

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ МІСТА ЛУЦЬКА

RESEARCH OF TRAFFIC CHARACTERISTICS AND DETERMINATION OF LOAD COEFFICIENTS OF MAIN STREETS OF THE CITY OF LUTSK

Шимчук О.П., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-0564-2673; Андрійчук О.В., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-6275-097X; Процюк В.О., к.т.н. ORCID: 0000-0003-2644-9490 (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Shymchuk O.P., Ph.D., Associate Professor, Andriychuk O.V., Ph.D., Associate Professor, Protsiuk V.O., Ph.D., (Lutsk National Technical University, Lutsk)

У статті представлено результати досліджень інтенсивності руху різних транспортних засобів на магістральних вулицях міста Луцька та встановлені коефіцієнти завантаження даних вулиць, наведено пропозиції щодо перерозподілу транспортних потоків.

Modern highways must provide the possibility of safe and high-speed movement of vehicles, which is possible only with high transport and operational condition of roads and streets, characterized by speed, cost of transportation, safety and ease of travel, capacity and congestion.

The main characteristics of road traffic are the intensity and speed of traffic, the composition and density of traffic, the level of traffic comfort.

The composition of the traffic flow is determined by the relative number of vehicles of different types (cars, light, medium and heavy trucks, buses, road trains and trolleybuses, etc.).

Speed, which characterizes the target function of traffic, is one of its main indicators.

The density of traffic determines the degree of traffic saturation. It is estimated by the number of vehicles that are on one kilometer of one lane.

The level of traffic comfort is a complex indicator of economy, safety and comfort of road traffic. The main characteristics of the level of traffic comfort: the load factor of the road, the speed factor and the traffic saturation factor.

This article presents the results of research on the intensity of traffic of different vehicles on the main streets of Lutsk and the load factors of these streets, presents proposals for the redistribution of traffic flows.

Ключові слова: інтенсивність, швидкість, транспортний потік, коефіцієнт завантаженості.

intensity, speed, traffic flow, load factor.

Вступ.

Щороку відбувається збільшення кількості міського населення, що призводить до збільшення економічної активності міст. За даними Міжнародної енергетичної агенції, станом на 2021 рік понад 50% населення проживає в містах, а також, на міста приходиться близько 80% економічного виробництва [1]. Очікується, що до 2050 року за даними ООН, приблизно 70 відсотків населення світу проживатиме в містах [2].

Місто Луцьк, яке, згідно [3], відноситься до середніх міст (217,3 тис. осіб станом на 1.01.2020 року [4]) продовжує свій розвиток транспортної інфраструктури, проте вже має значну частку перевезень пасажирів громадським транспортом: тролейбусами та автобусами. Незважаючи на помірний рівень користування автомобілями, організація дорожнього руху на міській вулично-дорожній мережі розроблена саме під приватний транспорт, а не для більшості жителів, які користуються громадським транспортом. Така організація дорожнього руху (а саме відсутність смуг для руху лише громадського транспорту, відсутність «заїзних кишень» та ін.) провокує виникнення дорожньо-транспортних пригод, заторів, що завдають шкоди користувачам громадського транспорту через його меншу маневреність по відношенню до автомобілів, мотоциклів та велосипедів [5].

Сучасний міжнародний досвід показує, що для організації дорожнього руху на міській вулично-дорожній мережі, перш за все, необхідна загальноміська система управління (інтелектуальна транспортна система, ІТС), що включає постійний зв'язок з комунальними службами, пристрої відеоспостереження, датчики моніторингу транспортних засобів, засоби для оцінки інтенсивності та швидкості руху (детектори транспортних засобів), електронні інформаційні табло та змінні сповіщення, що вказують на можливі об'їзні маршрути для складних ділянок доріг тощо [6].

Слід зазначити, що основним завданням проектування транспортної мережі є моделювання пасажиропотоків, формування маршрутних мереж, розподіл поїздок по маршрутах.

Аналіз останніх досліджень.

Теоретичними та експериментальними дослідженнями показників транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг і міських вулиць займалися вчені як в Україні, так і за кордоном.

Зокрема, моделюванням і управлінням транспортними потоками займалися фахівці різних галузей у США, Великобританії, Японії та інших країнах [7,8,9,10].

Постановка мети і задач досліджень.

Метою роботи було дослідження інтенсивності руху різних транспортних засобів на магістральних вулицях міста Луцька та їх вплив на коефіцієнт завантаженості вулиці.

Завданням було визначення коефіцієнтів завантаження магістральних вулиць міста Луцька та надання пропозицій щодо перерозподілу транспортних потоків.

Методика та результати досліджень.

Сучасні автомобільні дороги повинні забезпечувати можливість безпечного та швидкісного руху транспортних засобів, що можливо лише при високих показниках транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг і вулиць, що характеризується швидкістю руху, вартістю перевезень, безпекою та зручністю проїзду, пропускною здатністю та рівнем завантаженості [11].

Основними характеристиками дорожнього руху є інтенсивність і швидкість руху, склад та щільність транспортного потоку, рівень зручності руху.

Склад транспортного потоку визначають відносною кількістю транспортних засобів різного типу (легкові автомобілі, легкі, середні та важкі вантажні автомобілі, автобуси, автопоїзди та тролейбуси і т.д.).

Швидкість, яка характеризує цільову функцію дорожнього руху, належить до його основних показників.

Щільність транспортного потоку визначає ступінь насичення руху. Її оцінюють кількістю транспортних засобів, які знаходяться на одному кілометрі однієї смуги руху.

Рівень зручності руху - це комплексний показник економічності, безпеки та комфортності дорожнього руху. Основні характеристики рівня зручності руху: коефіцієнт завантаження дороги, коефіцієнт швидкості та коефіцієнт насичення руху.

Коефіцієнт завантаженості рухом визначається за формулою (1):

$$Z = \frac{N}{P}, \quad (1)$$

де N – інтенсивність руху (існуюча або перспективна), авт./год.;

P – практична або теоретична пропускна здатність, авт./год.

Існуючі методи обліку, інтенсивності, складу руху та оцінки швидкості можна розподілити на дві групи: перша - оцінка характеристик дорожнього руху за допомогою спеціальних приладів (контактних, магнітних, інфрачервоних, радіолокаційних лічильників інтенсивності та складу руху, ультразвукових, фотоелементних, звукових лічильників швидкості); друга - безпосередня оцінка на підставі візуального обліку спостережників.

Зараз найбільш поширені методи другої групи.

Інтенсивність руху транспортного потоку визначають:

- у транспортних одиницях з виділенням типів транспортних засобів: легкові автомобілі, вантажні автомобілі, автобуси, тролейбуси;
- в одиницях приведених до легкового автомобіля;
- по складу автомобільного парку (за марками автомобілів), що рухаються по автомобільній дорозі [12].

Для визначення інтенсивності і складу руху застосовують метод візуального обліку руху. В основі його закладений принцип визначення середньорічної добової інтенсивності і складу руху транспортного потоку за результатами обліку, проведеного в будь-який час, день, тиждень, місяць з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

При наявності поправочних коефіцієнтів, які враховують нерівномірність розподілу інтенсивності руху протягом доби, за днями тижня, тижня місяця, місяця року на даній автомобільній дорозі (вулиці) вибіркового облік руху проводять в будь-який час, день, місяць, але не менше 1 години [13].

У процесі розрахунків інтенсивності руху різних транспортних засобів їх слід приводити до легкового автомобіля, застосовуючи коефіцієнти: для тролейбуса одиничного - 3,5, зчепленого - 5,0 [14]; для інших транспортних засобів – згідно з [15].

Інтенсивність руху за годину приведена до легкового автомобіля визначається за формулою:

$$N_{\text{год}}^l = \sum_{i=1}^l N_{\text{год}i} \cdot K_{li}, \quad (2)$$

де $N_{\text{год}i}$ – інтенсивність руху за типом транспортних засобів, авт/год;
 K_{li} – коефіцієнт зведення до легкового автомобіля.

Пропускна здатність автомобільної дороги є найважливішим критерієм, що характеризує її функціонування.

Для оцінки запасу пропускної здатності, який має реальна дорога, використовують коефіцієнт, що дорівнює відношенню існуючої інтенсивності руху до пропускної здатності. Цей коефіцієнт називають рівнем завантаженості дороги транспортним потоком. Рівень завантаженості дороги рухом є одним з показників при розрахунках кількості смуг руху та розмірів геометричних елементів.

Лінійні графіки пропускної здатності та рівня завантаженості рухом дають об'єктивну характеристику транспортно-експлуатаційного стану дороги та можуть бути використанні для обґрунтованого вибору заходів з покращення умов руху на автомобільних дорогах.

Розрахункова пропускна здатність проїжджої частини вулиці визначається за формулою:

$$P = \varepsilon \cdot [3600 \cdot V / l], \text{ авт/год}, \quad (3)$$

де ε – коефіцієнт багатосмуговості (при односмуговій проїзній частині $\varepsilon = 1,0$; при двосмуговій $\varepsilon = 1,85$; при трисмуговій $\varepsilon = 2,55$; при

чотирикутній $\varepsilon = 3,05$ у відповідності до [11]);

V – дозволена швидкість руху транспортних засобів на вулиці (приймається від 8,4 до 14 м/с і дорівнює дозволений швидкості руху в населених пунктах – від 30 до 50 км/год);

l – довжина автомобіля (для розрахунків приймаємо 5 м).

Для прийняття рішень про призначення та впровадження заходів з безпеки руху необхідно брати до уваги максимальні значення рівнів завантаженості та враховувати максимальну інтенсивність руху транспортних засобів, тобто в години «пік».

Згідно ([13], табл. 8.1) максимальна інтенсивність руху транспортних засобів спостерігається з 16 до 17 години, тому коефіцієнти завантаження вулиць будемо прораховувати в вищезазначений час.

За коефіцієнтами завантаження дороги Z , визначаємо характеристику та стан потоку (табл. 1)

Таблиця 1

Характеристика рівнів зручності руху

Рівень зручності	Коефіцієнт Z	Характеристика потоку	Стан потоку
А	0,2	Вільні умови руху, автомобілі не заважають один одному	Вільний
Б	0,2-0,45	Автомобілі рухаються групами, здійснюється багато обгонів	Частково зв'язаний
В	0,45-0,7	Інтервали між автомобілями досить великі, але для обгонів багато перешкод	Зв'язаний
Г-а	0,7-1	Безперервний потік автомобілів з малою швидкістю	Насичений
Г-б	1	У безперервному потоці багато зупинок, виникають затори	Цільний, насичений

З таблиці 1 видно, що при рівні завантаження $Z = 0,3-0,45$ спостерігається найбільш стійкий за характеристиками руху стан потоку. Зміна смуг руху практично не обмежена. Чим ближче значення Z до 1, тим вище щільність транспортного потоку, нижче швидкість, складніші умови руху. При рівні завантаження $Z \geq 0,8$ спостерігається граничне насичення потоку, рух потоку нестійкий, постійно утворюються затори, зміна смуг ускладнена, середня швидкість складає 10–12 км./год., зростають транспортні витрати. Експлуатація вулиць при такому рівні завантаження недоцільна. При $Z = 1$

утворюється затор руху. Тому при рівні завантаження $Z \geq 0,8$ пропускна здатність вулиць практично вичерпана.

В ході досліджень нами проведено визначення інтенсивності та складу руху вулиць міста Луцька методом візуального обліку руху. Дані спостереження на кожній із досліджуваних вулиць заносилися до бланку обліку транспортних засобів, в якому вказувалася інформація про назву вулиці, місцезнаходження обліковця (км+м), дату, день тижня, час початку спостереження.

Приклад заповненого бланку годинної інтенсивності руху транспортних потоків у фізичних (приведених до легкового автомобіля) одиницях на проспекті Перемоги наведений у таблиці 2.

Таблиця 2

Годинна інтенсивність руху транспортних потоків у фізичних (приведених до легкового автомобіля) одиницях на проспекті Перемоги

Тип транспортних засобів	Час, хв			Всього
	0-20	21-40	41-60	
Мотоцикл без коляски та мопед				
Мотоцикл з коляскою				
Легковий автомобіль	797(797)	780(780)	769(769)	2346(2346)
Мікроавтобуси	46(46)	48(48)	50(50)	144(144)
Вантажний автомобіль вантажопідйомністю, т:				
до 1(на базі легкових автомобілів).				
від 1 до 2(на базі мікроавтобусів).	18(27)	16(24)	14(21)	48(72)
від 2 до 6(ГАЗ).	7(14)	8(16)	9(18)	24(48)
від 6 до 8(ЗІЛ).	2(5)	1(2,5)	2(5)	5(12,5)
від 8 до 14(МАЗ, КАМАЗ).	4 (12)	4(12)	4(12)	12(36)
понад 14(МАН, МЕРСЕДЕС).	3(10,5)	3(10,5)	4(14)	10(35)
Автопоїзд вантажопідйомністю, т:				
до 12(ЗІЛ).				
від 12 до 20(МАЗ, КАМАЗ).				
від 20 до 30(МАН, МЕРСЕДЕС).	2(10)	4(20)	2(10)	8(40)
понад 30				
Колісний трактор з причепами вантажопідйомністю, т:				

до 10				
понад 10				
Автобус(ПАЗ, БОГДАН, ЕТАЛОН).	54(162)	56(168)	58(174)	168(504)
Довгомірний автобус	6(30)	4(20)	6(30)	16(80)
Тролейбус	12(60)	13(65)	13(65)	38(190)
Зчленований тролейбус				
Всього в приведених одиницях	1173,5	1166	1168	3507,5

Інтенсивність руху за годину приведена до легкового автомобіля визначаємо за формулою (2), результати заносимо в таблицю представлену вище. Враховуючи, що інтенсивність руху вимірювали з 15 до 16 години, то згідно ([14], табл. 8.1) орієнтовна інтенсивність руху в годину «пік» з 16 до 17 години буде 4235 автомобілів приведених до легкового.

Розрахункову пропускну здатність проїжджої частини вулиці визначаємо за формулою (3), розрахункову швидкість приймаємо 14 м/с:

$$P = \varepsilon \cdot [3600 \cdot V / d_{min} + l] = 1,85 \cdot [3600 \cdot 14 / 1 + 6] = 13320 \text{ авт/год,}$$

Коефіцієнт завантаженості рухом визначається за формулою (1):

$$Z = \frac{N}{P} = \frac{4235}{13320} = 0,32$$

Оскільки Z дорівнює 0,32, то за таблицею 1 рух в даний час доби може бути частково зв'язаний, зменшується швидкість пересування автомобілів.

Коефіцієнти завантаженості рухом Z усіх вулиць міста Луцька, на яких виконувалися спостереження зводимо в таблицю 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти завантаженості рухом Z

№ з/п	Назва вулиці	Інтенсивність руху в годину «Пік»	Пропускна спроможність вулиці	Коефіцієнт завантаженості
1.	Героїв УПА	1373	13320	0,10
2.	Яровиця	2743	6171	0,45
3.	Кравчука	887	5914	0,15
4.	Ветеранів	814	6171	0,13
5.	Вячеслава Чорновола	1708	7200	0,24
6.	Перемоги	4235	13320	0,32
7.	Грушевського	1398	13320	0,11
8.	Рівненська	3416	13320	0,26
9.	Шопена	1414	5760	0,25

10.	Конякіна	2197	13320	0,16
11.	Гордіюк	2037	13320	0,15
12.	Володимирська	2866	13320	0,22
13.	Боженка	1523	13320	0,11
14.	Львівська	3300	13320	0,25
15.	Набережна	3516	13320	0,26
16.	Ківерцівська	1686	7200	0,23
17.	Дружби-Народів	1018	5760	0,18
18.	Глушець	1851	13320	0,14
19.	Дубнівська	2421	13320	0,18
20.	Відродження	2434	13320	0,18
21.	Соборності	4521	18360	0,25
22.	Карпенка-Карого	2227	13320	0,17
23.	Волі	1768	13320	0,14
24.	Мамсурова	1012	7200	0,14
25.	Чернишевського	1441	7200	0,20
26.	Гнідавська	1116	7200	0,16
27.	Данила-Галицького	1096	7200	0,15

Висновки. Магістральні вулиці міста Луцьк прокладено за класичною радіальною схемою, яка притаманна більшості міст України і в сучасних умовах, при збільшенні інтенсивності руху, має вагомий недолік – скупчення транзитного транспорту у центральній частині. Найбільш завантаженими вулицями є пр. Перемоги та вул. Яровиця.

У м. Луцьку для зменшення завантаження центральних вулиць міста доцільно реалізувати наступні рішення:

- забезпечити та запровадити схему руху міжміського транспорту об'їзними вулицями;
- збільшити кількість або взагалі замінити маломісні автобуси громадського транспорту на великогабаритний, зокрема електротранспорт, що дасть змогу зменшити число одиниць техніки;
- спрямувати транзитні транспортні потоки через об'їзні магістральні вулиці міста.

1. International Energy Agency [IEA]. (2021). Empowering Cities for a Net Zero Future. Paris, France: IEA. <https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future>

2. United Nations [UN]. (2018). World Urbanization Prospects, 2018 revision. <https://population.un.org/wup/>

3. Планування і забудова територій : ДБН Б.2.2-12:2018. – [Чинний від 2018-09-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2018. – 179 с. – (Державний стандарт України).

Planuvannya i zabudova terytorii : DBN B.2.2-12:2018. – [Chynnyi vid 2018-09-01]. – К. : Minrehionbud Ukrainy, 2018. – 179 s. – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

4. <https://www.lutskrada.gov.ua> – офіційний сайт Луцької міської ради

<https://www.lutskrada.gov.ua> – ofitsiyniy sait Lutskoi miskoi rady

5. Ardila-Gomez, A., & A. Ortegon Sanchez. (2016). Sustainable urban transport financing from the sidewalk to the subway: Capital, operations, and maintenance financing. Washington, D.C.: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/23521>

6. V. Kapitanova, V. Silyanov, O. Moninab & A. Chubukov (2018). Methods for traffic management efficiency improvement in cities: Thirteenth International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (SPbOTSIC 2018), pp. 252-259.

7. Deng, Q., Burghout, W., 2016. The impacts of heavy-duty vehicle platoon spacing policy on traffic flow. In: Transportation Research Board 95th Annual Meeting, 16–0403.

8. Jolovic, D., Martin, P., Stevanovic, A., Sajjadi S., 2017. Evaluating the capacity of deterministic and stochastic simulation tools to model oversaturated freeway operations. In: Dell'Acqua G., Wegman, F. (Eds.) Transport Infrastructure and Systems, Taylor & Francis Group, London, 1059–1063. <https://doi.org/10.1201/9781315281896-138>

9. Vasconcelos, L., Neto, L., Santos, S., Bastos Silva, A., Seco, A., 2014. Calibration of the Gipps car-following model using trajectory data. Transportation Research Procedia 3, 952–961. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.075>

10. Djahel, S., Doolan, R., Muntean, G.-M., Murphy, J., 2015. A communications-oriented perspective on traffic management systems for smart cities: Challenges and innovative approaches. IEEE Communications Surveys and Tutorials 17(1), 125-151. <https://doi.org/10.1109/COMST.2014.2339817>

11. М 218-02070915-674:2010 Методика визначення рівня завантаженості та пропускної здатності автомобільних доріг.

М 218-02070915-674:2010 Metodyka vyznachennya rivnya zavantazhenosti ta propusknoyi zdatnosti avtomobil'nykh dorih.

12. ДСТУ 8824:2019 Автомобільні дороги. Визначення інтенсивності руху та складу транспортного потоку. .

DSTU 8824:2019 Avtomobil'ni dorohy. Vyznachennya intensyvnosti rukhu ta skladu transportnoho potoku.

13. ПОР-218-141-2000 Порядок обліку руху транспортних засобів на автомобільних дорогах загального користування.

POR-218-141-2000 Poryadok obliku rukhu transportnykh zasobiv na avtomobil'nykh dorohakh zahal'noho korystuvannya

14. Вулиці та дороги населених пунктів : ДБН В.2.3-5:2018. – [Чинний від 2018-09-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2018. – 55 с. – (Державний стандарт України).

Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv : DBN V.2.3-5:2018. – [Chynnyy vid 2018-09-01]. – К. : Minrehionbud Ukrayiny, 2018. – 55 s. – (Derzhavnyy standart Ukrayiny).

15. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2015 Київ.: Мінрегіонбуд України – 2015. – 104 с. – (Національний стандарт України).

Sporudy transportu. Avtomobil'ni dorohy: DBN V.2.3-4:2015 Kyuyiv.: Minrehionbud Ukrayiny – 2015. – 104 s. – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).