

Модель оцінки ефективності роботи нерегульованих перетинів на вулично-дорожній мережі Києва

Микола Осетрін, Дворко Олексій

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський просп, 31, Київ, Україна, 03037
oleksiy91@ukr.net, orcid.org/0000-0002-6385-4463

Анотація. Підвищення вимог до функціонування вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста породжує проблему в ефективному функціонуванні елементів мережі – вулиць (доріг) та їх перетинів. Простими перетинами у загальному випадку називають такі, на яких відсутнє регулювання руху за допомогою засобів світлофornoї сигналізації. Вони складають близько 40 % всіх вулично-дорожніх перетинів в крупних містах, таких як Київ [3 – 5]. Тому завдання дослідження ефективного функціонування цих вузлів є актуальним для міста. Провівши аналіз нормативних документів України, було встановлено, що даних, там наведених, недостатньо для оцінки ефективності простих перетинів. Для такої оцінки було запропоновано таксономічний метод, що показує загальний коефіцієнт ефективності за заданим набором критеріїв. Було проведено натурні обстеження простих перетинів центральної зони м. Києва (на листопад 2015 р.), в ході яких було зібрано дані, необхідні для оцінки їх ефективності. На основі цієї оцінки буде дано рекомендації по планувальному рішенню даного типу перетинів.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа; простий перетин; оцінка ефективності; критерії ефективності, таксономічний метод.

ВСТУП

Сукупність вулиць, міських доріг, площ та перетинів утворюють вулично-дорожню мережу (ВДМ). Вулична мережа визначає планувальну структуру міста, вона неоднорідна і складається із магістральних вулиць та вулиць місцевого значення. Основу ВДМ складають магістральні вулиці і дороги, на які припадає переважна більшість міського транспортного потоку [1]. Основні проблеми, пов'язані із організацією дорожнього руху, зосереджені на вузлах ВДМ – перетинах вулиць і доріг. Всі перетини на ВДМ поділяють на чотири класи за способом організації дорожнього руху [2]:

- нерегульовані (прості)
- регульовані
- саморегульовані
- перетини у різних рівнях

У крупних містах України частка простих перетинів, які влаштовуються переважно на перетинанні житлових вулиць, складає 40 %, тому дослідження їх ефективного функціонування і використання результатів цих досліджень є важливим фактором забезпечення ефективності роботи всієї ВДМ міста.

Ідеєю дослідження є дослідження впливу планувального рішення простого перетину на ефективність його функціонування. Для кожної категорії магістралей встановлюються свої вимоги до інтенсивності руху, швидкості руху, кількості смуг руху і т.д. Можна сказати, що категорійність магістралей є одним із визначальних факторів, які враховуються при виборі типу перетину за організацією дорожнього руху. Проте наяв-

них нормативних даних для обґрунтування вибору типу перетину за критеріями ефективності, які ми для себе можемо виділити – мінімізація часу на пересування, забезпечення пропускну здатності перетину та безпеки руху – у вищенаведених документах вкрай недостатньо. Недостатньо досліджено і екологічний вплив планувального рішення перетину на оточуюче середовище.

Тому **метою** дослідження є розробка моделі оцінки ефективності роботи простих перетинів та зазначення необхідних для цього критеріїв з урахуванням їхньої пріоритетності.

Провівши аналіз наукових статей [6 – 9], можна зробити висновки, що робота над створенням комплексної моделі оцінки ефективності простих перетинів в Україні не проводилась. Цікаві і корисні для даної теми будуть роботи [6] та [8], де автори подають методику і принципи оцінки ефективності простого перетину із залученням робіт західноєвропейських та японських авторів. Проте в жодній із даних статей не згадано про вплив територіальної структури міста на роботу перетину та не наведені відповідні показники, які б характеризували вплив тої чи іншої функціональної зони міста. Не вказано також і екологічний вплив перетину на прилеглу територію.

ПРО МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОСТОГО ПЕРЕТИНУ

Поняття «ефективність» у загальному розумінні означає відношення отриманого результату до витрачених ресурсів. Наприклад, економічна ефективність – це відношення економічного результату (ефекту) до затрат факторів виробничого процесу [10]. Оскільки дорожньо-транспортні перетини прямого економічного прибутку не дають, то дати оцінку ефективності планувальних рішень цих вузлів можна шляхом порівняльного аналізу варіантів існуючих споруд чи проектних рішень перетинів вулиць і доріг [2]. Головним завданням в оцінці ефективності роботи простого перетину є

правильний вибір критеріїв оцінки, оскільки за різними критеріями ефективність роботи буде відрізнятися.

Над тим, чи ефективно будуть працювати дорожньо-транспортні вузли (зокрема нерегульовані перетини) або вся ВДМ міста в цілому, містобудівники і транспортники почали замислюватись вже у повоєнні роки, коли у деяких країнах Західної Європи і колишньому СРСР були розроблені перші класифікації елементів ВДМ та нормативні документи, що регламентують вимоги до них. Однією із перших наукових робіт, у якій піднімається проблема підвищення функціонування транспортної інфраструктури, є робота польського математика З. Хеллвіга [11]. В цій науковій праці автор представив концепцію *показника рівня розвитку*, який можна інтерпретувати як *ефективність роботи деякої системи* (напр., транспортної).

У 1960-70-х рр. із розвитком обчислювальної техніки з'явилися методи таксономічного аналізу, які і досі широко застосовуються в різноманітних областях соціально-економічних і транспортних досліджень. Основою цих методів є термін *порівняльний багатовимірний аналіз (ПБА)*. Походження цього терміну пояснюється використанням в таксономічних методах поняття *багатовимірний об'єкт*, під яким розуміють або статистичну одиницю, яка визначається набором значень ознак, або ознака, яка задається її значеннями на окремих статистичних одиницях.

Порівняльний багатовимірний аналіз включає в себе ряд методів, що служать для вияву закономірностей в статистичних множинах, одиниці яких описуються численним набором ознак [12]. Структура методів ПБА наступна:

- таксономічний метод – метод упорядкування (показник рівня розвитку або ефективності функціонування), методи розбиття (метод Чекановського, метод кругів), методи вибору репрезентативних груп);
- факторний аналіз – метод головних компонент, кореляційний аналіз, метод максимальної достовірності.

Для оцінки ефективності роботи простого перетину пропонується використання методу упорядкування. Цей метод оцінки, який було запропоновано ще у 1970-ті рр. [11], характеризується відносною простою обчислень, які можна автоматизувати за допомогою програмного забезпечення MS Excel, та невеликим набором ознак, які визначають типи перетинів. Хоча, чим більша кількість ознак, тим точніша загальна оцінка ефективності роботи вузла. У загальному вигляді блок-схему дослідження ефективності роботи транспортного вузла у матричній формі за допомогою таксономічних методів зображено на Рис.1.

Вихідним і одночасно найважливішим кроком, який визначає правильність кінцевих результатів, є формування *матриці спостережень* T . Вона формується так: маємо множину із w елементів (напр., напрямки руху транспортного потоку на нерегульованому перетині), яка описується n ознаками (час на пересування, викиди шкідливих речовин і т.д.). Тоді кожну одиницю із множини w можна інтерпретувати, як точку n -вимірного простору із координатами, рівними значенням n ознак для розглядуваної одиниці. [13, 14]. Матриця спостережень записується у вигляді

$$T = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1k} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2k} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{i1} & t_{i2} & \dots & t_{ik} & \dots & t_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{w1} & t_{w2} & \dots & t_{wk} & \dots & t_{wn} \end{pmatrix},$$

де w – число статистичних одиниць (об'єктів досліджень); n – число ознак; t_{ik} – значення ознаки k для одиниці i .

Ознаки, які входять в матрицю спосте-

режень, неоднорідні, оскільки описують різні властивості об'єктів. Крім того, відрізняються одиниці їх виміру. Тому належить провести попереднє перетворення, що називається *стандартизацією ознак* – приведення їх до статистичної однорідності. Це перетворення кожної одиниці матриці T проводиться за формулою:

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - x_k^{\text{сеп.}}}{s_k}$$

причому:

$$x_k^{\text{сеп.}} = \frac{1}{w} \times \sum_{i=1}^w x_{ik},$$

$$s_k = \sqrt{\left(\frac{1}{w} \times \sum_{i=1}^w (x_{ik} - x_k^{\text{сеп.}})^2 \right)},$$

де $k = 1, 2, \dots, n$; x_{ik} – значення ознаки k для одиниці i ; $x_k^{\text{сеп.}}$ – середнє арифметичне значення ознаки k ; z_{ik} – стандартизоване значення ознаки k для одиниці i .

Після стандартизації обчислюють коефіцієнти ієрархії кожної ознаки, що дозволяє розрізняти їх за важливістю. Вони встановлюються на основі якісного аналізу, і доцільність їх введення у модель оцінки ефективності визначається точністю дослідження.

Наступним кроком у розглядуваній процедурі є умовний поділ ознак матриці спостережень на стимулятори і дестимулятори. Ознаки, що зі зростанням свого значення підвищують ефективність функціонування перетину, вважають *стимуляторами*, а ознаки, що зі зростанням свого значення понижують ефективність, вважають *дестимуляторами*.

Розподіл ознак на ці дві категорії служить основою для побудови так званого *еталону розвитку*, який являє собою точку P_0 з координатами $z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}$,



Рис. 1. Узагальнена схема дослідження простого перетину за допомогою методу ПБА

Fig. 1. General scheme of studies simple cross section using the method of MCA

де

$$z_{0s} = \max_r z_{rs}, \text{ якщо } S \in I;$$

$$z_{0s} = \min_r z_{rs}, \text{ якщо } S \notin I.$$

Тут I – множина стимуляторів; z_{rs} – стандартизоване значення ознаки s для одиниці r .

Відстань між окремими точками одиницями і точкою P_0 (еталон розвитку) позначається c_{i0} і розраховується за формулою

$$c_{i0} = \sqrt{\sum_{s=1}^n (z_{is} - z_{0s})^2}.$$

Отримані відстані служать вихідними величинами для розрахунку показника ефективності функціонування d_i :

$$d_i = \frac{c_{i0}}{c_0},$$

звідки

$$c_0 = \bar{c}_0 + 2S_0;$$

$$\bar{c}_0 = \frac{1}{W} * \sum_{i=1}^W c_{i0};$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{W} * \sum_{i=1}^W (c_{i0} - \bar{c}_0)^2}.$$

Проте на практиці застосовують модифікований коефіцієнт ефективності d_i^*

$$d_i^* = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0}.$$

Чим ближче знаходиться цей показник до 1, тим ефективніша одиниця. Далі застосовують «метод радару», за допомогою якого визначається *інтегральний показник ефективності* K . Інтегральним показником ефективності перетину є відносна площа радару, побудованого всередині оціночного круга по вищевказаних показниках d_i^* для кожного напрямку руху (Рис. 2). Інтегральний показник K вираховується за формулою

$$K = S_r / S,$$

де S – площа оціночного круга; S_r – площа радару,

$$S_r = 0,5(\sin \alpha) \cdot (a_1 \cdot a_2 + a_2 \cdot a_3 + \dots + a_n \cdot a_{n-1})$$

де α – внутрішній кут між осями показників радару; $a_1, a_2, \dots, a_n$ – показники ефективності за напрямками руху.

$$S = \pi R^2$$

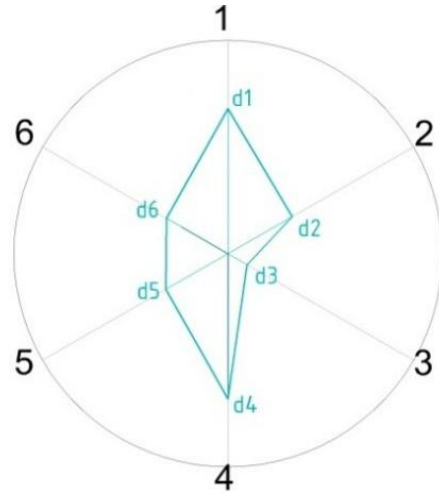


Рис. 2. Радар ефективності перетину
Fig. 2. Radar crossing performance

Пропонується виділити наступні критерії, за якими буде проведено попередню оцінку ефективності роботи нерегульованого перетину:

- 1) транспортні витрати на проїзд, млн грн.;
- 2) затримка руху на перетині, с;
- 3) довжина черги 95% забезпеченості, м;
- 4) коефіцієнт зниження швидкості;
- 5) – 11) – викиди шкідливих речовин, відповідно – CO, NO₂, CH, SO₂, Pb, CH₂O (г/с) та шумове забруднення, дБА;
- 12) шум прискорення за напрямками, м/с²;
- 13) показник безпеки руху на перетині;
- 14) рівень завантаженості перетину;
- 15) комфортність руху;
- 16) коефіцієнт оглядовості;
- 17) пропускна здатність перетину за напрямками, авт/год.

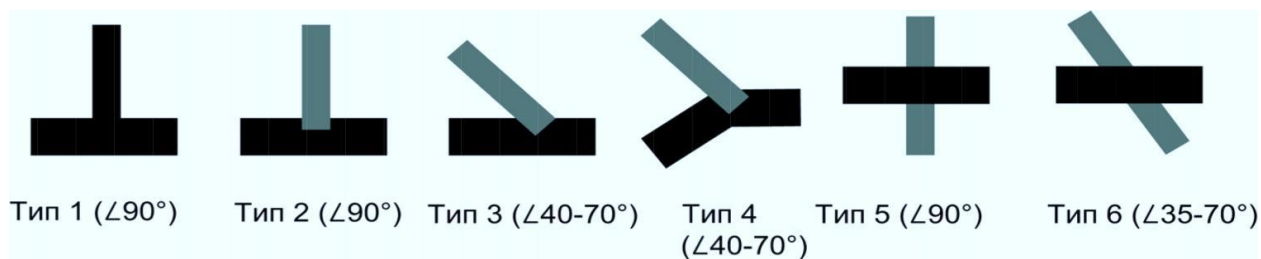


Рис. 3. Типи простих перетинів в центральній зоні м. Києва

Fig. 3. Types of simple intersections in the Central zone of Kyiv

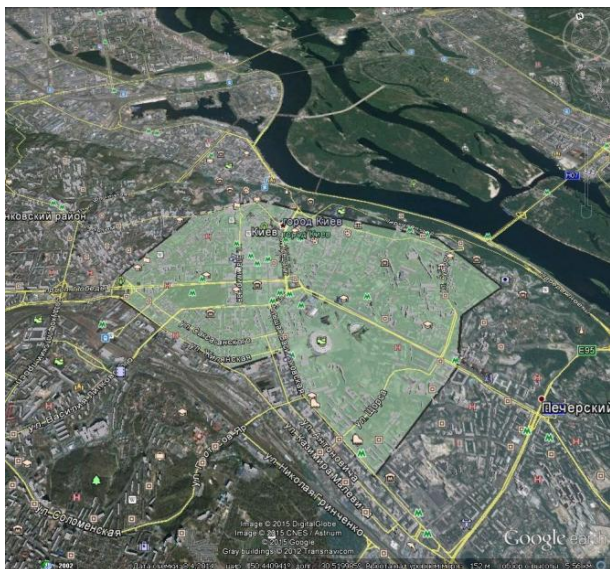


Рис. 4. Центральна зона м. Києва

Fig. 4. The Central zone the city of Kyiv

Проведено аналіз стану ВДМ центральної зони м. Києва (Рис. 4) за допомогою інтернет-сервісу Яндекс.Панорами, що дозволив виявити і систематизувати існуючі нерегульовані перетини за геометричною ознакою (Рис. 3 і 5). Загалом кількість простих перетинів в центральній зоні м. Києва складає 75 вузлів. Більшість із них представлені найпростішим типом – примикання другорядної вулиці до головної під кутом $87...90^\circ$ (Рис. 3, тип 2.). У період з 19 червня по 16 листопада 2015 р. були проведені натурні обстеження характерних типів перетинів (8 вузлів). В ході цих обстежень було зафіксовано величини інтенсивності транспорту та пішоходів, проведено заміри швидкостей руху транспорту і час

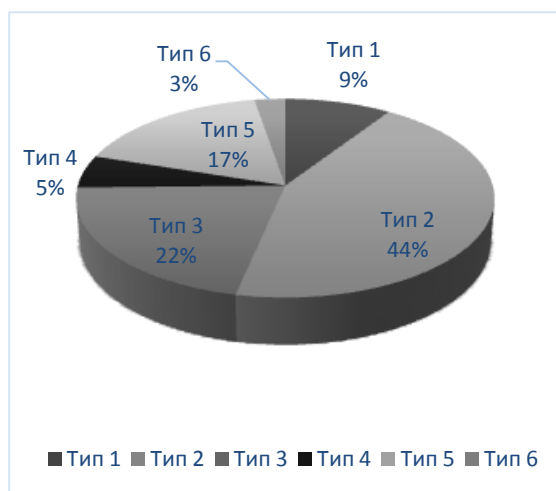


Рис. 5. Процентний склад типів простих перетинів в центральній зоні м. Києва

Fig. 5. The percentage composition of types of simple intersections in the Central area of Kyiv

На Рис. 6 показано типовий нерегульований перетин вул. Є. Коновальця – вул. Літньої у Печерському районі м. Києва.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПЕРЕТИНІВ

Автотранспорт дає близько 70% усіх токсичних викидів у атмосферу та 90% шумового забруднення в містах. Склад і зміст оцінки впливу шкідливих об'єктів на навколишнє середовище (ОВНС) в містобудівній проектній документації визначається в Україні ДБН А.2.2-1-2003 [14], а за кордоном комплексом нормативів під загальною назвою «Environmental Impact Assessment» (EIA).

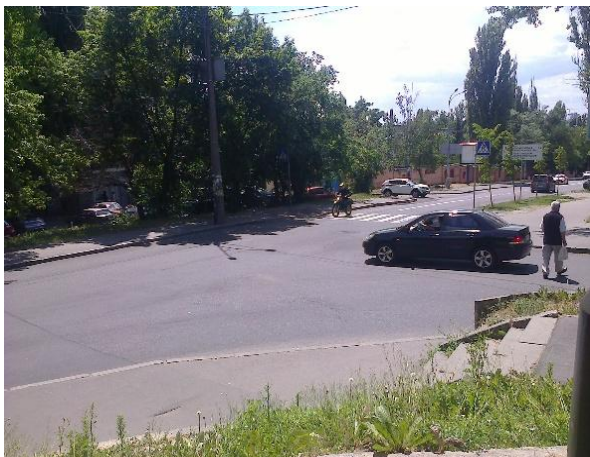


Рис. 6. Перетин вул. Є. Коновальця – вул. Літня у Печерському районі м. Києва (тип 2)

Fig. 6. The intersection E. Konovaltsya str. – Litnya str. in the Pechersk district of Kyiv (2 type)

Метою ОВНС є забезпечення гарантій суспільству з недопущення негативних екологічних наслідків реалізації запроєктованої господарської діяльності, нормалізація умов оточуючого природного, техногенного і соціального середовища [14]. Головна концепція ОВНС – реконструкція існуючих об'єктів і будівництво нових – є основним важелем нормалізації умов оточуючого природного, техногенного і соціального середовища. Концептуальне завдання ОВНС – поступова нормалізація екологічної ситуації на території України [19, 20].

При існуючому рівні технології автотранспортні засоби викидають в атмосферне повітря близько 200 шкідливих речовин. Перелік інгредієнтів негативного впливу автотранспорту (ранжируваний за ступенем негативного впливу в умовах м. Києва), який включається в матеріали ОВНС за українськими нормами [14 – 17], де C – концентрація речовини, мг/м^3 ; $L_{\text{д.екв}}$ – еквівалентний рівень шуму, дБА

Найбільш розробленим і відпрацьованим в Україні на даний момент є метод розрахунку основних параметрів забруднення повітряного басейну, що реалізує методику ОНД-86. Він умовно називається «метод

Б.В. Солухи», бо він, проаналізувавши безліч наукових і практичних робіт, наситив і збагатив цю методику даними, які дають можливість повніше враховувати дорожні умови, характеристики транспортних потоків, методи регулювання руху. Таким методом наразі провадяться розрахунки шкідливих викидів автотранспортом у провідних проектних організаціях України.

Для аналізу ефективності впливу дорожньо-транспортного об'єкта на стан повітряного басейну був розглянутий також програмний метод «АТП-Еколог» і виконані розрахунки основних параметрів забруднення обома методами для одного й того ж вузла.

При русі через перетин розрахунок викидів відрізняється від способів розрахунку викидів при проїзді через перегін. У роботах різних авторів визначена залежність швидкості руху $V(R)$ при гальмуванні від відстані $R_{\text{пер}}$ (м) до перепони [18, 19]. Дані натурних вимірів добре апроксимуються експоненціальними залежностями. Для регульованого перехрестя із зупинкою перед світлофором

$$V_{R.\text{пер.}} = V_{\text{сер.}} \cdot (1 - e^{-0,018R_{\text{пер}}})$$

Для нерегульованого перехрестя без обов'язкової зупинки, зупинки громадського транспорту або пішохідного переходу:

$$V_{R.\text{пер.}} = V_{\text{сер.}} \cdot (1 - 0,6e^{-0,02R_{\text{пер.}}})$$

Відповідно режими зупинки (гальмування) і розгону описуються експоненціальними залежностями з урахуванням інтервалів $T_{\text{зуп.}}$ і $T_{\text{роз.}}$ і досягнення 95,0 % рівня сталого режиму. При оцінках викидів слід враховувати, що під час гальмування на дорозі в нормальному стані більшість водіїв переключує коробку передач у нейтральне положення, і двигун досить швидко переходить в режим холостого ходу. Гальмування з підключеним двигуном здійснюється лише при мокрому і заледенілому покритті. Для розрахунку середніх добових викидів необхідно задавати імовірність дощів і

ожеледиці для режиму гальмування з підключеним двигуном, а в інших випадках ураховувати реакцію водія, що за П.В. Русевським становить 1,3...3,0 с.

Річна маса викидів i -ої забруднюючої речовини $M_{\text{рік},i}$ визначається окремо для кожного джерела викидів $D_{\text{мп}}$ на розрахунковій ділянці на ВДМ міста. Річні маси викидів усіх джерел $D_{\text{мп}}$ підсумовуються в межах розрахункової ділянки. Для окремого джерела викидів:

$$M_{\text{рік},i} = M_{\text{мп},i} \cdot 3600K_{\text{добі}} \cdot 365K_{\text{сез}} \cdot 10^{-6},$$

де $M_{\text{рік}}$ – річний викид i -тої речовини на даній ділянці, т/рік;

$M_{\text{мп},i}$ – максимальна разова маса викидів i -тої речовини з джерела $D_{\text{мп}}$, г/с;

$K_{\text{добі}} = (6,45 \dots 15,4)$ в містах України;

$K_{\text{сезон}}$ – коеф. сезонної нерівномірності руху.

ВИСНОВКИ

1. Для міста Києва наразі є актуальною проблема забезпечення пропускної здатності як ВДМ в цілому, так і її окремих вузлів – вулиць та їх перетинів. Прості перетини займають близько 40% від загальної кількості вузлів ВДМ у м. Києві, тому дослідження їх роботи та визначення критеріїв ефективного їх функціонування є важливою частиною комплексного завдання підвищення ефективності роботи всієї ВДМ.

2. Запропоновано один із методів оцінки ефективності перетинів – таксономічний метод (метод упорядкування), характерною рисою якого є відносна простота обчислень і легке переведення їх у автоматизований вигляд (напр., із застосуванням MS Excel). Недоліком цього методу є відсутність взаємозв'язку між ознаками, що характеризують напрямки руху на перетині.

3. Проведено натурні обстеження центральної зони м. Києва, в ході яких було зібрано вихідні дані для моделювання роботи перетину – інтенсивність руху транспорту та пішоходів, швидкість руху, шум прискорення, заміряні геометричні харак-

теристики перетинів. На основі цих даних були проведені моделювання роботи перетинів із використанням програмного забезпечення PTV VISSIM, і було зроблено висновки, що моделювання ситуації не зовсім відповідає реальній.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Страментов А.Е., Меркулов Е.А., 1965** Городские улицы и дороги. Москва, ИЛПС, 396.
2. **Осєтрін М.М., 1997.** Міські дорожньо-транспортні споруди. Навч. посібник для студентів ВНЗ. Київ, ІЗМН, 196.
3. **ДБН 360-92**** Планування і забудова міських та сільських поселень. Київ, 91.
4. **ДБН В.2.3-5-2001** Вулиці та дороги міських та сільських населених пунктів. Київ, 50.
5. **Генеральний план міста Києва на період до 2020 року (діючий).** Основні положення, 2001, 69.
6. **Чикалин Е.В., 2013.** Повышение эффективности организации дорожного движения в зонах нерегулируемых пешеходных переходов: автореф. дисс. на соискание учёной ст. канд. тех. наук. Иркутск, Иркутский государственный технический университет, 20.
7. **Булавина Л.В., 2009.** Расчёт пропускной способности магистралей и узлов: учебное электронное издание. Екатеринбург, ГОУ ВПО Уральский государственный технический университет, 44.
8. **Наумова Н.А., Данович Л.М., 2009.** Алгоритм определения эффективности организации движения на нерегулируемом пересечении. Журнал Успехи современного естествознания, Вип.8, 18.
9. **Михайлов А.Ю., 2004.** Научные основы проектирования улично-дорожных сетей: автореф. дисс. на соискание учёной ст. доктора тех. наук. Иркутск, Иркутский государственный технический университет, 38.
10. **Щербakov А.И., 2004.** Совокупная производительность труда и основы её государственного регулирования. Монография. Москва, Издательство РАГС, 250.
11. **Хеллвіг З., 1968.** Застосування таксономічних методів до типологічного поділу країн залежно від їх рівня розвитку та структури

- зайнятого населення, Статистичний огляд, Вип.4.
12. **Веслав Плюта, 1989.** Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях. Москва, Финансы и статистика, 223.
 13. **ДБН А.2.2.1-2003.** Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування. Київ, Держбуд України, 19.
 14. **ОНД-86 04-41259-4, 1987.** Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Ленинград, Гидрометеиздат, 92.
 15. **Пособие по разработке раздела проекта (рабочего проекта) Охрана окружающей природной среды к СНиП 1.02.01-85, 1989.** Москва, ЦНИИпроект Госстроя СССР, 187.
 16. **ДСП 173-96, 1996.** Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Київ, МОЗ України, 84.
 17. **Сосни Я., 1975.** Потеря времени на перекрестках с жесткой программой светофорной сигнализации. Москва Безопасность дорожного движения: сб. рефер., переводов. Вип.27. МВД СССР.
 18. **Косолапов Г.М., 1989.** Влияние скоростных режимов транспортных потоков в зоне перекрестка на городскую среду. Сб. научн. тр. Защита городской среды от воздействия автомобильного транспорта. Волгоград, Изд. ВолгПИ.
 19. **Ustinova I., 2015.** Theoretical principles of wave urbanistics. Underwater technologies, Vol.01, 33-42.
 20. **Осетрін М., Бондар О., 2016.** Містобудівний досвід реалізації кільцевого принципу організації руху транспорту на підходах до мостів. Підводні технології, Вип.03, 75-82.
 4. **ДБН В.2.3-5-2001.** Vulyci ta dorogy mis'kyh ta sil's'kyh naselenyh punktiv. Kyiv, 50 (in Ukrainian).
 5. **General'nyj plan mista Kyjeva na period do 2020 roku (dijuchyj).** Osnovni polozhennja, 2001, 69 (in Ukrainian).
 6. **Chikalin E.V., 2013.** Povyshenie jeffektivnosti organizacii dorozhnogo dvizhenija v zonah nereguliruemyh peshehodnyh perehodov: avtoref. diss. na soiskanie uchjonoj st. kand. teh. nauk. Irkutsk, Irkutsij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 20 (in Russian).
 7. **Bulavina L.V., 2009.** Raschjot propusknoj sposobnosti magistralej i uzlov: uchebnoe elektronnoe izdanie. Ekaterinburg, GOU VPO Ural'skij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 44 (in Russian).
 8. **Naumova N.A., Danovich L.M., 2009.** Algoritm opredelenija jeffektivnosti oranizacii dvizhenija na nereguliruemom pereseche-nii. Zhurnal Uspehi sovremennogo estestvoznanija, Vyp.8, 18 (in Russian).
 9. **Mihajlov A.Ju., 2004.** Nauchnye osnovy proektirovanija ulično-dorozhnyh setej: avtoref. diss. na soiskanie uchjonoj st. doktora teh. nauk. Irkutsk, Irkutsij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 38 (in Russian).
 10. **Shherbakov A.I., 2004.** Sovokupnaja proizvoditel'nost' truda i osnovy ejo gosudarstvennogo regulirovanija. Monografija. Moskva, Izdatel'stvo RAGS, 250 (in Russian).
 11. **Hellvig Z., 1968.** Zastosuvannja taksonomichnih metodiv do tipologičnogo podilu kraїн zalezno vid ih rivnja rozvitku ta strukturi zajnjatogo naselennja, Statistichnij ogljad, Vyp.4 (in Ukrainian).
 12. **Veslav Pljuta, 1989.** Sravnitel'nyj mnogomernyj analiz v jekonomičeskijh issledovanijah. Moskva, Finansy i statistika, 223 (in Russian).
 13. **ДБН А.2.2.1-2003.** Sklad i zmist materialiv ocinky vplyviv na navkolyshnje seredovyshhe (OVNS) pry proektuvanni i budivnyctvi pidpryjemstv, budynkiv i sporud. Osnovni polozhennja proektuvannja. Kyiv, Derzhbud Ukrai'ny, 19 (in Ukrainian).
 14. **ОНД-86 04-41259-4, 1987.** Metodika rascheta koncentracij v atmosfernom vozduhe vrednyh veshhestv, soderzhashhihsja v vybrosah predpriyatij. Leningrad, Gidrometeoizdat, 92 (in Russian).
 15. **Пособие по разработке раздела проекта (рабочего проекта) Охрана окрुажашhej prirodnoj sredy k SNiP 1.02.01-85, 1989.** Мо-

REFERENCES

1. **Stramentov A.E., Merkulov E.A., 1965.** Gorodskie ulicy i dorogi. Moskva, ILpS, 396 (in Russian).
2. **Osjetrin M.M., 1997.** Mis'ki dorozhn'o-transportni sporudy. Navch. posibnyk dlja studentiv VNZ. Kyiv, IZMN, 196 (in Ukraine).
3. **ДБН 360-92**.** Planuvannja i zabudova mis'kyh ta sil's'kyh poselen'. Kyiv, 91 (in Ukrainian).

- skva, CNIiproekt Gosstroja SSSR, 187 (in Russian).
16. **DSP 173-96, 1996.** Derzhavni sanitarni pravyla planuvannja ta zabudovy naselenyh punktiv. Kyi'v, MOZ Ukrai'ny, 84 (in Ukrainian).
 17. **Sosni Ja., 1975.** Poterja vremeni na perekrestkah s zhestkoj programmoj svetofornoj signalizacii. Moskva Bezopasnost' dorozh-nogo dvizhenija: sb. refer., perevodov, Vyp.27. MVD SSSR (in Russian).
 18. **Kosolapov G.M., 1989.** Vlijanie skorostnyh rezhimov transportnyh potokov v zone perekrestka na gorodskuju sredu. Sb. nauchn. tr. Zashhita gorodskoj sredy ot vozdejstvija avtomobil'nogo transporta. Volgograd, Izd. VolgPI (in Russian).
 19. **Ustinova I., 2015.** Theoretical principles of wave urbanistics. Underwater technologies, Vol.01, 33-42.
 20. **Osjetrin M., Bondar O., 2016.** Mistobudivnyj dosvid realizacii' kil'cevogo pryncypu organizacii' ruhu transportu na pidhodah do mostiv. Pidvodni tehnologii', Vyp.03, 75-82.

Environmental criteria in a model assessment of the effectiveness of simple intersections on the road network of Kyiv

Mykola Osyetrin Oleksiy Dvorko

Kyiv National University of Construction and Architecture

Povitroflotskyj prosp., 31, Kyiv, Ukraine, 03037, oleksiy91@ukr.net
orcid.org/0000-0002-6385-4463

Summary. The increasing requirements for operation of the road-street network (RSN) of the city creates the problem in the efficient operation of network elements – the streets (roads) and their intersections. Simple intersections in the General case call, where there is no regulation of transport traffic through means traffic light alarm. They constitute the near 40% of all road intersections in big cities such as Kiev. Therefore, the objective of the study the effective functioning of these nodes is relevant to the city. After analyzing the normative documents of Ukraine, it was found that the data presented there is insufficient to assess effectiveness of simple cross-sections. For this assessment proposed a taxonomic method that shows the overall efficiency coefficient for a given set of criteria. Were conducted full-scale examination of simple cross-sections of the Central area of Kiev (in November 2015), during which data were collected needed to assess their effectiveness. On the basis of this assessment will be recommendations on planning decisions of this type of cross-sections.

Key words: the road network, intersection of simple, performance evaluation, performance criteria, taxonomic method.