

УДК 711.11

к.т.н., професор Осетрін М.М.,

n.osetrin@gmail.com, orcid.org /0000-0001-7015-4679,

ас. Беспалов Д.О., dmitry.bespalov@me.com, orcid.org/0000-0002-0778-5627,

Дорош М.І., doroshmaxym@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3717-9326,

Петрук В.Б., vpetruk2012@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7030-2827,

Королевська І.В., korolevskaya.ilona@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5009-9326,

Київський національний університет будівництва та архітектури

КОЕФІЦІЄНТИ ДОБОВОГО ПРИВЕДЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА (НА ПРИКЛАДІ М. КИЄВА)

Розглянутий показник добової інтенсивності руху транспорту. Проаналізований існуючий метод визначення коефіцієнтів добового приведення інтенсивності руху транспортних потоків на основі натурних обстежень на вулично-дорожній мережі міста. Запропонований новий підхід визначення коефіцієнтів, заснований на основі соціологічного опитування населення міста. Виконана порівняльна характеристика та аналіз різних методів визначення коефіцієнтів.

Ключові слова: інтенсивність руху транспорту, коефіцієнт добової нерівномірності, коефіцієнт добового приведення.

Прийняття обґрунтованих проектних рішень при створенні, реконструкції та реорганізації об'єктів вулично-дорожньої мережі (ВДМ), серед інших показників, потребує достовірної інформації щодо значень величини інтенсивності руху транспорту.

Інтенсивність руху транспорту (N_a) – це кількість транспортних засобів, що проїжджають через переріз ділянки вулично-дорожньої мережі за одиницю часу. В розрахунковий період часу для визначення інтенсивності руху приймають рік, місяць, добу, годину в залежності від поставленого завдання спостереження і засобів вимірювання.

На вулично-дорожній мережі міста необхідно виділити також окремі ділянки та зони, де інтенсивність руху транспорту досягає максимальних розмірів, в той час як на інших ділянках в кілька разів менший. Така просторова нерівномірність відображає перш за все нерівномірність розміщення вантажо- і пасажиро-утворюючих місць тяжіння в плані міста та його приміській зоні.

Нерівномірність транспортних потоків у часі (протягом року, місяця, доби і навіть години) має одне з головних значень щодо проблем пов'язаних з організацією руху. Розподіл інтенсивності руху протягом доби на міських

магістралях дозволяє виділити так звані години «пік», на яких виникають найбільш завантажені транспортні ділянки вулично-дорожньої мережі, які викликають ускладнення в організації та регулюванні руху.

Термін година «пік» є умовним і пояснюється лише тим, що година є основною одиницею вимірювання часу. Тривалість найбільшої інтенсивності руху може бути більше або менше години.

Тимчасова нерівномірність транспортних потоків характеризується відповідним коефіцієнтом нерівномірності. Цей коефіцієнт визначається для річної, добової і годинної нерівномірності руху. Нерівномірність може бути виражена як частка інтенсивності руху, що припадає на даний відрізок часу, або як відношення обстежуваної інтенсивності до середньої за однакові проміжки часу.

Добова інтенсивність транспорту використовується для розробки заходів з розвитку транспортних систем на всіх етапах містобудівельного проектування в схемах і проектах планування економічного району або промислового вузла, ТЕО і генеральних планах розвитку міст, комплексних схемах і ТЕО окремих транспортних споруд, розвитку маршрутної мережі пасажирського транспорту і проектах організації дорожнього руху.

Основою класифікації методів транспортних обстежень є спосіб отримання інформації при їх проведенні. Серед таких методів виділяють:

- *Прямий метод*, що включає натурні обстеження, в процесі яких безпосередньо (за допомогою вимірювальних комплексів або візуального спостереження), фіксується інтенсивність руху у багатьох вузлах (відрізках) ВДМ, протягом певного періоду часу.
- *Непрямий метод* включає очне або дистанційне опитування респондентів – користувачів транспортної системи, на предмет їх щоденної транспортної мобільності, з встановленням часу відправлення за кожною ціллю поїздки, та часу витраченого на переміщення.

Ціль транспортного обстеження – отримання об'єктивної, повної і достовірної інформації для аналізу існуючого стану та виявлення тенденцій і закономірностей, необхідних при розробці проектних рішень.

Коефіцієнт добового приведення інтенсивності руху транспорту – це відношення інтенсивності руху (для індивідуального транспорту (ІТ), або пасажиропотоку (для громадського транспорту (ГТ) до добової інтенсивності / пасажиропотоку.

Натурні обстеження інтенсивностей руху транспорту в Києві почали проводити з 1963 року. За результатами виконаних досліджень, кафедрою міського будівництва Київського інженерно-будівельного інституту (КНУБА), розроблена методика [1] приведення значень інтенсивності руху транспорту

(ІРТ) до добових за допомогою коефіцієнтів нерівномірності (Таблиця 1), а дослідження інтенсивності руху на мостових переходах з підходами, дозволило встановити години з найменшими коефіцієнтами варіації, найбільш надійні для проведення вибіркових обстежень інтенсивності. Дана методика була апробована при багатьох обстеженнях інтенсивності транспортного руху в м. Київ, а також у всіх обласних центрах України.

Запропонована формула (1) для розрахунку середньодобової інтенсивності $N_{доб}$ з кожного входу на перетинах:

$$N_{доб} = N_{a-b} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \quad (1)$$

$$K_2 = 100/K'_2 \quad (2)$$

де K_1 – коефіцієнт внутрішньо-годинної нерівномірності;

K'_2 – коефіцієнт нерівномірності руху транспорту по годинам доби;

K_3 – коефіцієнт нерівномірності руху транспорту по дням тижня;

K_4 – коефіцієнт нерівномірності руху транспорту по місяцям;

K_5 – об'єм дорожнього руху;

N_{a-b} – величина інтенсивності руху на перегоні.

За цією методологією місто Київ було поділено на 4 зони:

I. Центральне ядро (у межах площ – Європейська – Львівська – пл. Перемоги – палац «Україна» - пл. Лесі Українки – пл. Слави);

II. Середня зона (обмежена вузлами: Севастопольська пл.- Московська пл. – Либідська пл. – міст ім. Патона – Ленінградська пл. – вул. Гагаріна, ст. м. Чернігівська – вул. Братиславська – пр-т Ватутіна – Московський міст – Московський пр-т – Олени Теліги – вул. Довженка – вул. Індустріальна – вул. Гетьмана – Чоколівський б-р);

III. Периферійна зона: (з правого берега Дніпра обмежена: вул. Міська – пр-т Палладіна – Велика Кільцева – Академіка Заболотного – Столичне шосе – Наддніпрянське шосе і далі на лівий берег – Південний міст – пр-т Бажана – Харківська площа...);

IV. За межами Великої Кільцевої.

Транспортні дослідження для підтримки актуальності даних коефіцієнтів не проводились з 1986 року. Внаслідок принципової зміни структури галузевої зайнятості населення м. Києва зазначені коефіцієнти приведення, наразі, не відповідають співвідношенням, що спостерігаються при поточних натурних дослідженнях інтенсивності руху на окремих ділянках (вузлах) ВДМ міста. Повторення відповідних досліджень з метою актуалізації коефіцієнтів приведення, є досить трудомісткою роботою. Проте, при наявності достатньої кількості детекторів руху транспорту та відеообладнання можна зменшити

затрати часу та зусиль на обстеження інтенсивності руху на вулично-дорожній мережі міста.

Таблиця 1.

Встановлені коефіцієнти нерівномірності руху транспорту
по годинах доби в м. Києві (K_2')

Години доби	Коефіцієнт нерівномірності		Години доби	Коефіцієнт нерівномірності	
	I зона	II, III, IV зони		I зона	II, III, IV зони
6 – 7	1,22	1,75	15 – 16	7,34	6,67
7 – 8	3,52	3,96	16 – 17	7,88	7,37
8 – 9	6,64	6,81	17 – 18	8,20	8,30
9 – 10	6,47	6,50	18 – 19	6,45	6,60
10 – 11	6,77	6,86	19 – 20	4,83	5,22
11 – 12	7,00	6,92	20 – 21	3,52	3,86
12 – 13	6,42	7,13	21 – 22	2,38	2,85
13 – 14	6,22	7,05	22 – 23	2,03	1,12
14 – 15	6,35	7,46	23 – 24	1,58	0,57

Одним із можливих непрямих методів визначення (оновлення існуючих) коефіцієнтів приведення є статистичний аналіз часу транспортних відправлень \ прибуттів (Origin – Destination (OD)), який можна отримати виходячи з соціологічних опитувань населення міста.

Опитування є менш трудомістким методом, що дозволяє встановити коефіцієнти добової нерівномірності. Метод передбачає статистичний аналіз часу відправлень/прибуття (OD) користувачів транспортної системи міста.

У 2015 р., Київським міжнародним інститутом соціології (КМІС), на замовлення компанії «А+С Україна», в рамках розроблення мультимодальної транспортної моделі, було проведено репрезентативне опитування транспортної мобільності мешканців м. Києва з вибіркою більш ніж 1% населення міста (більше 30 тис. результативних анкет з квотами за віком, статтю, днями тижня та розселенням).

Серед запитань респонденти відповідали на питання щодо часу відправлення за кожною ціллю переміщення, та часу витраченого на неї.

Знаючи залежність частки відправлень та середню тривалість кореспонденцій від часу доби, можна визначити кількість користувачів, що одночасно перебувають в транспортній мережі, в будь-який момент часу. При цьому *коефіцієнт добової нерівномірності*, в даному випадку – це відношення кількості користувачів, що одночасно перебувають в транспортній мережі в певний проміжок часу, до загальної кількості транспортних відправлень за

добу. Це визначення абсолютно справедливе для пасажирів громадського транспорту (ГТ), пішоходів, та користувачів індивідуального транспорту (ІТ) з поправкою на можливу несталість коефіцієнту середньої наповнюваності ІТ протягом доби (потребує окремого дослідження).

В Таблиця 2 приведено залежність коефіцієнтів добової нерівномірності відправлень від часу доби, на основі опитування та натурного обстеження.

В першому наближенні, приймаючи, що середній час транспортної кореспонденції істотно менше досліджуваних годинних інтервалів, та є незмінним протягом доби (як і коефіцієнт наповнюваності ІТ), то – *коефіцієнт добової нерівномірності відправлень є тотожним коефіцієнту нерівномірності руху*. Звідки можливо напряду порівняти його з коефіцієнтами добової нерівномірності руху транспорту з методики [1] (Таблиця 2).

Таблиця 2.

Встановлені коефіцієнти добової нерівномірності відправлень та їх порівняння з коефіцієнтами добової нерівномірності руху методики [1]

Час відправлення [год.:хв.]	Статистичний метод (метод II)		Метод натурного обстеження (метод I)	
	Коефіцієнти добової нерівномірності відправлень ІТ [%]		Коефіцієнти добової нерівномірності руху транспорту [%]	
			I зона	II - IV зони
00:00-05:00	0,06		5,18	3,00
05:00-06:00	0,09			
06:00-07:00	0,60		1,22	1,75
07:00-08:00	4,34		3,52	3,96
08:00-09:00	16,18		6,64	6,81
09:00-10:00	7,65		6,47	6,50
10:00-11:00	6,31		6,77	6,86
11:00-12:00	3,59		7,00	6,92
12:00-13:00	4,56		6,42	7,13
13:00-14:00	3,46		6,22	7,05
14:00-15:00	4,06		6,35	7,46
15:00-16:00	4,22		7,34	6,67
16:00-17:00	5,78		7,88	7,37
17:00-18:00	7,72		8,20	8,30
18:00-19:00	11,85		6,45	6,60
19:00-20:00	10,40		4,83	5,22
20:00-21:00	4,91		3,52	3,86
21:00-22:00	2,10		2,38	2,85
22:00-23:00	1,25		2,03	1,12
23:00-24:00	0,87		1,58	0,57
Доба:	100,00		100,00	100,00

Як видно з таблиці, коефіцієнти методу I мають значні відмінності від коефіцієнтів методу II:

- Коефіцієнти добової нерівномірності відправлень демонструють чіткі ранковий та вечірній піки, інтенсивність яких у 2 – 2,5 рази перевищує інтенсивність відповідних коефіцієнтів нерівномірності руху з методики [1];
- Ранковий пік відправлень коротший за тривалістю, але вищий за інтенсивністю, що спостерігається при польових дослідженнях трафіку. На відміну від цього, найбільш значний відсоток інтенсивності руху транспорту у

вечірній пік, характерний для коефіцієнтів нерівномірності руху з методики [1], при польових дослідженнях трафіку майже ніколи не спостерігається;

- Коефіцієнти добової нерівномірності відправлень демонструють також зниження кількості відправлень у міжпікові години, оскільки основними за кількістю відправлень на добу є поїздки за ціллю: «дім – робота» (8:00-9:00) та «робота – дім» (18:00-20:00). Залежність, характерна для коефіцієнтів добової нерівномірності руху транспорту з методики [1], могла б мати місце лише у випадку, якщо індивідуальний транспорт практично не використовується для щоденних трудових поїздок, а весь трафік протягом робочого дня утворював службовий та спеціальний транспорт, що могло мати місце у повоєнні роки, але абсолютно не відповідає поточній ситуації, коли рівень автомобілізації у Києві складає 213 авт./1000 осіб, а коефіцієнт автомобілекористування – 0,88.

Висновок

1. Прийняття обґрунтованих проектних рішень при створенні, реконструкції та реорганізації об'єктів ВДМ, потребує достовірної інформації щодо величини інтенсивності руху.
2. Використання коефіцієнтів нерівномірності руху з методики [1] призводить до недооцінки величини пікового попиту у 1,8 – 1,84 рази для вечірнього піку, та у 2,38 – 2,44 рази для ранкового піку.
3. Зворотна проблема: використання коефіцієнтів нерівномірності руху з методики [1] призводить до завищення величини добового попиту, розрахованого на основі даних польового дослідження пікового попиту, що унеможливорює коректне калібрування прогнозних транспортних моделей.
4. Коефіцієнти добового приведення та добової нерівномірності, рекомендовані методикою [1] потребують оновлення.
5. Раціональний, метод оновлення відповідних коефіцієнтів – соціологічне опитування населення міста з подальшим статистичним аналізом часу відправлень/прибуттів.
6. Інший варіант отримання актуальних коефіцієнтів добової нерівномірності – це моніторинг завантаженості вулично-дорожньої мережі міста в режимі online. Проте, це потребує значних капітальних витрат на влаштування системи детекторів та супутньої інфраструктури. Крім того, будь-які ґрунтовні висновки на основі таких даних можна робити тільки після накопичення достатньої кількості статистичної інформації.
7. Статистичний метод потребує доопрацювання в частині врахування залежності тривалості транспортних кореспонденцій від часу доби, зони міста, та в частині врахування нерівномірності коефіцієнту середньої наповнюваності автомобілів.

Література

- 1) Рейцен Є. А., Транспортні системи міст: методичні вказівки до практичних занять та виконання курсової роботи: для студ. спец. 7.06010103 "Міське буд-во та госп-во" / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. – Київ : [б.в.], 2011. – 62с. – (Каф. міського буд-ва (Вид.№155/III-10).
- 2) Державні будівельні норми. Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень: ДБН 360-92**. – [На заміну ДБН 360-92*; чинний від 2002-04-10]. – К.: Держбуд України, 2002. – 114 с. – (Державні будівельні норми).
- 3) Державні будівельні норми. Вулиці та дороги населених пунктів: В.2.3-5-2001 – [Чинний від 2001-10-1] – К.: Держбуд України, 2001. – 50 с.
- 4) Державні будівельні норми. Склад, зміст, порядок розроблення, погодження і затвердження комплексних схем транспорту для міст України: ДБН Б.1-2-95 – [Чинний від 1996-04-01] – 13 с.
- 5) Проблеми розвитку транспортних систем міст і зон їх впливу. Матеріали XI міжнародної (чотирнадцятої екатеринбурзької) науково-практичної конференції. Проведення обстежень інтенсивності руху транспорту в містах України
Режим доступу:
[http://www.waksman.ru/Russian/Streets_net/2005/re.htm] (дата звернення 10.09.2017 р.). – Назва з екрану.

к.т.н., професор Осетрин Н.Н., ас. Беспалов Д.А.,
Дорош М.И., Петрук В.Б., Королевская И.В.
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

КОЭФФИЦИЕНТЫ СУТОЧНОГО ПРИВЕДЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. КИЕВА)

В статье рассмотрен показатель суточной интенсивности движения транспорта. Проанализирован существующий метод определения коэффициентов суточного приведения интенсивности движения транспортных потоков на основе натуральных обследований на улично-дорожной сети города. Предложен новый подход определения коэффициентов, основанный на основе социологического опроса населения города. Выполнена сравнительная характеристика и анализ различных методов определения коэффициентов.

Ключевые слова: интенсивность движения транспорта, коэффициент суточной неравномерности, коэффициент суточного приведения

Cand. Sc., Professor Osetrin N.N., PG Student Bespalov D.O.,
Dorosh M.I., Petruk V.B., Korolevska I.V.
Kiev National University of Construction and Architecture

THE FACTORS OF THE CONVERSION OF URBAN HIGHWAY PEAK HOUR TRAFFIC VOLUMES INTO DAILY VALUES WITHIN THE CASE STUDY OF KYIV, UKRAINE

The article discusses the daily traffic volume indicator. It includes analysis of the current method for determining the daily traffic volumes based on the field surveys on the road network of the city. This article proposes a new approach of peak hour traffic volume conversion into daily values, based on the sociological survey. A comparative description and analysis of different methods of traffic volume conversion have been carried out.

Keywords: traffic volume, hourly traffic variation, conversion of peak hour traffic volumes into daily values.

Referenses

- 1) Reitsen Y.O., Transport systems of cities: Methodical instructions for practical classes and coursework: for the student. Special 7.06010103 "City building and establishment" / Kyiv National University of Construction and Architecture. - Kyiv: [c.p.], 2011. – 62 p. – (Department of urban planning (View No. 155 / III-10).
- 2) State building regulations. Town planning. Planning and building of urban and rural settlements: SBR 360-92**. – [Replacing SBR 360-92 *; effective from April 10, 2002]. – K.: State Building of Ukraine, 2002. – 114 p. – (State building regulations).
- 3) State building regulations. Streets and roads of settlements: SBR B.2.3-5-2001 – [Effective from October 1, 2001] – K.: Gosudarstvennoy Ukrainy, 2001. – 50 p.
- 4) State building regulations. Composition, content, procedure of development, approval and approval of integrated transport schemes for Ukrainian cities: SBR B.1-2-95 – [Effective from April 6, 1996] – 13 p.
- 5) Problems of development of transport systems of cities and zones of their influence. Materials of the XI International (fourteenth Yekaterinburg) Scientific and Practical Conference. Conducting surveys of the intensity of traffic in Ukrainian cities Mode of access: [http://www.waksman.ru/Russian/Streets_net/2005/re.htm] (application date 10.09.2017). – Title from the screen.