.

Місткість прибуття та відправлення автомобілів

$$HP = \sum_{i=1}^n Z_i, \quad HO = \sum_{i=1}^n Y_i, \quad (5)$$

де  $HP$  – кількість автомобілів, що прибувають до ділянок ВДМ, од;  $HO$  – кількість ав-

томобілів, що відправляються з ділянок ВДМ, од.

При проведенні моделювання час для розрахункового етапу імітації було обрано дві години ранкового часу «пік», оскільки саме на цей період припадає максимальне накопичення транспорту на вулицях міста. Випадкова величина щільності паркування автомобілів розподілялася за показовим законом. Кожна серія в результаті проведення моделювання дає набір випадкових значень кількості автомобілів, що стоять біля узбіччя, та кількості автомобілів, що під'їжджають і від'їжджають з місць паркування. Усього було проведено 20 серій розрахунків; загальну характеристику підсумків моделювання подано в табл. 2.

Таблиця 2 Загальна характеристика результатів розрахунків

Показники	Параметри розрахунків	
	середнє значення	стандартне відхилення
Кількість автомобілів біля узбіччя, од	5535	338
Кількість автомобілів, що приїжджають, од	23279	1421
Кількість автомобілів, що від'їжджають, од	15543	949

Після проведення імітації виявилось, що результати в кожній серії близькі за значенням. Відтворюваність експерименту оцінювалася за критерієм Кохрена [6]

$$G_p = \frac{\max D_i}{\sum_1^m D_i}, \quad (6)$$

де  $D_i$  – значення дисперсій із числа розглянутих паралельних серій  $m$ .

Оскільки одержане розрахункове значення критерію Кохрена  $G_p = 0,5$  менше табличного  $G_T = 0,59$  відповідної довірчої ймовірності  $p = 0,95$ , можна зробити висновок, що проведені дослідження можуть бути відтворені.

## Висновки

За підсумками спостережень щільність автомобілів, що стоять біля узбіччя, визначається експоненціальним законом розподілу. Це дало змогу розрахувати завантаження вулиць центральної частини міста Харкова, яке за прибуттям в середньому склало 23279 автомобілів, а за відправленням 15543 в ранковий період робочого дня.

У подальших дослідженнях, з метою визначення більш точних значень завантаженості вулиць, необхідно врахувати кількість автомобілів, що зупиняються всередині дворів жилих будинків і на спеціалізованих стоянках довгострокового зберігання.

## Література

1. Прасоленко О.В. Обґрунтування мережі парковки автомобільного транспорту в умовах міста (на прикладі м. Харкова) : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / О.В. Прасоленко. – Харків, 2006. – 12 с.
2. Гецович Е.М. Определение интенсивности и направлений транзитных транспортных потоков в центральной деловой части города / Е.М. Гецович, Д.В. Засядько // Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник. – Харків : Техніка. – 2009. – Вип. 86. – С. 350–357.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М. : Высш. шк., 2004. – 479 с.
4. Венецкий И.Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И.Г. Венецкий, В.И. Венецкая. – М. : Статистика, 1979. – 447 с.
5. Минько А.А. Статистический анализ в MS EXCEL / А.А. Минько. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 448 с.
6. Сиденко В.М. Основы научных исследований / В.М. Сиденко, И.М. Грушко. – Харьков : Высш. шк., 1977. – 200 с.

Рецензент: Є.В. Нагорний, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 27 жовтня 2010 р.