

О. М. Грицунь, І. В. Паснак

*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна
 Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8391-9642> – О. М. Грицунь

<https://orcid.org/0000-0002-8405-4625> – І. В. Паснак

✉ oleh.m.hrytsun@lpnu.ua

ВПЛИВ ВУЛИЧНОГО ПАРКУВАННЯ НА ЗАТРИМКИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

Проблема. Проведений аналіз показав, що паркування вздовж міських вулиць у центральних районах часто ускладнює пересування громадського транспорту та спеціалізованих транспортних засобів. Запарковані машини зменшують пропускну здатність вулично-дорожньої мережі на 20–40%, що сповільнює рух транспорту і підвищує ймовірність аварійних ситуацій. Зі збільшенням кількості автомобілів в Україні питання організації місць для паркування стає дедалі гострішим, оскільки зростання кількості авто ускладнює облаштування нових паркувальних зон.

Для того щоб підвищити ефективність роботи транспортної мережі, необхідно впроваджувати нові організаційні заходи, які сприятимуть збільшенню пропускну здатності вулично-дорожньої мережі у місцях з активним паркуванням. Особлива увага повинна бути зосереджена на перехрестях, де паркування обмежує оглядовість та зменшує інтенсивність руху. Також важливими є ділянки, де відбувається в'їзд і виїзд з паркувальних майданчиків.

Мета. Моделювання впливу вуличного паркування на затримки транспортного потоку в зоні ділянок між перехрестями.

Методи дослідження. Для вирішення проблеми паркування автомобілів у містах важливу роль відіграє використання вуличних парковок. Однак їхній основний недолік полягає у негативному впливі на пропускну здатність вулично-дорожньої мережі. Тому ключовим критерієм оцінки цього виду паркування є визначення його впливу на пропускну здатність.

На пропускну здатність впливає багато чинників: умови дороги, склад транспортного потоку, погодні умови, психофізіологічні особливості водіїв та інше. Зміна цих параметрів може значно змінювати пропускну здатність у різні періоди доби, місяця, сезону або року.

Оцінка впливу вуличного паркування на пропускну здатність дорожньої мережі потребує підходу, який враховує різні схеми розташування автомобілів на проїзній частині. Зниження пропускну здатності спричинене зменшенням швидкості транспортного потоку, що є важливою характеристикою руху і суттєво впливає на ефективність використання вуличної мережі.

Для моделювання впливу вуличного паркування на затримки транспортного потоку необхідно враховувати такі параметри, як час і частота прибуття автомобілів, тривалість їх стоянки, довжину черги та ємність стоянки. Також важливо зважати на вартість паркування, інформацію про зайнятість стоянки і маршрути громадського транспорту. Оскільки більшість цих параметрів мають випадковий характер, імітаційне моделювання є ефективним інструментом для прогнозування.

Основні результати дослідження. Для дослідження обрано ділянку центральної частини Львова з інтенсивним рухом, де автомобілі паркуються по-різному біля проїзної частини. Аналіз проведено за допомогою програмного середовища PTV Vissim. Вивчено причини, що впливають на швидкість руху та пропускну здатність вулиць через наявність паркування. Створено імітаційну модель, яка дозволила оцінити роботу ділянок з дозволеною стоянкою і без неї, а також вплив тривалості паркування на середню швидкість потоку та затримки. Результати показали, що для підвищення пропускну здатності і швидкості транспорту при проектуванні паралельних вуличних стоянок необхідно встановлювати обмеження на тривалість паркування. Середня транспортна затримка є найнижчою при тривалості паркування 900 с і 1800 с, відповідно становлячи 6,34 та 6,45 с/автомобіль. Це вказує на те, що при довшому часі паркування водії мають більше можливостей для безперешкодного виїзду, що сприяє зниженню затримок у транспортному потоці. Найбільша затримка спостерігається при тривалості паркування 300 с на правій смугі, де вона досягає 9,43 с/автомобіль. Це, ймовірно, пов'язано з частими зупинками автомобілів, що дають дорогу тим, хто виїжджає зі стоянки. Такі затримки можуть збільшувати загальний час пересування на певній ділянці дороги, що негативно позначається на ефективності транспортного потоку та створює додаткові незручності для водіїв. Врахування цих показників є важливим при плануванні паркувальних зон для оптимізації руху та зменшення затримок.

Висновки та конкретні пропозиції авторів. Результати моделювання впливу вуличного паркування на затримки транспортного потоку, проведені за допомогою програмного забезпечення PTV VISSIM, показують, що під час проектування вуличного паркування, розташованого паралельно до тротуару, доцільно встановлювати обмеження на тривалість стоянки. Це сприятиме підвищенню пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі та збільшенню середньої швидкості руху транспортних засобів. Встановлення таких обмежень також дозволить мінімізувати затримки в русі, що позитивно вплине на загальну ефективність транспортного потоку і зменшить рівень заторів, особливо у години пік.

Ключові слова: транспортний потік, вулично-дорожня мережа, пропускна здатність, натурні дослідження, моделювання руху, швидкість руху, інтенсивність руху, рівень завантаження, довжина черги, транспортні затримки.

O. M. Hrytsun, I. V. Pashak

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

IMPACT OF STREET PARKING ON TRAFFIC FLOW DELAYS

Problem. The conducted analysis showed that parking along city streets in central areas often complicates the movement of public transport and specialized vehicles. Parked cars reduce the capacity of the road network by 20–40%, which slows down traffic and increases the likelihood of accidents. With the increase in the number of cars in Ukraine, the issue of organizing parking spaces is becoming increasingly acute, as the growth in the number of cars complicates the arrangement of new parking areas.

In order to increase the efficiency of the transport network, it is necessary to implement new organizational measures that will contribute to increasing the capacity of the street-road network in places with active parking. Special attention should be focused on intersections, where parking limits visibility and reduces traffic intensity. Areas where entry and exit from parking lots are also important.

The purpose of the research is to model the impact of street parking on traffic flow delays in the area between intersections.

Research methods. The use of street parking lots plays an important role in solving the problem of car parking in cities. However, their main drawback is the negative impact on the capacity of the road network. Therefore, the key criterion for evaluating this type of parking is determining its impact on throughput.

Capacity is affected by many factors: road conditions, composition of traffic flow, weather conditions, psychophysiological characteristics of drivers, etc. Changing these parameters can significantly influence throughput at different times of the day, month, season, or year.

Estimating the impact of street parking on the capacity of the road network requires an approach that takes into account different patterns of car placement on the roadway. The decrease in throughput is caused by a decrease in the speed of traffic flow, which is an important characteristic of traffic and significantly affects the efficiency of using the street network.

To model the impact of street parking on traffic delays, it is necessary to take into account such parameters as the time and frequency of the arrival of cars, the duration of their parking, the length of the queue, and the capacity of the parking lot. It is also important to pay attention to the cost of parking, information about the occupancy of the parking lot, and public transport routes. Since most of these parameters are random, simulation modeling is an effective tool for prediction.

The main results of the study. Areas of the central part of Lviv with heavy traffic were chosen for the study, where cars are parked in different ways near the roadway. The analysis was carried out using the PTV Vissim software environment. The reasons affecting the speed of traffic and the capacity of the streets due to the presence of parking have been studied. A simulation model was created that made it possible to evaluate the operation of areas with and without permitted parking, as well as the impact of parking duration on the average flow speed and delay. The results showed that to increase the capacity and speed of transport when designing parallel street parking lots, it is necessary to set limits on the duration of parking. The average traffic delay is the lowest for parking durations of 900 s and 1800 s, being 6.34 and 6.45 s/car, respectively. This indicates that with a longer parking time, drivers have more opportunities to exit without obstruction, which helps to reduce delays in the traffic flow. The biggest delay is observed with a parking duration of 300 s in the right lane, where it reaches 9.43 s/car. This is probably due to the frequent stops of cars, giving way to those leaving the parking lot. Such delays can increase the total travel time on a certain section of the road, which negatively affects the efficiency of traffic flow and creates additional inconvenience for drivers. Taking these indicators into account is important when planning parking zones to optimize traffic and reduce delays.

Conclusions and specific proposals of the authors. The results of modeling the impact of on-street parking on traffic flow delays, carried out using the PTV VISSIM software, show that when designing on-street parking parallel to the pavement, it is advisable to set limits on the duration of parking. This will help to increase the capacity of the road network and increase the average speed of vehicles. The establishment of such restrictions will also minimize traffic delays, which will positively affect the overall efficiency of traffic flow and reduce the level of congestion, especially during peak hours.

Keywords: traffic flow, street-road network, capacity, field studies, traffic simulation, traffic speed, traffic intensity, load level, queue length, traffic delays.

Вступ. Паркування вздовж вулиць у центральних районах міст часто ускладнює рух громадського транспорту та оперативних транспортних засобів. Через запарковані автомобілі пропускна здатність вулиць знижується на 20 – 40%, а середня швидкість руху зменшується, що збільшує ризик утворення дорожньо-транспортних подій [1–3]. Зі зростанням автомобілізації в Україні проблема організації паркування стає все актуальнішою, оскільки збільшення кількості автомобілів ускладнює створення нових паркомісць.

Щоб підвищити ефективність функціонування вулично-дорожньої мережі, необхідно використовувати організаційні методи, зокрема, нові підходи до підвищення пропускної здатності у місцях інтенсивного паркування [2,4–7]. Особливу увагу слід приділяти зонам перехресть, де паркування обмежує видимість і знижує потоки насичення. Також важливими є місця заїзду та виїзду зі стоянок [8–11].

Останніми роками активно досліджується залежність ефективності транспортних потоків від параметрів паркування в містах. Серед значних робіт можна виділити дослідження О.О. Загоруя [12] та О.О. Лобашова [13]. Питання організації руху в сучасних містах детально аналізуються в працях І.С. Мурованого [11], В.П. Поліщука [14] та інших.

Ключовим чинником ефективності вуличного паркування є схема розташування автомобілів, оскільки вона впливає на складність та час заїзду і виїзду, а також на швидкість і затримки основного транспортного потоку [3,8,11,15].

Управління паркуванням є ключовим елементом регулювання транспортного потоку, особливо у густонаселених центральних районах міст. До ефективних заходів належать заборона зупинки, обмеження часу стоянки, регулювання розміщення транспортних засобів, місцеві правила паркування та впровадження платних стоянок [8–11,16–19].

Крім того, організація паркувальних зон без урахування пропускної здатності вулиць може призводити до серйозних ускладнень руху. Це не тільки знижує ефективність транспортної системи, але й підвищує рівень забруднення навколишнього середовища через збільшення затримок [20]. Тому для збереження балансу між потребами в паркувальних місцях і оптимізацією дорожнього руху потрібен комплексний підхід, що враховує всі чинники.

Мета. Метою публікації є моделювання впливу вуличного паркування на затримки транспортного потоку в зоні ділянок між перехрестями.

Для досягнення мети сформульовано такі завдання:

- проаналізувати методи дослідження впливу паркування на пропускну здатність;
- провести натурні дослідження змін у транспортному потоці через паркування;
- дослідити вплив тривалості паркування на швидкість та затримки руху.

Методи дослідження. У розв’язанні проблеми паркування автомобілів у містах важливим є використання вуличного паркування. Однак його основний недолік – негативний вплив на пропускну здатність вулично-дорожньої мережі. Тому головним критерієм оцінки цього типу паркування є визначення його впливу на пропускну здатність.

На пропускну здатність впливають численні чинники: дорожні умови, склад транспортного потоку, погодні умови, психофізіологічні особливості водіїв тощо. Зміна цих параметрів може суттєво впливати на коливання пропускної здатності протягом доби, місяця, сезону та року.

Оцінка впливу вуличного паркування на пропускну здатність дорожньої мережі потребує підходу, який враховує різні способи розташування автомобілів на проїзній частині. Зменшення пропускної здатності обумовлене зниженням швидкості транспортного потоку, яка є важливою характеристикою дорожнього руху і значно впливає на ефективність використання вуличної мережі. Теоретична пропускна здатність проїзної частини визначається [13]:

$$P = \left((3600 \cdot v) / ((l + 2) + v + 0,13 \cdot v^2) \right) \cdot \eta, \quad (1)$$

де v – середня швидкість автомобіля, км/год (приймаємо 30 км/год);

η – кількість смуг руху,

l – довжина автомобіля, м (приймаємо 5,5 м).

$$\eta = \sum B_i, \quad (2)$$

де B_i – коефіцієнт, який враховує використання пропускної здатності смуги руху (1 – для першої вільної смуги, 0,85– для другої, 0,5 – для всіх наступних).

Якщо транспортні засоби розміщені під кутом до проїзної частини, пропускна здатність обчислюється за формулою [13]:

$$P = \left((3600 \cdot v) / ((l + 2) + v + 0,13 \cdot v^2) \right) \cdot \eta(1 - B), \quad (3)$$

де B – коефіцієнт, який враховує зменшення ширини вулиці.

У випадку коли автомобілі стоять під кутом до проїзної частини, пропускна здатність буде змінюватися внаслідок зміни B [13]:

$$B = \left((l \cdot \sin \alpha + b \cdot \cos \alpha) + 1,1 \right) / (B_{\text{пч}}), \quad (4)$$

де b – ширина автомобіля, м (ширина автомобіля – 2,4 м);

α – кут розташування автомобіля щодо вулиці, град.

Для моделювання впливу вуличного паркування на затримки та середню швидкість транспортного потоку необхідно враховувати багато чинників, таких як час та інтенсивність прибуття автомобілів, тривалість паркування, довжину черги та ємність стоянки. Також слід врахувати вартість паркування, інформацію про зайнятість стоянки та маршрути громадського транспорту. Оскільки багато з цих параметрів змінюються випадковим чином, імітаційне моделювання є ефективним інструментом для прогнозування.

Результати дослідження. Для аналізу впливу вуличного паркування на затримки та середню швидкість транспортного потоку були вибрані ділянки в центральній частині Львова з різними способами розташування автомобілів біля проїзної частини, де спостерігається найбільше скупчення транспортних засобів. Рух на досліджуваних ділянках відбувався двома смугами руху в одному напрямку. Дослідження проводилося на вулицях загальноміського значення з регульованим рухом, оскільки саме на цих ділянках відбувається найбільше зниження швидкості через запарковані автомобілі. Характеристика досліджуваних ділянок та геометричні параметри вулично-дорожньої мережі наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних ділянок та геометричні параметри вулично-дорожньої мережі

Назва досліджуваної вулиці	Спосіб розташування автомобілів біля проїзної частини	Ширина вулиці, м	Кількість смуг руху	Тип дорожнього покриття	Повздовжній ухил, %
вул. Ковжуна	Паралельне паркування	7,0	II	бруківка	5
вул. Шпитальна	Паркування під кутом 30°	16,0	II	бруківка	5
вул. Коперника	Паркування під кутом 45°	10,0	II	бруківка	25
пр. Шевченка	Паркування під кутом 60°	9,0	II	бруківка	10
вул. Шпитальна	Паркування під кутом 90°	16,0	II	бруківка	5

Під час обробки результатів натурних досліджень спершу необхідно зібрати дані про основні характеристики транспортного потоку, такі як інтенсивність, швидкість та щільність. Для оцінки цих характеристик використовують вибірковий облік руху протягом коротких проміжків часу. Отримані дані дозволяють отримати суб'єктивну інформацію про затримки транспортного потоку в зонах впливу вуличного паркування.

$$n = (Z \cdot \sigma^2) / \eta^2, \quad (5)$$

де Z – функція довірчої ймовірності (при значенні $\eta = 0,1$, функція довірчої ймовірності становить $Z = 1,28$);

σ – середнє квадратичне відхилення ($\sigma = 0,12$);

η – гранична припустима помилка (приймається в діапазоні від 0,05 до 0,2).

$$n = (1,28 \cdot 0,12^2) / 0,1^2 \approx 3$$

Для отримання достовірних даних про затримки та швидкість транспортного потоку на відрізках мережі необхідно здійснити три

одночасні годинні дослідження. Період проведення дослідження з 7 до 10 години ранку.

У робочі дні тижня (вівторок, середа, четвер) проводили облік транспортних засобів різного складу потоку. За допомогою коефіцієнтів зведення визначали інтенсивність транспортного потоку у зведених одиницях (од./год). Наприклад, на проспекті Шевченка, для вівторка в інтервалі з 7 до 8 години ранку, зведена інтенсивність потоку становить:

$$N_{\text{сум. 7-8}} = 1294 + 49 \cdot 1,5 + 5 \cdot 2 + 5 \cdot 2,5 + 20 \cdot 2,5 = 1440 \text{ од./год}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок зведеної інтенсивності потоку для інших часових інтервалів дослідження: для періоду з 8 до 9 години інтенсивність становить 1458 од./год, а для періоду з 9 до 10 години — 1443 од./год. Середня інтенсивність руху за годину в досліджуваній день становить 1447 од./год.

Розрахунки для інших досліджуваних вулиць міста Львова виконуються аналогічно. Результати обробки спостережень подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Середня інтенсивність транспортного потоку за годину у досліджувані дні

Назва вулиці	Інтенсивність руху, од./год.			Середня інтенсивність руху, од./год
	вівторок	середа	четвер	
вул. Ковжуна	1048	1131	1074	1084
вул. Шпитальна	1289	1603	1611	1601
вул. Коперника	1474	1278	1404	1385
пр. Шевченка	1440	1458	1443	1447

вул. Шпитальна	1289	1603	1611	1601
----------------	------	------	------	------

Використовуючи формули (1) – (4) проведемо розрахунок зниження пропускної здатності, враховуючи різні способи паркування автомобілів поблизу проїзної частини.

Представлені розрахунки пропускної здатності для різних методів паркування автомобілів біля проїзної частини наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Розрахунок коефіцієнта завантаження за різних способів паркування автомобілів

Назва вулиці	Кількість смуг руху	Середня інтенсивність руху, од./год	Пропускна здатність, од./год	Коефіцієнт завантаження вулиці
вул. Ковжуна	П	1084	1398	0,76
вул. Шпитальна	П	1501	2617	0,57
вул. Коперника	П	1385	1682	0,82
пр. Шевченка	П	1447	1843	0,79
вул. Шпитальна	П	1501	1649	0,91

З даних, наведених у таблиці 3, можна зробити висновок, що найбільший вплив на зниження пропускної здатності спостерігається при паркуванні під кутом 90⁰ до проїзної частини і становить 0,91 (рівень завантаження Г). Подальше моделювання транспортних потоків з урахуванням вуличного паркування дасть можливість зіставити результати практичних досліджень і зробити відповідні висновки, беручи до уваги зміну інших чинників, таких як інтенсивність руху транспорту.

Обговорення результатів досліджень

Головне завдання моделювання міських транспортних потоків – оцінка впливу паркування

на ефективність руху. Вивчається зміна показників при різних варіантах паркування вздовж дороги. Основним критерієм є транспортна затримка, яка залежить від інтенсивності потоку, швидкості руху, пропускної здатності проїзної частини та кількості смуг.

У дослідженні впливу вуличного паркування на транспортний потік було проведено імітаційне моделювання в PTV VISSIM, враховуючи дані натурних досліджень для різних способів паркування. Для оцінки затримок змінювався коефіцієнт завантаження від 0 до 1,0. Результати моделювання показані на рисунку 1.

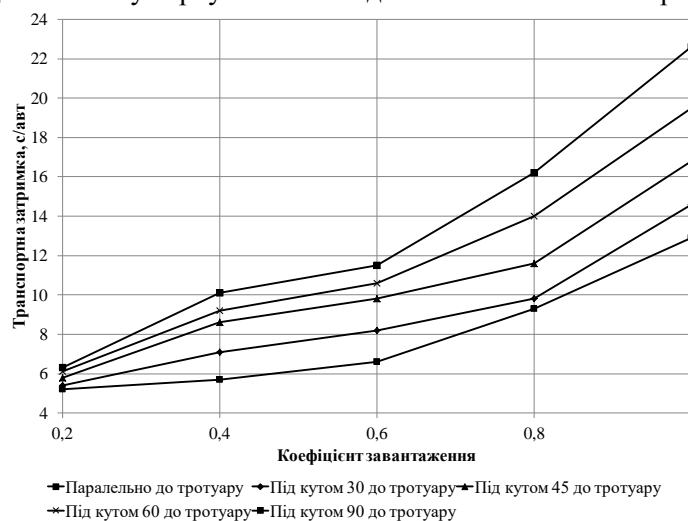


Рисунок 1 – Зміна затримок автомобілів в залежності від способу паркування

Аналізуючи рисунок 1 можна побачити, що найменші затримки у транспортному потоці спостерігаються при паркуванні автомобілів паралельно тротуару, оскільки це забезпечує зручний виїзд і швидкий в'їзд у основний потік.

Як видно з рисунка 1, затримки значно зростають, коли коефіцієнт завантаження перевищує 0,8 через щільність інтервалів між

автомобілями, що ускладнює їх включення в основний потік.

Моделювання різних варіацій коефіцієнта завантаження вулиці за різними способами паркування дало змогу оцінити ефективність функціонування транспортного потоку через аналіз пропускної здатності.

Наступним етапом було моделювання транспортного потоку для оцінки швидкості руху

автомобілів при різних способах паркування уздовж проїзної частини, а також у випадку відсутності

паркування. Результати цього імітаційного моделювання представлені на рисунку 2.

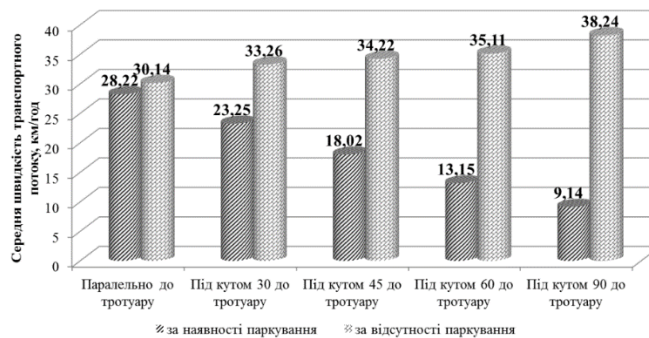


Рисунок 2 – Зміни швидкості автомобілів за відсутності та наявності паркування

Аналізуючи рисунок 2, можна виявити чітку залежність між збільшенням середньої швидкості руху автомобілів і відсутністю паркування. Найвища швидкість зафіксована при забороні паркування під кутом 90° до тротуару, що пов'язане з необхідністю залишити ширину проїзної частини в 4,6 м. Дослідження також показало, що максимальна швидкість транспортного потоку досягається при паралельному паркуванні біля тротуару, складаючи 28,22 км/год. У ситуації, коли паркування відсутнє, швидкість руху зростає до 30,14 км/год.

Таким чином, при оцінці доцільності (або заборони) проектування вуличного паркування важливо враховувати не лише затримки в русі, а й тривалість паркування. Для вивчення впливу тривалості паркування на середню швидкість транспортного потоку та затримки було проведено імітаційне моделювання з використанням програмного забезпечення PTV VISSIM.

Методика моделювання полягала в розробці ділянки дороги довжиною 375 м з одностороннім

рухом і двома смугами шириною 3,75 м. У моделі був створений змішаний транспортний потік, що на 80% складався з легкових автомобілів. Бажані швидкості були встановлені на рівні 50 км/год для легкових, 25 км/год для вантажних і 20 км/год для автобусів. Вхідний потік становив 1000 авто/год. На правій смузі, починаючи з 100 м, була організована стоянка з 25 паркувальними місцями, кожне з яких довжиною 6 м і призначене лише для легкових автомобілів. Тривалість паркування коливалася від 300 до 1800 с, а на лівій смузі розмістили вимірювальні пункти через кожні 25 м. Моделювання виконувалося для одного циклу з різними термінами паркування, при цьому 75% автомобілів заїжджали на стоянку.

В результаті проведеного імітаційного моделювання був побудовано рисунок, який відображає зміни швидкості транспортного потоку в залежності від тривалості паркування автомобілів (рис. 3).

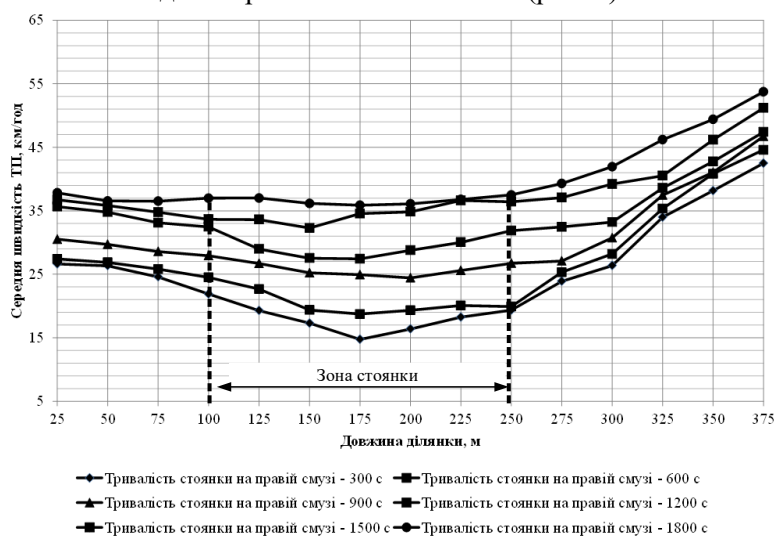


Рисунок 3 – Зміна середньої швидкості автомобілів в залежності від тривалості паркування автомобілів

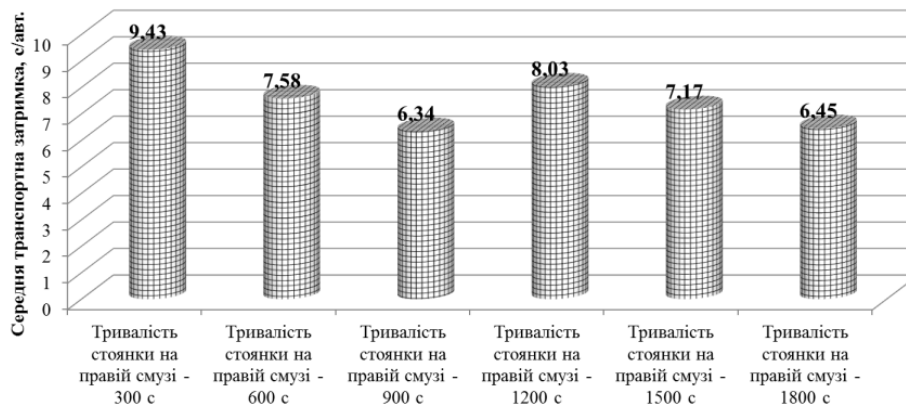
При аналізі рисунка 3 можна помітити, що скорочення середньої тривалості паркування автомобілів призводить до зниження швидкості

руху на сусідній (лівій) смузі. Наприклад, при тривалості стоянки 300 с на середині зони паркування (175 м) спостерігається найнижча

швидкість потоку. Це відбувається через те, що водії на лівій смузі частіше пригальмовують, щоб дати можливість автомобілям виїжджати зі стоянки. Після проходження зони паркування швидкість транспортного потоку підвищується, досягаючи свого максимуму при тривалості

стоянки 1800 с, коли вплив запаркованих автомобілів стає мінімальним.

При аналізі умов руху для обмеження тривалості паркування автомобілів важливо враховувати середню затримку автомобілів (рисунк 4).



Рисунк 4 – Зміна середньої затримки автомобілів залежно від тривалості паркування

Середня транспортна затримка демонструє найнижчі показники при тривалості паркування 900 с і 1800 с, становлячи відповідно 6,34 та 6,45 с/авт. Це свідчить про те, що при більш тривалому паркуванні водії мають більше часу для виїзду, що зменшує затримки в транспортному потоці. Найвища затримка спостерігається при тривалості стоянки 300 с на правій смузі, де вона досягає 9,43 с/авт. Це може бути пов'язане з частими зупинками автомобілів, які пропускають тих, хто виїжджає зі стоянки. Такі затримки можуть призводити до збільшення загального часу пересування на ділянці дороги, що негативно впливає на ефективність транспортного потоку та створює додаткові незручності для водіїв. Важливо враховувати ці показники при плануванні паркувальних зон, щоб оптимізувати умови руху та зменшити затримки.

Висновки

Отже, результати моделювання впливу вуличної стоянки на затримки транспортного потоку, отримані з використанням програмного середовища PTV VISSIM, демонструють, що для проектування вуличної стоянки, розташованої паралельно тротуару, важливо встановлювати обмеження на тривалість паркування. Це дозволить покращити пропускну здатність вулично-дорожньої мережі та підвищити швидкість руху транспортних засобів.

Подальшим кроком у наукових дослідженнях у цій сфері стане розробка рекомендацій щодо оптимізації тривалості паркування автомобілів. Це допоможе створити максимально ефективні умови для руху транспортного потоку, зменшити затримки і покращити загальну якість транспортного обслуговування, що є критично

важливим для міст з високим рівнем автомобілізації. Окрім того, в рамках цих досліджень слід врахувати вплив різних чинників, таких як інтенсивність руху, особливості дорожньої інфраструктури та потреби місцевих жителів, що дозволить знайти оптимальні рішення для забезпечення безпеки та комфорту дорожнього руху.

Вдячність

Висловлюємо подяку Львівському комунальному підприємству «Львівавтодор» за цінну допомогу та співпрацю під час проведення експериментальних досліджень.

Список літератури:

1. Geremew G. Modeling and analyzing the impact of on-street parking on traffic flow: a study of the main highway in Debre Markos Town, Ethiopia. *Transportation*. 2024. P 1–35.
2. Chai H., Rodier C. J., Song J. W., Zhang M. H., Jaller, M. The impacts of automated vehicles on Center city parking. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2023. 175, 103764.
3. Simićević J., Vukanović S., & Milosavljević N. The effect of parking charges and time limit to car usage and parking behaviour. *Transport Policy*. 2013.30. P. 125–131.
4. Форнальчик Є.Ю., Могила І.А., Трушевський В.Е., Гілевич В.В. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах: монографія.; за ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів, 2018. 236 с.
5. Piccioni C., Valtorta M., & Musso, A. Investigating effectiveness of on-street parking pricing schemes in urban areas: An empirical study in Rome. *Transport Policy*. 2019. 80. P. 136–147.

6. Shafiei S., Gu Z., Grzybowska H., Cai C. Impact of self-parking autonomous vehicles on urban traffic congestion. *Transportation*. 2023. 50(1), P. 183–203.
7. Литвин В.В., Таран І.О. Кількісна оцінка впливу облаштування паркувальних місць у крайній правій смузі на ефективність дорожнього руху. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2020. 2(15). С. 41–53.
8. Madushank P. H. S., Jayaratne D. N. D., Pasindu H. R. Study of the impact roadside parking has on traffic flow characteristics-a vissim simulation based approach. In 2020 Moratuwa engineering research conference (MERCon). 2020. P. 419–424. IEEE.
9. Ramirez-Rios D. G., Kalahasthi L. K., Holguín-Veras J. On-street parking for freight, services, and e-commerce traffic in US cities: A simulation model incorporating demand and duration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2023. 169. 103590.
10. Gopalakrishnan R., Alho A. R., Sakai T., Hara Y., Cheah L., Ben-Akiva M. Assessing overnight parking infrastructure policies for commercial vehicles in cities using agent-based simulation. *Sustainability*. 2020. 12(7), 2673.
11. Мурований І. С., Павлова І. О., Придюк В. М. Вплив вуличного паркування автомобілів на ефективність транспортних потоків міста. Вісник ЖДТУ. 2012. № 4 (63). С. 90–99.
12. Загоруй О.О. Вплив паркування транспорту на пропускну здатність вулично-дорожньої мережі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.01 – «Транспортні системи». К. : Вид-во НТУ, 2007. – 20 с
13. Лобашов О. О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки у містах: монографія. Х: ХНАМГ. 2010. 170 с.
14. Поліщук В. П., Нагребельна Л. П. Проблеми сучасного міста. Вісник Національного транспортного університету. 2019. (1). С 136–142.
15. Jashami H., Cobb D., Hurwitz D. S., McCormack E., Goodchild A., Sheth M. The impact of commercial parking utilization on cyclist behavior in urban environments. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*. 2020. 74. P. 67–80.
16. Okeke O. B. The impacts of shared autonomous vehicles on car parking space. *Case Studies on Transport Policy*. 2020. 8(4). P. 1307–1318.
17. Леонтьєва, Н. Р., Войтович, М. О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки міста Чернівці. Молодий вчений. 2016. (2). С. 121–124.
18. Akbar M., Paresa J., Pamuttu D. L. Analysis of the Effect of Parking on Road Bodies on Road Service Levels. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1125, No. 1, P. 012014. IOP Publishing.
19. Hassine S. B., Mraih R., Lachiheb A., Kooli, E. Modelling parking type choice behavior. *International Journal of Transportation Science and Technology*. 2022. 11(3) P. 653–664.
20. Romadhona P. J., & Ikhsan T. N. The Effect of on-Street Parking on U-Turn Area Towards Urban Road Performance (Study Case: Affandi Street, Yogyakarta). *Journal of Civil Engineering*. 2021. 36(1). P 14–22.

References:

1. Geremew, G. (2024). Modeling and analyzing the impact of on-street parking on traffic flow: a study of the main highway in Debre Markos Town, Ethiopia. *Transportation*, 1-35.
2. Chai, H., Rodier, C. J., Song, J. W., Zhang, M. H., & Jaller, M. (2023). The impacts of automated vehicles on Center city parking. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 175, 103764.
3. Simićević, J., Vukanović, S., & Milosavljević, N. (2013). The effect of parking charges and time limit to car usage and parking behaviour. *Transport Policy*, 30, 125-131.
4. Fornalchik, E. Yu., Mohyla, I. A., Trushevskiy, V. E., & Gilevich, V. V. (2018). Traffic management at controlled intersections in cities: monograph.
5. Piccioni, C., Valtorta, M., & Musso, A. (2019). Investigating effectiveness of on-street parking pricing schemes in urban areas: An empirical study in Rome. *Transport Policy*, 80, 136-147.
6. Shafiei, S., Gu, Z., Grzybowska, H., & Cai, C. (2023). Impact of self-parking autonomous vehicles on urban traffic congestion. *Transportation*, 50(1), 183-203.
7. Lytvyn, V., & Taran, I. (2020). Quantitative assessment of the impact of arranging parking spaces in the far right lane on traffic efficiency. *Modern technologies in mechanical engineering and transport*, 2(15), 41-53.
8. Madushanka, P. H. S., Jayaratne, D. N. D., & Pasindu, H. R. (2020, July). Study of the impact roadside parking has on traffic flow characteristics-a vissim simulation based approach. In 2020 Moratuwa engineering research conference (MERCon) (pp. 419-424). IEEE.
9. Ramirez-Rios, D. G., Kalahasthi, L. K., & Holguín-Veras, J. (2023). On-street parking for freight, services, and e-commerce traffic in US cities: A simulation model incorporating demand and duration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 169, 103590.
10. Gopalakrishnan, R., Alho, A. R., Sakai, T., Hara, Y., Cheah, L., & Ben-Akiva, M. (2020). Assessing overnight parking infrastructure policies for commercial vehicles in cities using agent-based simulation. *Sustainability*, 12(7), 2673.
11. Murovaniy, I. S., Pavlova, I. O., & Prydyuk, V. M. (2012). The influence of street car parking on

the efficiency of city traffic flows. Bulletin of ZHTU. Series "Technical Sciences", (4 (63)), 90-99.

12. Zagoruy, O.O. The influence of vehicle parking on the capacity of the street-road network (Doctoral dissertation, 05 22 01/Oleg Oleksiyovych Zagoruy –K: NTU, 2007–20 p.).

13. Lobashov, O. O. (2010). Modeling the influence of the parking network on traffic flows in cities: monograph.

14. Polishchuk, V. P., & Nagrebelna, L. P. (2019). Problems of the modern city. Bulletin of the National Transport University, (1), 136-142.

15. Jashami, H., Cobb, D., Hurwitz, D. S., McCormack, E., Goodchild, A., & Sheth, M. (2020). The impact of commercial parking utilization on cyclist behavior in urban environments. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 74, 67-80.

16. Okeke, O. B. (2020). The impacts of shared autonomous vehicles on car parking space. Case Studies on Transport Policy, 8(4), 1307-1318.

17. Leontieva, N. R., & Voytovych, M. O. (2016). Modeling the impact of the parking network on traffic flows in the city of Chernivtsi. Young scientist, (2), 121-124.

18. Akbar, M., Paresa, J., & Pamuttu, D. L. (2021, May). Analysis of the Effect of Parking on Road Bodies on Road Service Levels. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1125, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.

19. Hassine, S. B., Mraih, R., Lachiheb, A., & Kooli, E. (2022). Modelling parking type choice behavior. International Journal of Transportation Science and Technology, 11(3), 653-664.

20. Romadhona, P. J., & Ikhsan, T. N. (2021). The Effect of on-Street Parking on U-Turn Area Towards Urban Road Performance (Study Case: Affandi Street, Yogyakarta). Journal of Civil Engineering, 36(1), 14-22.

© О. М. Грицунь, І. В. Паснак, 2024.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 17.10.2024.

Прийнято до публікації 18.12.2024.