

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМОБІЛЯ ЯК ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук  
Бакуліч О.О., кандидат технічних наук  
Сватко В.В.

Постановка проблеми. В сучасних умовах питання оптимізації транспортних перевезень набуло значного розвитку. Однією з найважливіших проблем при цьому виділяється перевантаження транспортних мереж міст, особливо у центральних їх частинах. Не винятком у даному питанні є місто Київ, де виникнення заторів є звичним явищем. Це, в свою чергу, суттєво впливає на зниження ефективності руху транспортного потоку. Крім того, дана проблема сприяє збільшенню аварійних ситуацій на дорогах, призводить до негативного впливу транспорту на екологію навколишнього середовища, несвоєчасності доставки товарів, збільшення витрат часу на доставку пасажирів громадським транспортом.

Останнім часом питанню моделювання транспортних потоків у транспортній мережі міста приділяють значну увагу. При цьому теоретичні уявлення про динаміку транспортних потоків розвиваються в основному за двома напрямками. З одного боку, розглядаються мікромоделі, які описують певні конкретні ситуації руху транспортних засобів (ТЗ) на ділянках транспортної мережі, але які не можуть, водночас, характеризувати стан транспортного потоку в цілому [1,2]. З іншого боку, існує багато макромоделей для опису динаміки транспортних потоків, проте які не придатні для аналізу руху ТЗ на певних конкретних ділянках транспортної мережі [3-5].

У зв'язку з цим, для розвитку теоретичних уявлень про динаміку транспортних потоків, вдосконалення методів моделювання процесів, пов'язаних з ними, вважаємо актуальним знаходження таких модельних транспортних засобів, техніко-експлуатаційні параметри яких, з одного боку, характеризували б стан транспортного потоку в цілому на певній ділянці транспортної мережі, а з іншого, були б наближені до відповідних параметрів ТЗ, що рухаються на даній ділянці.

Такий підхід, на наш погляд, аналогічний модельним уявленням про ефективні параметри руху мікрочастинок під впливом конденсованого середовища, які широко використовуються для опису фізичних явищ у твердих тілах [6]. Тому такий ТЗ в нашому випадку будемо називати ефективним автомобілем.

Метою даної роботи є розробка методу знаходження такого ефективного автомобіля як характеристики транспортного потоку певної ділянки транспортної мережі. При цьому процедура пошуку автомобіля з ефективними техніко-експлуатаційними характеристиками розглядається на базі методу аналізу ієрархій Сааті [7, 8].

Основна частина. В рамках запропонованої процедури аналізу за методом Сааті [9] розглянемо *n* об'єктів або факторів, які необхідно порівняти групі експертів. Головною метою даної групи є визначення відносної важливості цих об'єктів.

Для визначення в нашому випадку відносної важливості техніко-експлуатаційних характеристик ТЗ, що утворюють транспортний потік на певній ділянці транспортної мережі, було обрано одне з перехресть міста Києва на вулиці Московській, 31/33 (біля кінотеатру «Зоряний») у напрямку від станції метро «Арсенальна» до станції метро «Печерська». Оскільки інтенсивність транспортного потоку на міській мережі має неоднорідну структуру, то задля більшої об'єктивності було обрано три проміжки часу для моніторингу. Відомо, що найбільше скупчення транспортних засобів спостерігається у так звані години «пік», тому саме ці проміжки часу і було обрано для проведення дослідження. Таким чином, підрахунок транспортних засобів проводився в періоди з 8.30 до 9.30, 12.35 до 13.35 та 16.35 до 17.35. При цьому, для більшої точності кожен часовий період був розділений на 4 рівні частини по п'ятнадцять хвилин, після яких фіксувались дані про кількість ТЗ. Крім того, всі ТЗ, що утворювали досліджуваний транспортний потік у відповідні проміжки часу, розділялись на наступні групи: легкові автомобілі, позашляховики, мікроавтобуси, автобуси (малі та середні, великі, зчеплені), вантажні автомобілі (легкі та середні, важкі).

Моніторинг інтенсивності руху транспортного потоку на вказаній ділянці транспортної мережі здійснювався за допомогою інтернет-ресурсу [videoprobki.ua](http://videoprobki.ua), який дає можливість спостерігати

вказану ділянку дороги за допомогою встановленої веб-камери в режимі реального часу. Результати спостереження наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. - Результати спостереження транспортної мережі на ділянці дороги (перехрестя вулиці Московської м. Києва)

Час	Легкові автомобілі	Позашляховики	Мікроавтобуси	Автобуси			Вантажні автомобілі		Всього
				малі, середні	великі	зчеплені	легкі, середні	важкі	
Вранці									
8.30 ÷ 8.45	119	39	5	5	7	2	-	-	177
8.45 ÷ 9.00	132	44	10	7	4	-	-	1	198
9.00 ÷ 9.15	116	39	9	6	3	4	1	-	178
9.15 ÷ 9.30	116	38	14	3	8	1	1	1	182
Всього	483	160	38	21	22	7	2	2	735
%	65,71	21,77	5,17	2,86	2,99	0,96	0,27	0,27	
Обідня перерва									
12.35 ÷ 12.50	84	28	13	8	4	2	8	1	148
12.50 ÷ 13.05	113	37	16	7	6	3	8	1	191
13.05 ÷ 13.20	135	45	8	8	6	1	4	2	209
13.20 ÷ 13.35	132	44	11	8	6	2	4	1	208
Всього	464	154	48	31	22	8	24	5	756
%	61,38	20,37	6,35	4,10	2,91	1,06	3,17	0,66	
Ввечері									
16.35 ÷ 16.50	121	40	14	6	2	1	2	2	188
16.50 ÷ 17.05	111	36	15	8	4	1	2	-	177
17.05 ÷ 17.20	133	44	10	6	3	1	2	1	200
17.20 ÷ 17.35	124	41	20	4	5	1	3	1	199
Всього	489	161	59	24	14	4	9	4	764
%	64,01	21,07	7,72	3,14	1,83	0,52	1,19	0,52	

Для визначення ефективного автомобіля в рамках кожної групи ТЗ обирались реальні марки автомобілів, що представлені в теперішній час на ринку та дорогах України[10-11]. Відповідно, для легкових автомобілів було обрано 30 моделей; позашляховиків – 15 найбільш поширених моделей; мікроавтобусів – 10 моделей; автобусів (малі, середні) – 6 моделей, автобусів (великі) – 4 моделі, автобусів (зчеплених) – 2 моделі; вантажних автомобілів – 20 моделей.

Також для всіх вибраних таким чином марок автомобілів було визначено їх 15 техніко-експлуатаційних характеристик, а саме: довжина, ширина та висота транспортного засобу, кліренс, витрати палива при міському та заміському циклі руху, середній розхід палива, марка палива, екологічний стандарт, розгін з місця до 100 км/год, максимальна швидкість, споряджена маса, допустима повна маса, об'єм паливного баку та колісна база.

Далі, за допомогою методу аналізу ієрархій Сааті згідно з процедурою [9] серед вказаних характеристик ТЗ були визначені, на наш погляд, найбільш значущі, які найбільше впливають на швидкість та щільність транспортного потоку в межах міста. Виявлено, що таким показником є розміри ТЗ, а саме їх довжина. Крім того важливим є час розгону транспортного засобу, оскільки весь рух автомобіля в режимі міста описується схемою рух-гальмування-зупинка-розгін-рух, та екологічні характеристики.

Після цього, також використовуючи метод аналізу ієрархій за допомогою парних порівнянь знаходились відносні ступені взаємодії елементів (характеристик транспортних засобів) на кожному ієрархічному рівні (перевага одних елементів відносно інших). Цим порівнянням була надана чисельна оцінка. Слід відмітити, що при розгляді та порівнянні техніко-експлуатаційних характеристик необхідно прагнути того, щоб декомпозиція була доведена до такого рівня, на якому парні порівняння виконувались компетентними у даній області фахівцями. Оскільки обрані

характеристики транспортних засобів характеризують автомобіль з різних сторін, а саме технічної, екологічної, економічної, то до складу експертної комісії були залучені саме фахівці з даних галузей. На основі отриманих експертних оцінок вищевказаних фахівців і було побудовано матриці порівняння техніко-експлуатаційних характеристик кожної групи транспортних засобів.

Врешті решт, після отримання відповідних даних, знову використовуючи відповідну процедуру згідно з [9], для кожної групи ТЗ визначався модельний ефективний автомобіль, техніко-експлуатаційні показники кожного з яких, характеризували досліджуваний транспортний потік на обраній ділянці транспортної мережі міста Києва. Результати отриманих розрахунків наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. – Техніко-експлуатаційні характеристики знайдених для кожної групи ефективних транспортних засобів

№ п/п	Характеристика/Модель автомобіля	Hyundai Getz	Nissan Qashqai	Mercedes-Benz Viano	Богдан А 06922	Богдан А 701	ЛАЗ А292 (CityLAZ-20)	Iveco Stralis	Ефективний транспортний засіб
1.	Довжина, мм	3825	4330	4763	6690	11960	18800	9848	4731
2.	Ширина, мм	1665	1780	1901	2180	2550	2550	2550	1794
3.	Висота, мм	1490	1615	1875	2880	3200	3060	3000	1721
4.	Кліренс, мм	140	200	180	160	180	160	240	161
	Витрати палива:								
5.	міський цикл, л/100 км	9,2	10,1	9	X	X	X	X	X
6.	заміський цикл, л/100 км	5,3	6,2	6,6	X	X	X	X	X
7.	середній, л/100 км	6,7	7,6	7,4	17,5	X	X	X	X
8.	Марка палива	AI-95	AI-95	ДП	ДП	ДП	ДП	ДП	ДП
9.	Екологічний стандарт, Євро	IV	IV	IV	III	V	III	III	IV
10.	Розгін з місця до 100 км/год, с	12	10,7	14,1	17	20	25	27	13
11.	Максимальна швидкість, км/год	170	183	174	90	70	87	90	163
12.	Споряджена маса, кг	1057	1378	2030	4290	11400	17200	13300	2258
13.	Допустима повна маса, кг	1540	1960	2800	6825	18800	28300	26000	3645
14.	Об'єм паливного баку, л	45	65	75	90	180	180	300	68
15.	Колісна база, мм	2455	2630	3200	3350	5860	5030	4880	2794

Часто для опису динаміки транспортного потоку в рамках відповідних макромоделей [3-5] використовують техніко-експлуатаційні параметри ТЗ, які достатньо грубо описують конкретний стан транспортної мережі в цілому. Запропонована в даній роботі концепція ефективного автомобіля, на наш погляд, дозволяє в певній мірі вирішувати цю проблему. Так, використовуючи отримані значення показників ефективних автомобілів кожної групи в транспортному потоці (див. табл.2), а також експериментальні дані щодо відносної ваги кожної групи ТЗ у цьому транспортному потоці (див. табл.1), можна визначити усереднені техніко-експлуатаційні показники модельного ефективного автомобіля, який характеризує динаміку транспортного потоку в цілому на певній ділянці транспортної мережі.

Тут, значення  $i$ -ої відповідної техніко-експлуатаційної характеристики такого ефективного автомобіля визначається за формулою:

$$P_i = \sum_j N_{ij} k_j \quad , \quad (1)$$

де  $P_i$  – значення техніко-експлуатаційної характеристики ефективного автомобіля;  $N_{ij}$  – значення  $i$ -ої техніко-експлуатаційної характеристики ефективного автомобіля для  $j$ -ої групи (див. табл.2);  $k_j$  – відносний ваговий коефіцієнт  $j$ -ої групи транспортних засобів (див. табл. 2).

Розрахунки за допомогою (1) дають наступні величини техніко-експлуатаційних характеристик ефективного автомобіля, які наведено у таблиці 2.

Висновки. У роботі запропоновано концепцію ефективного автомобіля та розроблено, на основі методу аналізу ієрархій Саати, методику визначення його техніко-експлуатаційних показників. В рамках цієї концепції ефективний автомобіль розглядається як модельний транспортний засіб, що є однією з характеристик транспортного потоку на певній досліджуваній ділянці транспортної мережі. Техніко-експлуатаційні параметри ефективного автомобіля мають такі значення, які, з одного боку, характеризують стан транспортного потоку в цілому на певній ділянці транспортної мережі, а з іншого, наближені до відповідних параметрів транспортних засобів, що рухаються на даній ділянці. Використання концепції ефективного автомобіля, на наш погляд, дозволить здійснити у майбутньому подальший розвиток теоретичних уявлень про динаміку транспортних потоків, вдосконалення методів моделювання процесів, що відбуваються в них.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Nagel K., Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic / K.Nagel, M.Schreckenberg // J. Phys. I (France). 1992. Vol. 2. P. 2221–2229.
2. Cremer M., Papageorgiou M. Parameter identification for a traffic flow model / M.Cremer, M.Papageorgiou // Automatica. 1981. V. 17. P. 837–843.
3. Lighthill M.J., Whitham G.B. On kinematic waves: II. A Theory of traffic flow on long crowded roads / M.J.Lighthill, G.B.Whitham // Proc. Roy. Soc. A. 1955. Vol. 229, N 1178. P. 281–345.
4. Cremer M., Meiner F. Traffic prediction and optimization using an efficient macroscopic simulation tool / M.Cremer, F.Meiner // Modelling and Simulation 1993. Ed. Pave A., Soc. Comput. Simulation Int., Ghent. 1993. P. 515–519.
5. Daganzo C. F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory / C. F.Daganzo // Transpn. Res. B. 1994. V. 28. P. 269–287.
6. Шевченко О.Ю. Основы физики твердого тела/ О.Ю.Шевченко // Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 276с.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / Т.Саати //– М.: Радио и связь, 1989.
8. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. / Т.Саати, К.Кернс// – М.: Радио и связь, 1991.
9. Данчук В.Д., Олійник Р.В., Сватко В.В. Визначення ефективних засобів вантажних перевезень в транспортних задачах методом аналізу ієрархій / В.Д.Данчук, Р.В.Олійник, В.В.Сватко// Вісник НТУ.-К.:НТУ – 2011. – Вип. 22.
10. <http://www.gruz-inform.interdalnoboy.com>
11. <http://www.autonet.ru>

#### РЕФЕРАТ

Данчук В.Д., Бакуліч О.О., Сватко В.В. Визначення ефективного автомобіля як характеристики транспортного потоку за допомогою методу аналізу ієрархій/ В.Д.Данчук, О.О.Бакуліч, В. В.Сватко// Вісник НТУ.- К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

У роботі запропоновано концепцію ефективного автомобіля та розроблено, на основі методу аналізу ієрархій Саати, методику визначення його техніко-експлуатаційних показників.

Об'єкт дослідження – процеси в транспортних потоках вуличної мережі міста.

Мета дослідження – розробка методу визначення техніко-експлуатаційних показників ефективного автомобіля як характеристики транспортного потоку на певній ділянці транспортної мережі.

В рамках запропонованої концепції ефективний автомобіль розглядається як модельний транспортний засіб, що є однією з характеристик транспортного потоку на певній досліджуваній ділянці транспортної мережі. Техніко-експлуатаційні параметри ефективного автомобіля мають такі значення, які, з одного боку, характеризують стан транспортного потоку в цілому на певній ділянці

транспортної мережі, а з іншого, наближені до відповідних параметрів транспортних засобів, що рухаються на даній ділянці.

Результати статті можуть бути використані при дослідженні транспортної мережі міста Києва.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – використання концепції ефективного автомобіля дозволить здійснити у майбутньому подальший розвиток теоретичних уявлень про динаміку транспортних потоків, вдосконалення методів моделювання процесів, що відбуваються в них.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕФЕКТИВНИЙ АВТОМОБІЛЬ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ СААТІ, ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

#### ABSTRACT

Danchuk V.D., Bakulich O.O., Svatko V.V. Determination of an efficient car as a characteristic of a transport flow using the method of hierarchies analysis / V.D.Danchuk, O.O.Bakulich, V.V.Svatko// Visnyk NTU.- K.: NTU . – 2012. – Vol. 26.

The concept of an efficient car has been suggested in the article. On the basis of Saati's method of hierarchies analysis the method of determining performance indicators of an efficient car has been developed.

The object of the study are processes in transport flows of a city street network.

The purpose of the study is to develop the method of determining performance indicators of an efficient car as a characteristic of a transport flow in a certain area of a transport network.

Within the suggested concept an efficient car is considered as a model vehicle being a characteristic of a transport flow in a certain studied area of a transport network. Performance indicators of an efficient car have such values which characterize the state of a transport flow in a certain area of a transport network. Besides, they are close to definite parameters of vehicles moving in a certain area.

The results of the study can be used for the research of Kyiv transport network.

Forecast assumption for the object of the study is that using the concept of an efficient car will allow the future development of theoretical ideas about the dynamics of transport flows and the improvement of process modeling methods.

**KEYWORDS:** EFFICIENT CAR, TRANSPORT FLOW, SAATI'S METHOD of the HIERARCHIES ANALYSIS, DETERMINING PERFORMANCE INDICATORS.

#### РЕФЕРАТ

Данчук В.Д., Бакулич Е.А., Сватко В.В. Определение эффективного автомобиля как характеристики транспортного потока с помощью метода анализа иерархий / В.Д.Данчук, Е.А.Бакулич, В.В.Сватко// Вестник НТУ.- К.: НТУ. – 2012. – Вып. 26.

В работе предложена концепция эффективного автомобиля и разработана, на основании метода анализа иерархий Саати, методика определения его технико-эксплуатационных показателей.

Объект исследования – процессы в транспортных потоках уличной сети города.

Цель исследования – разработка метода определения технико-эксплуатационных показателей эффективного автомобиля как характеристики транспортного потока на определенном участке транспортной сети.

В рамках предложенной концепции эффективный автомобиль рассматривается как модельное транспортное средство, что является одной из характеристик транспортного потока на определенном участке транспортной сети. Технико-эксплуатационные параметры эффективного автомобиля имеют такие значения, которые с одной стороны, характеризуют стан транспортного потока в целом на определенном участке транспортной сети, а с другой – приближенные к соответствующим параметрам транспортных средств, что движутся по указанному участку дороги.

Результаты статьи могут быть использованы при исследовании транспортной сети города Киева.

Прогнозные предложения о развитии объекта исследования – использование концепции эффективного автомобиля дает возможность осуществить в будущем развитие теоретических представлений о динамике транспортных потоков, усовершенствовать методы моделирования процессов, что происходят в них.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЭФФЕКТИВНЫЙ АВТОМОБИЛЬ, ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК, МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ СААТІ, ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.