

Осетрін М. М., к.т.н., професор (Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ, n.osetrin@gmail.com),

Костенко Н. П., інженер-проектувальник (планування міст) (ТОВ «А+С Україна», Київ), **аспірантка** (Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ, natashavse93@gmail.com)

ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЕНЕРГОВИТРАТ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ В СИСТЕМІ ОЦІНКИ РІВНІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

Становлення значення показника енерговитрат транспортного потоку в системі оцінки рівнів обслуговування вулично-дорожньої мережі міста. Виявлення залежності та впливу на інші показники руху транспортного потоку.

Ключові слова: енерговитрати; енергоефективність; транспортний потік; ТП; оцінка рівнів обслуговування; вулично-дорожня мережа міста; ВДМ; моделювання.

1. ВСТУП

Питання енергоефективності завжди буде актуальним, оскільки ми живемо у світі з вичерпними ресурсами. І тому дуже важливою стає проблема їх економії, збереження для подальшого використання, та впровадження новітніх тенденцій розвитку сталої міської мобільності. Транспортна галузь в Україні тісно пов'язана з майже усіма виробничими та невиробничими галузями. Дуже часто більшу частину вартості продукту складають транспортні витрати, які залежать від енерговитрат транспортних засобів на ВДМ міста.

Мета роботи – становлення значення показника енерговитрат транспортного потоку в системі оцінки рівнів обслуговування вулично-дорожньої мережі міста.

Об'єкт дослідження – загальноміська магістраль регульованого руху (Повітрофлотський проспект в м. Київ).

Предмет дослідження – становлення значення показника енерговитрат транспортного потоку на ВДМ міста.

Методи дослідження – методи порівняльного аналізу, методи структурного аналізу, метод моделювання.

2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ

На даний момент в Києві протяжність ВДМ 1630 км. протяжність магістральної вуличної мережі складає 624,8 км.

Об'єктом дослідження було прийнято одну з важливих магістралей міста в Солом'янському р-ні міста Києва, що забезпечує зв'язок транспортного району з центром міста, міжнародним аеропортом «Київ», приміськими сполученнями (Вишневе, Крюківщина, Гатне) та виходить до Подільського мостового переходу. Протяжність магістралі Повітрофлотський проспект складає – 6,1 км.

За рівнем щільності вулично-дорожньої мережі Київ істотно поступається більшості європейських столиць і великих світових міст. Зараз щільність магістральної вулично-дорожньої мережі в Києві становить 2,13 км/км² (у Москві – 4,4 км/км², Лондоні – 9,3 км/км², Парижі – 15,0 км/км²) [3].

Повітрофлотський проспект відповідно класифікації вулично-дорожньої мережі згідно ДБН [2] належить до категорії «загальноміська магістраль регульованого руху» та має наступні **геометричні характеристики:**

- ширина магістралі в межах червоних ліній 40–50 м (відповідає вимогам ДБН [2]);
- кількість смуг руху в одному напрямку 2–4 (відповідає вимогам ДБН [2]);
- ширина смуги руху 3,75 м (не відповідає вимогам ДБН [2]);
- ширина розділової смуги 2 м (не відповідає вимогам ДБН [2]);
- ширина технічної смуги 5–8 м (відповідає вимогам ДБН [2]);
- ширина тротуарів $\geq 2,25$ м (відповідає вимогам ДБН [2]);
- уширення по 0,5 м (не відповідає вимогам ДБН [2]).

Експлуатаційні характеристики:

- Інтенсивність руху транспортного потоку в обох напрямках коливається від 2700 до 3800 авто/год;
- Склад транспортного потоку легкові авто 68,6%, вантажні 10,3%, громадський транспорт 21,1%;
- Швидкість руху транспортного потоку за даними Uber Movement було визначено для ранкової години «пік» 17–50 км/год, для вечірньої години «пік» 17–44 км/год.
- Час затримки транспорту: легкові авто – 212,19; вантажні – 285,43; громадський транспорт – 474,75;

Оцінку ефективності роботи ВДМ міста, як показує закордонний досвід, доцільно визначати за допомогою інтегрального критерію оцінки рівнів обслуговування.

3. ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЕНЕРГОВИТРАТ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ В СИСТЕМІ ОЦІНКИ РІВНІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

Як показав аналіз закордонної практики, зокрема в США, при оцінці ВДМ в якості основного застосовується інтегральний критерій – показник рівня обслуговування (Level of Service, скорочено LOS). Методика його застосування входила в усі чотири видання (1950, 1965, 1985, 2000) керівництва з оцінки пропускної здатності Highway Capacity Manual (CHM) [6] і безперервно удосконалюється. Сфера використання цього критерію охоплює всі стадії – планування, проєктування, експлуатацію [4].

Рівень обслуговування (Level of Service, або LOS) запозичений з теорії масового обслуговування і використовується для оцінки умов руху транспортних засобів. Основні характеристики системи масового обслуговування (довжина черги в певний момент часу, тривалість періоду, протягом якого n -а вимога очікує обслуговування, середня тривалість перебування заявки в системі і т.д.) іноді вимагають складних обчислень. Тому виникла ідея використовувати для оцінки умов руху транспортних потоків таку просту характеристику, як коефіцієнт завантаження (1):

$$k = N \div P, \quad (1)$$

де N – інтенсивність надходження вимог; P – інтенсивність обслуговування вимог.

В країнах пострадянського простору цей показник став використовуватися для оцінки умов руху на автомобільних дорогах загального користування і отримав назву «рівень зручності» (таблиця) [4].

Таблиця

Градації рівнів обслуговування і рівнів зручності

Рівень обслуговування	Рівень завантаження	Характеристика умов руху	Рівень зручності	Коеф. завантаження	Характеристика умов руху
A	<0,1	Вільний потік	A	<0,2	Вільний потік
D	≥0,1	Стійкий потік	Б	0,2-0,45	Частково зв'язаний потік
C	≥0,3	Стійкий потік	В	0,45-0,7	Зв'язаний потік

продовження таблиці

D	$\geq 0,7$	Наближається до нестійкого	Г-а	0,7-1,0	Насичений потік
E	$\geq 1,0$	Нестійкий потік	Г-б	$\geq 1,0$	Щільно насичений потік

Отже, основні критерії, на яких базується LOS, це:

- швидкість руху;
- затримки часу;
- свобода маневру;
- перебої в русі;
- комфорт та зручність руху;
- безпека руху.

Щодо вітчизняного досвіду, то, на жаль, нині в Україні не використовується система оцінки рівнів обслуговування на ВДМ міста, а також немає нормативного підґрунтя для її впровадження.

Визначення рівню обслуговування Повітрофлотського проспекту від Севастопольської площі до проспекту Перемоги виконувалось за вищевказану методологією за допомогою коефіцієнта завантаження.

Відображення результатів показано на рис. 1 в графічному вигляді.

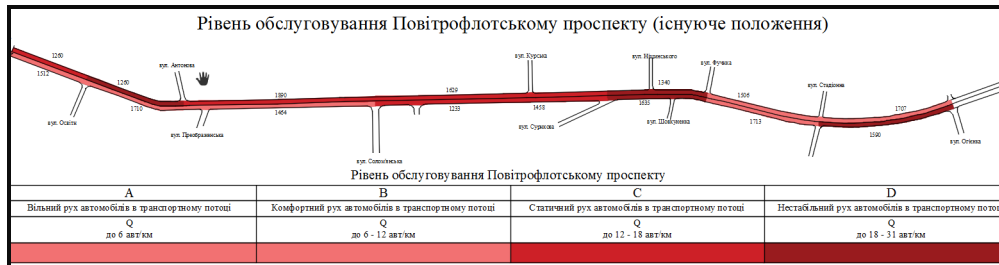


Рис. 1. Рівень обслуговування Повітрофлотського проспекту

Основними технічними показниками, що визначають рівень обслуговування транспортного потоку є: швидкість руху, затримки часу, свобода маневру, перебої в русі, але в даному переліку немає такого важливого показника як енерговитрати транспортного потоку, а він пов'язаний з великою кількістю показників, а саме швидкістю руху, затримкою часу (з системи LOS) та складом

транспортного потоку (ТП), структурою ТП, режимом руху ТП, характеристиками руху ТП, геометричними параметрами ВДМ.

Кількість витраченої енергії на певній ділянці ВДМ міста – складний та багатогранний показник на який впливає велика кількість факторів.

Визначення енерговитрат проводилось на основі методики, визначеної в дисертації Тарасюка В. П. «Принципи і методи оцінки впливу енерговитрат транспортного потоку при обґрунтуванні вибору інженерно-планувального рішення транспортно-планувальних вузлів (на прикладі м. Києва)» [5], на рис. 2 виконано візуалізацію енерговитрат транспортного потоку Повітрофлотського проспекту.



Рис. 2. Візуалізація розрахунків енерговитрат транспортного потоку

Після проведення цих розрахунків можна провести кореляцію між показниками рівнів обслуговування та енерговитратами транспортного потоку і прослідкувати закономірність **вищих витрат енергії** на ділянках з **нижчим рівнем обслуговування**.

На сьогодні для розрахунку великої кількості показників, які характеризують ВДМ, імітаційного відтворення руху транспорту та визначення ефективності прийнятих рішень використовують моделювання як на мікро-, так і на макрорівні, хоча в діючих нормативах [2] моделювання має лише рекомендаційний характер.

Отже, для визначення взаємозалежності та наглядної демонстрації результатів дослідження було виконано моделювання Повітрофлотського проспекту в програмному комплексі PTV Vissim, який дозволяє відтворення імітаційного руху на мікрорівні. Нижче наведені картограми, які характеризують середню швидкість руху транспорту, відносний час затримок транспорту, навантаження на ділянках магістралі, щільність транспортного потоку.

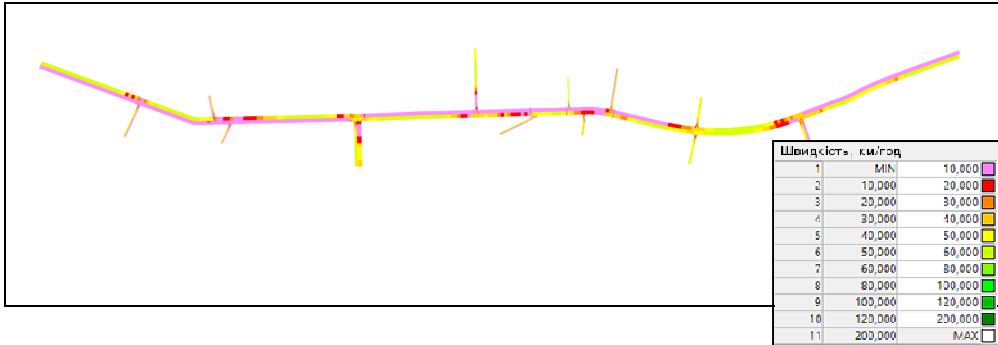


Рис. 3. Середня швидкість руху транспорту

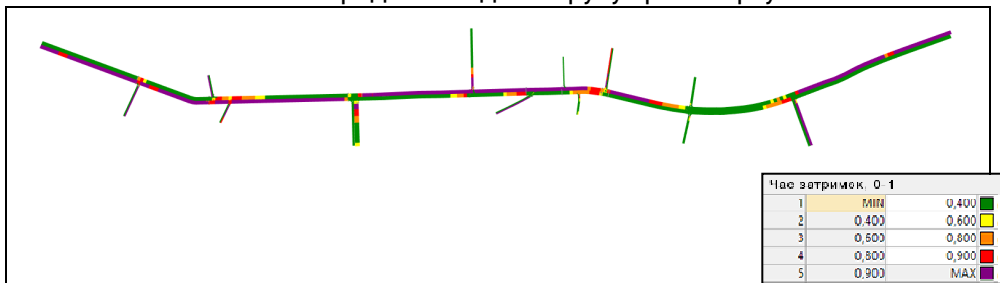


Рис. 4. Відносний час затримок транспорту

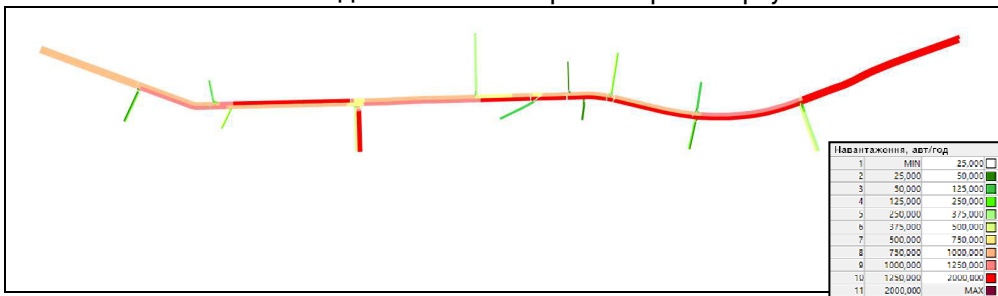


Рис. 5. Навантаження на ділянках магістралі

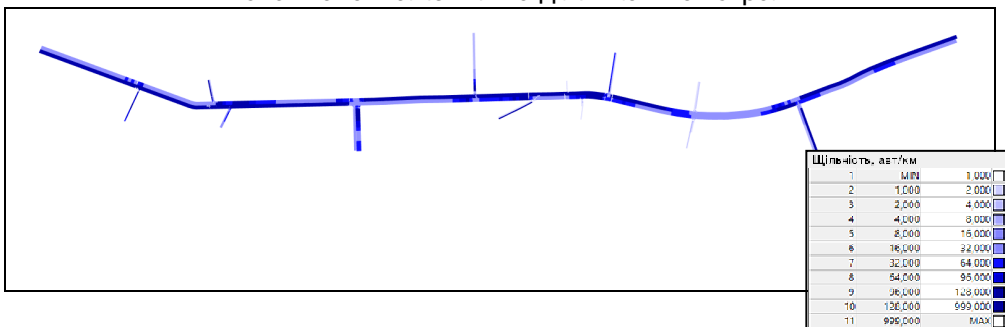


Рис. 6. Щільність транспортного потоку

В даних картограмах також прослідковується зниження показників руху на ділянках з нижчим рівнем обслуговування та вищими

енерговитратами транспортного потоку.

Отже, показник енерговитрат є важливим в системі критеріїв рівнів обслуговування і безпосередньо впливає на збереження ресурсів, тобто покращуючи умови руху на дорогах ми отримуємо не тільки безпеку, комфорт та зручність, а й рухаємось в напрямку раціонального використання ресурсів.

1. Тарасюк В. П. Енергетична оцінка як критерій обґрунтування вибору інженерно-планувального рішення перетинів міських магістралей. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. 2018. Вип. 11. С. 22–30.
2. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. К. : Мінрегіон України, 2018. 55 с.
3. Проект Генерального плану розвитку Києва до 2025 р. (розвиток дорожньо-транспортної інфраструктури). URL: http://kdmp.com.ua/ua/napravleniya_deyatelnosti/generalnij-plan-kijeva.html. (дата звернення: 15.05.2021).
4. Михайлов А. Ю., Головных И. М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. Новосибирск : Наука, 2004. 267 с.
5. Тарасюк В. П. Принципи і методи оцінки впливу енергоефективності транспортного потоку при обґрунтуванні вибору інженерно-планувального рішення транспортно-планувальних вузлів (на прикладі м. Києва) : дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2018. 150 с.
6. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.

REFERENCES:

1. Tarasiuk V. P. Enerhetychna otsinka yak kryterii obgruntuvannia vyboru inzhenerno-planuvalnoho rishennia peretyniv miskykh mahistralei. *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi*. 2018. Vyp. 11. S. 22–30.
2. DBN V.2.3-5:2018. Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv. K. : Minrehion Ukrainy, 2018. 55 s.
3. Proekt Heneralnoho planu rozvytku Kyieva do 2025 r. (rozvytok dorozhno-transportnoi infrastruktury). URL: http://kdmp.com.ua/ua/napravleniya_deyatelnosti/generalnij-plan-kijeva.html. (data zvernennia: 15.05.2021).
4. Mihaylov A. Yu., Golovnyih I. M. Sovremennyye tendentsii proektirovaniya i rekonstruktsii ulichno-doroznykh setey gorodov. Novosibirsk : Nauka, 2004. 267 s.
5. Tarasiuk V. P. Pryntsypy i metody otsinky vplyvu enerhoefektyvnosti transportnoho potoku pry obgruntuvanni vyboru inzhenerno-planuvalnoho rishennia transportno-planuvalnykh vuzliv (na prykladi m. Kyieva) : dys. ... kand. tekhn. nauk. Kyiv, 2018. 150 s.
6. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.

Osetrin M. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Professor (National University of Construction and Architecture, Kyiv, n.osetrin@gmail.com),
Kostenko N. P., Design Engineer (Urban Planning) (LLC "A + S Ukraine", Kyiv),
Post-graduate Student (National University of Construction and Architecture, Kyiv, natashavse93@gmail.com)

VALUE OF THE INDICATOR OF ENERGY CONSUMPTION OF THE TRAFFIC FLOW IN THE SYSTEM FOR ASSESSING THE LEVELS OF SERVICE OF THE ROAD NETWORK OF THE CITY

Energy efficiency is becoming increasingly important. It is also relevant for the transport industry. The article discusses the issue of the energy consumption indicator value determining the traffic flow in the system for assessing the levels of service of the city's road network.

Using as the example the energy consumption study on the city-wide highway of controlled traffic in Kyiv (Povitroflotsky prospect), the authors showed a correlation between indicators of service levels and energy consumption of a traffic flow and proved the presence of higher energy costs in areas with a lower level of service.

From the point of view of energy efficiency, the existing basic technical indicators that determine the level of service of the traffic flow: traffic speed, time delays, maneuver freedom, traffic interruptions, are no longer enough. The authors propose to take into account in this list such an important indicator as to the energy consumption of the traffic flow, which, in turn, is associated with a large number of indicators, namely, the speed of movement, time delays, and the composition of the traffic flow, the structure of the traffic flow, the movement mode of the traffic flow, the movement characteristics of the traffic stream flow, geometric parameters of the road network.

To determine the interdependence and visual demonstration of the research results, the Povitroflotsky prospect was modeled in the PTV Vissim software package, which allows the reproduction of the imitation movement at the micro-level. The article presents cartograms characterizing the average speed of traffic flow, the relative time of transport delays, the loading on the highway sections, and the traffic flow density.

Thus, the article proves that the indicator of energy consumption is important in the criteria system of service levels and has a direct impact on the conservation of resources, that is, by improving traffic conditions on the roads, we get not only safety, comfort, and convenience, but also rational use of resources.

Keywords: energy consumption; energy efficiency; traffic flow; level of service; road network; modeling.

Осетрин Н. Н., к.т.н., профессор (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, n.osetrin@gmail.com), **Костенко Н. П., инженер-проектировщик (планирование городов)** (ООО «А + С Украина», Киев), **аспирантка** (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, natashavse93@gmail.com)

ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА

Становление значение показателя энергозатрат транспортного потока в системе оценки уровней обслуживания улично-дорожной сети города. Выявление зависимости и влияния на другие показатели движения транспортного потока.

Ключевые слова: энергозатраты; энергоэффективность; транспортный поток; ТП; оценка уровней обслуживания; улично-дорожная сеть города; УДС; моделирование.
