

ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ МЕГАПОЛІСУ

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Олійник Р.В., кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Самойленко Є.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF METROPOLIS

Bakulich O.O. Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Oliynik R.V. Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Samoylenko E.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МЕГАПОЛИСА

Бакуліч Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Олейник Р.В., кандидат физико-математических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Аналіз функціонування транспортних систем сучасного міста може бути реалізований із залученням алгоритму оцінки характеристики території міста, з точки зору її екологічної стійкості. Екологічні обмеження повинні бути домінуючими в розвитку урбанізованої території, формування її інфраструктури і визначати якість життя на цій території. Зростання інтенсивності руху транспортних потоків на окремих локальних територіях міста, особливо в центрі, призводить до прояву негативних ефектів різного характеру та механізму впливу на навколишнє середовище[1]. Спостерігається стійка тенденція невідповідності існуючих вулично-дорожніх мереж урбанізованих міст сучасному рівню функціонування транспортних потоків та відповідно потребам у транспортних послугах. Акумуляований дисбаланс в потребах і можливостях щодо експлуатації транспортних систем, визначає на сьогодні основні напрямки екологічної політики великих постіндустріальних міст[2,3].

Мегаполіс являє собою особливу форму міської організації, яка значно відрізняється від побудови та функціонування інших населених пунктів, це складна соціально-економічна система, що динамічно розвивається й активно взаємодіє з навколишнім середовищем. В сучасних мегаполісах спостерігається весь спектр екологічних проблем, зокрема пов'язаних з негативним впливом автомобільного транспорту на оточуюче середовище, що уявляє собою наземне інтенсивне джерело техногенного забруднення, неперервної дії[4].

Щоб оцінювати функціонування транспортної системи мегаполісу, перш за все необхідно визначити склад цієї системи. Як відомо, до складу транспортних систем міст, входять наступні підсистеми (складові частини)[5]:

- дорожньо-транспортний комплекс (ДТК);
- соціум, що експлуатує ДТК;
- навколишнє середовище.

В свою чергу, ДТК, як система, включає в себе наступні підсистеми:

- вулично-дорожня мережа (ВДМ);
- автотранспортні потоки.

Стійкість транспортної системи мегаполісу – це здатність транспортної системи задовольняти потреби соціуму, як в теперішній час так і в майбутньому. Екологічна стійкість

транспортної системи мегаполісу – це оптимізація ефектів взаємодії між її підсистемами, з метою мінімізації цільової функції – рівня техногенного забруднення.

Основна частина. Для оцінки техногенного впливу автотранспорту на екологічну стійкість мегаполісу, його ВДМ розглядається як множина однорідних ділянок по яким рухаються транспортні потоки, та яким притаманні характерні динамічні та статичні характеристики. Кожна однорідна ділянка ВДМ утворює специфічний вуличний каньйон, параметри якого корелюють з просторовими характеристиками та характеристиками проїзної частини однорідної ділянки. Об'єм простору, утворений каньйоном, являє собою елементарний фазовий об'єм, що заповнений продуктами техногенного забруднення до заданого рівня. Таким чином, фазовий стан визначає екологічну ситуацію даного каньйону в цілому. Аналогічний інтегральний показник, характеризує всю вулично-дорожню мережу, тобто визначає екологічний стан мегаполісу.

Рівень забруднення фазового простору вулично-дорожньої мережі, оцінюється k -мірним вектором забруднення $\left(\omega_{ij} = \frac{C_{ij}}{\Gamma ДК_j} \right)$, проєкції якого являють собою інгредієнти забруднення, що представлені у відносних одиницях, відповідно до діючих граничних концентрацій / норм забруднення відповідних хімічних сполук / фізичних впливів.

Нехай $\vec{V}(P)$ – векторне поле, вулично-дорожньої мережі, що визначає її фазовий простір над інтегральним скалярним полем забруднення P , а $\vec{v}_i \in \vec{V}$ – векторний підпростір, що відображає фазовий об'єм i -го каньйону. Якщо \vec{P} – k -мірний вектор забруднення деякого простору, що визначає його фазовий стан, то

$$\vec{P} = \omega_1 \vec{p}_1 + \omega_2 \vec{p}_2 + \dots + \omega_k \vec{p}_k \quad (1)$$

де, \vec{p}_j – орти, псевдовекторного поля забруднення, j -розмірність вектора забруднення, яка являє собою максимальне число лінійно незалежних елементів забруднення фазового простору, тобто виконується умова ортогональності; ω_j – вагові коефіцієнти забруднення, приведені до нормативних значень відповідного забруднюючого елемента, $[\omega_j]$ – відносна одиниця, $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k \in P$.

Тоді фазовий стан i -го каньйону визначається наступним чином:

$$\sum_{j=1}^k \omega_{ij} \vec{p}_j$$

де ω_{ij} – ваговий коефіцієнт j -го забруднення в i -му каньйоні.

Якщо фазовий стан каньйону відповідає забрудненню на рівні гранично допустимої концентрації j -го забруднювача ($\Gamma ДК_j$), то критична експозиція забруднення $\tau_{ij}^{ед}$ може бути визначена, через статичні та динамічні характеристики каньйону при номінальному навантаженні [6]:

$$\tau_{ij}^{kp} = \sqrt{\frac{\Gamma ДК_j \cdot v_i}{M_j^{ef} \cdot I_i^{ном} \cdot \sin \frac{\pi}{2}}} \quad (2)$$

де M_j^{ef} – потужність викиду j -ої шкідливої речовини ефективним транспортним засобом, г/с;

$I_i^{ном}$ – розрахункова (номінальна) інтенсивність транспортного потоку на однорідній ділянці ВДМ, що знаходиться в i -му каньйоні згідно [7], авт./с;

v_i – об'єм i -го каньйону, м³;

β_i – кут між напрямком вітру та напрямком ділянки дороги для відповідного каньйону, (максимальний вплив при $\frac{\pi}{2}$).

Аналогічно, для фактичної експозиції забруднення τ_{ij} , маємо:

$$\tau_{ij} = \sqrt{\frac{C_{ij} \cdot v_i}{M_j^{ef} \cdot I_i \cdot \sin \beta}} \quad (3)$$

де C_{ij} – рівноважна концентрація рівня забруднення j -ої шкідливої речовини в i -му каньйоні при експозиції забруднення τ .

Звідки, ваговий коефіцієнт j -го забруднення в i -му каньйоні:

$$\omega_{ij} = \left(\frac{\tau_{ij}}{\tau_{ij}^{кр}} \right)^2 \cdot \frac{I_i}{L_i^{ном}} \cdot \sin \beta_i \quad (4)$$

Об'єктом для дослідження екологічної стійкості була обрана ВДМ Печерського району м. Києва. Вся сукупність підпросторів ВДМ, представлена множиною елементарних фазових об'ємів відповідних каньйонів, а саме 377 структурними елементами [6].

Для ідентифікації просторової орієнтації джерел забруднення ВДМ, вводився параметр α , кут, що утворений напрямком північ-південь та напрямком відповідної однорідної ділянки. Оскільки на рівень забруднення придорожного простору впливає просторова орієнтація вулиці по відношенні до домінуючого напрямку вітру, то для цього визначався відповідний кутовий параметр $\beta = 90 + \alpha$ (рис.1).

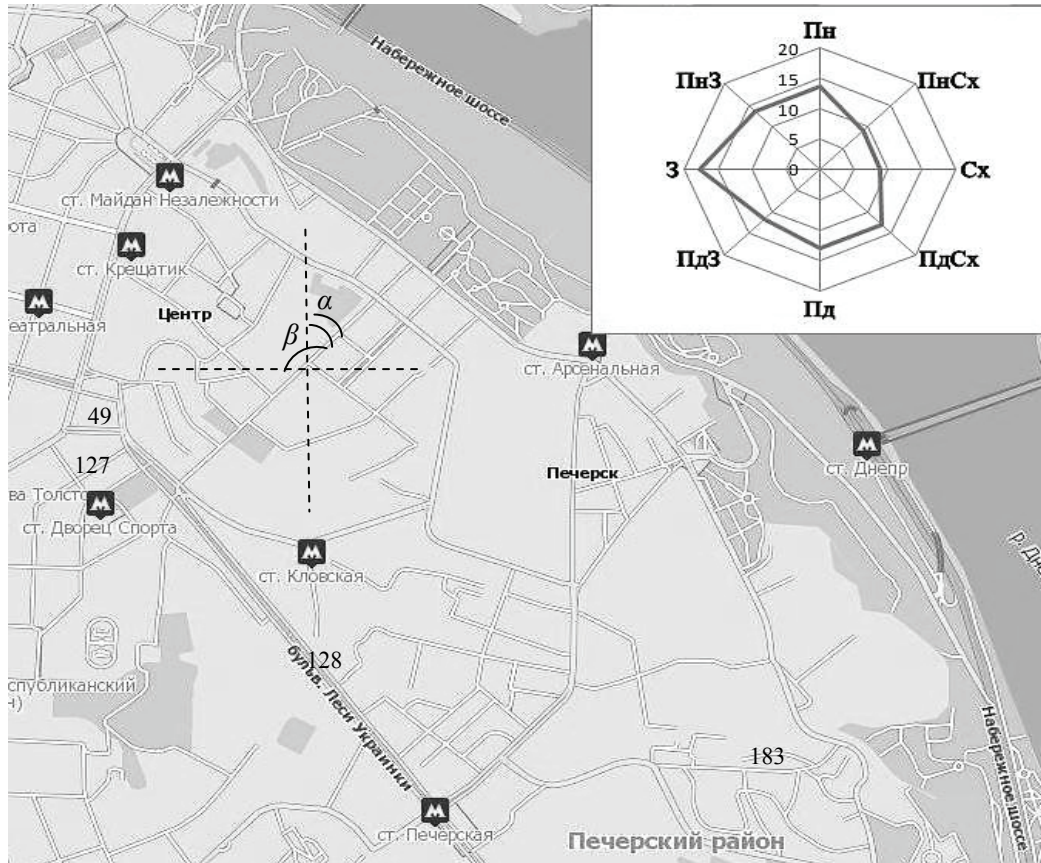


Рисунок 1 – Просторова орієнтація ВДМ в полі вітру

В якості інгредієнта забруднювання розглядався лише оксид вуглецю, разова гранично допустима концентрація якого в повітрі становить 0,005 г/м³[8]. Тобто проводилася оцінка забруднення каньйону, фазовий простір якого визначає одномірний псевдовектор \vec{P}_{CO} .

Абсолютні значення статичних та динамічних характеристик вуличних каньйонів ВДМ Печерського району м. Києва зведені в таблицю 1, що дозволило оцінити критичну експозицію забруднення.

Нумерація однорідних ділянок здійснювалася довільним чином. Після цього було здійснено ранжування цих ділянок за фазовим об'ємом (v_i). В табл. 1 наведені дані, які відповідають трьом ділянкам, що мають мінімальні та максимальні значення фазового об'єму. Слід відмітити, що величини фазового об'єму не мають повної кореляції зі значеннями критичної експозиції забруднення (коефіцієнт кореляції дорівнює 0,24).

Таблиця 1 – Статичні та динамічні характеристики однорідних ділянок ВДМ Печерського району м. Києва

№ ділянки	Назва однорідної ділянки	v_i , м ³	$I_i^{ном}$, авт./год	α , град	β , град	$\tau_{ij}^{кр}$, год
128	Лесі Українки	174,5	1200	120	30	0,13
127	Еспланадна	209	500	40	130	0,18
41	Скоропадського	229,4	800	170	80	0,14
...						
183	Панфілівців	87703,7	200	45	135	6,22
373	Дружби Народів	95214,5	1200	160	70	2,3
366	Звіринецька	143374	200	130	40	8,4

На основі критичних параметрів мережі, було побудовано функцію щільності розподілу ймовірностей критичних експозицій забруднення (GDK_{CO}) для однорідних ділянок ВДМ Печерського району м. Києва, яка на основі висунутої нульової гіпотези про логарифмічно нормальний розподіл, має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{1,52x} \cdot e^{-\frac{\ln \tau_{ij}^{кр} + 0,32}{0,74}} \quad (5)$$

Змодельоване поле вектора забруднення \vec{P}_{CO} придорожнього простору ВДМ Печерського району м. Києва, представлено 3D поверхнею (рис.2) в залежності від модельних значень експозиції забруднення в діапазоні від 0 до 4,5 годин та з кроком 0,5 годин при номінальній інтенсивності автотранспортного потоку на кожній ділянці.

Висновок. Запропоновано екологічну оцінку стійкості ВДМ мегаполісу, що дозволяє визначити рівні забруднення як для окремих ділянок, так і для всієї мережі в цілому. Отримані результати можуть бути використані при побудові прогнозу добового забруднення екосистем придорожнього простору.

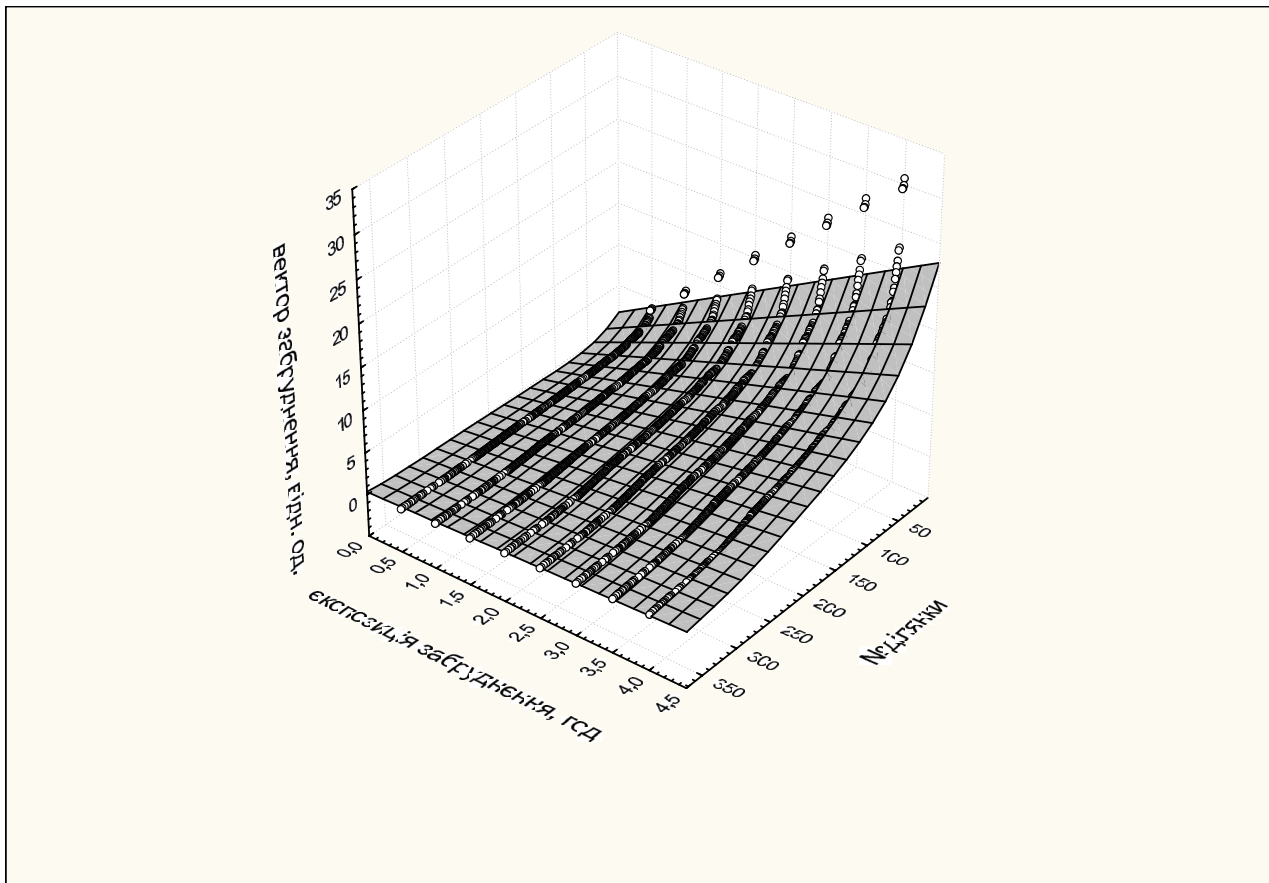


Рисунок 2 – 3D-поверхня поля вектора забруднення (СО) придорожного простору ВДМ Печерського району м. Києва

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология: М.: Высш. школа, 2003. – 273с.
2. Berkowicz R., Winther M., Ketzel M (2006) Traffic pollution modeling and emission data. Environ. Modell Softw 21:454-460
3. Ketzel M, Jensen S.S, Brandt J and all. Evaluation of the street pollution model OSPM. Civil Environmental Engineering 2012, S1.
4. Бакуліч О.О., Гребельник Ю.М. Моделювання розсіювання забруднень від транспортних потоків в умовах сучасних новобудов. Вісник. – К.:НТУ – 2013. Вип. 26
5. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учебное пособие – СПб., 2010. – 214с.
6. Данчук В.Д., Олійник Р.В., Самойленко Є.С., Тарабан С.М. Ранжування структурних елементів вулично-дорожньої мережі за допомогою індексного методу. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, НТУ. – 2012.- №86.- С.146-153.
7. ДБН В. 2.3-5-2001 “Вулиці та дороги населених пунктів”
8. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мерзживська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 292с.

REFERENCES

1. Lukanin V.N. Industrial and Transport Environment: M.: Higher School, 2003. – 273p. (Rus)
2. Berkowicz R., Winther M., Ketzel M (2006) Traffic pollution modeling and emission data. Environ. Modell Softw 21:454-460 (Eng)
3. Ketzel M, Jensen S.S, Brandt J and all. Evaluation of the street pollution model OSPM. Civil Environmental Engineering 2012, S1. (End)

4. Bakulich O.O., Grebelnyk U.M. Simulation of dispersion of pollution from traffic in modern buildings. Visnyk. – K.: NTU – 2013. Vol.26 (Ukr)
5. Gorev A.E. Fundamentals of the theory of transport systems: Tutorial – St. Petersburg, 2010. – 214p. (Rus)
6. Danchuk V.D., Oliynik R.V., Samoilenko E. S., Taraban S.M. Ranking the structural elements of the road network by means of the index method. Roads and road construction. NTU. – 2012. – № 86. – P.146-153. (Ukr)
7. SBR 2.3-5-2001 B. "Streets and roads settlements" (Ukr)
8. Gutarevich Yu.F., Zerkalov D.V., Govorun A.G., Korpach A.A., Merzhyskva L.P. Ecology and road transport: Manual. – K.: Aristey, 2006. – 292p. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Бакуліч О.О. Екологічна стійкість мегаполісу / О.О. Бакуліч, Р.В. Олійник, Є.С. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2013. – Вип. 28.

Мета роботи: оцінка екологічної стійкості вулично-дорожньої мережі мегаполісу.

Об'єкт дослідження: екологічний стан вулично-дорожньої мережі мегаполісу.

Екологічна стійкість транспортної системи мегаполісу може бути досягнута шляхом оптимізації взаємодії між її підсистемами, направленою на мінімізацію рівня техногенного забруднення. Запропонована методика оцінки екологічної стійкості вулично-дорожньої мережі мегаполісу, що дозволяє визначити критичні рівні забруднення, як для окремих ділянок, так і для всієї мережі в цілому. В рамках запропонованої методики показником екологічної стійкості системи є її фазовий стан, що оцінюється k-мірним вектором забруднення, проекції якого являють собою ваги інгредієнтного забруднення, приведеного відповідно до діючих граничних концентрацій (норм забруднення). Проведений аналіз екологічного стану вулично-дорожньої мережі Печерського району м. Києва, визначені критичні параметри системи, які дозволило відтворити поле вектора забруднення мережі. Запропонований підхід оцінки екологічного стану може бути використаний при складанні прогнозу добового забруднення екосистем придорожнього простору.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИЙ КОМПЛЕКС, ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЯ МЕРЕЖА, ВУЛИЧНИЙ КАНЬЙОН, ФАЗОВИЙ СТАН, ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ.

ABSTRACT

Bakulich O.O., Oliynik R.V., Samoilenko E.S. Environmental sustainability of metropolis. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28.

Purpose of the study: estimate the environmental sustainability of the road network of the metropolis.

Object of the study: environmental condition of the road network of the metropolis.

Environmental sustainability of the transport system of the metropolis can be achieved by optimizing the interaction between the subsystems in order to minimize the level of man-made pollution. The proposed methods assessment of environmental sustainability of the road network of the metropolis, which allows to determine the critical levels of pollution, both for individual section, and for the entire network as a whole. According to this method the indicator of the environmental sustainability of the system is its phase state, estimated of k-dimensional vector of pollution, where its projection are weights of pollution, reduced in compliance with the existing limit concentrations (pollution norms). The analysis of the ecological condition of the road network of the Pechersk district of Kyiv identified critical system parameters are allowed to reproduce field vector contamination networks. The proposed approach is assessing the ecological condition can be used for forecasting the daily pollution of ecosystems roadside space.

KEYWORDS: ROAD TRANSPORT SECTOR, ROAD NETWORK, STREET CANYONS, PHASE STATE, ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

РЕФЕРАТ

Бакуліч Е.А. Екологіческая устойчивость мегаполиса / Е.А. Бакуліч, Р.В. Олейник, Е.С. Самойленко // Весник Национального транспортного университета. – К.: НТУ, 2013. – Вып. 28.

Цель работы: оценка экологической устойчивости улично-дорожной сети мегаполиса.

Объект исследования: экологическое состояние улично-дорожной сети мегаполиса.

Экологическая устойчивость транспортной системы мегаполиса может быть достигнута путем оптимизации взаимодействия между ее подсистемами, направленной на минимизацию уровня техногенного загрязнения. Предложена методика оценки экологической устойчивости улично-дорожной сети мегаполиса, что позволяет определить критические уровни загрязнения, как для

отдельных участков, так и для всей сети в целом. В рамках предложенной методики показателем экологической устойчивости системы является ее фазовое состояние, которое оценивается k-мерным вектором загрязнения, проекции которого представляют собой веса ингредиентного загрязнения, приведенного в соответствие к действующим предельным концентрациям (норм загрязнения). Проведенный анализ экологического состояния улично-дорожной сети Печерского района г. Киева, определены критические параметры системы, которые позволяют воссоздать поле вектора загрязнения сети. Предложенный подход оценки экологического состояния может быть использован для построения прогноза суточного загрязнения экосистем придорожного пространства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС, УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ, УЛИЧНЫЙ КАНЬОН, ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ.

АВТОРИ:

Бакуліч О.О. кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: bakulich@rambler.ru, тел. +380937451421, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

Олійник Р.В. кандидат фіз.-мат. наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри електроніки та обчислювальної техніки, e-mail: rv_oliynyk@ukr.net, тел. +380955536561, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

Самойленко Є.С. Національний транспортний університет, аспірант кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

AUTHOR:

Bakulich O.O. Ph.D., professor, National Transport University, professor department of transport systems and road safety, e-mail: bakulich@rambler.ru, tel. +380937451421, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str. 1.

Oliynyk R.V. Ph.D., assistant professor, National Transport University, assistant professor department of electronics and computers, e-mail: rv_oliynyk@ukr.net, tel. +380955536561, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str. 1.

Samoylenko E.S., postgraduate, National Transport University, postgraduate department of transport systems and road safety, e-mail: sirius27@ukr.net, tel. +380988088008, Ukraine, 01010 Kyiv, Suvorova str. 1.

АВТОРЫ:

Бакулич Е.А. кандидат технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: bakulich@rambler.ru, тел. +380937451421, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Олейник Р.В. кандидат физ.-мат. наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры электроники и вычислительной техники, e-mail: rv_oliynyk@ukr.net, тел. +380955536561, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Самойленко Е.С. Национальный транспортный университет, аспирант кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Данчук В.Д., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри електроніки та обчислювальної техніки, Київ, Україна.

Сніжко С.І., доктор географічних наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри метеорології та кліматології, Київ, Україна.

REVIEWER:

Danchuk V.D, PhD, Professor, National Transport University, Head of Department of Electronics and Computer Science, Kyiv, Ukraine.

Snizhko S.I., PhD, Professor, Kyiv National Taras Shevchenko University, Head of Department of Meteorology and Climatology, Kyiv, Ukraine.