

## ФОРМУВАННЯ УМОВ РУХУ НА МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ДІЛЯНКАМИ ЗМЕНШЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ

*Поліщук В.П.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, polivol2013@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3145-7225

*Виговська І.А.*, Національний транспортний університет, Київ, Україна, i.vyhovska2609@gmail.com, orcid.org /0000-0003-1426-9863

## FORMATION OF TRAFFIC CONDITIONS ON THE MOTOR ROAD NETWORK WITH SECTIONS OF REDUCED CAPACITY

*Polishchuk V.P.*, Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, polivol2013@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3145-7225

*Vyhovska I.A.*, National Transport University, Kyiv, Ukraine, i.vyhovska2609@gmail.com, orcid.org /0000-0003-1426-9863

*Постановка проблеми.* Рівень автомобілізації України з кожним роком зростає, мережа зазнає руйнувань в наслідок повномасштабного вторгнення РФ, несвоєчасних ремонтів та стихійних лих і призводить до збільшення об'ємів транспортних потоків на мережі автомобільних доріг через зниження пропускної здатності окремих ділянок мережі. З метою підтримання існуючих умов руху на мережі необхідно вирішувати питання проведення такого розподілу транспортних потоків на мережі, який би забезпечував економічні потреби суспільства.

*Аналіз останніх публікацій.* Дослідженням умов руху та пропускної здатності на мережі автомобільних доріг займалися вчені: Поліщук В.П., Дзюба О.П., Нагребельна Л.П., Лановий О.Т., Вознюк А.Б.

У роботі [1] увага авторів приділяється підвищенню рівня безпеки руху за рахунок відсутності ділянок, на яких може виникнути різка зміна умов руху транспортного потоку. В [2] розглянуто понятійний апарат теорії транспортного потоку через основні характеристики та аналітичні моделі транспортного потоку. Метою роботи [3] є аналіз та дослідження впливу інтелектуальних систем на управління транспортними потоками в залежності від умов їх формування. В роботі [4] увага авторів приділяється виникненню і природі формуванні заторів з різних причин, що призводить до збільшення часу руху транспортних засобів, зниження безпеки та ефективності руху. У [5] приведено визначення поняття пропускної здатності автомобільної дороги як просторова-часова імовірнісна характеристика. В [6] удосконалено технічні засоби організації дорожнього руху для управління транспортними потоками на проїзній частині. Стаття [7] присвячена аналізу режимів руху транспортних засобів на мережі автомобільних доріг загального значення на підставі даних Системи WIM.

*Мета:* Розробка критерію безпечних та безперешкодних умов руху.

*Основна частина.* Для обґрунтування критерію безпечних та безперешкодних умов руху необхідно враховувати процес формування руху транспортних потоків мережею автомобільних доріг загального користування під впливом різного роду перешкод. При обґрунтуванні критерію безпечних та безперешкодних умов руху необхідно виходити, що кінцевою метою досліджень і запропонованих заходів має бути забезпечена ефективність перевезень мережею на певному рівні.

Найбільш ефективними способами досягнення мінімуму витрат для забезпечення певного обсягу перевезень є зменшення тривалості пробігу і вжиття заходів щодо поліпшення транспортно-експлуатаційних показників мережі автомобільних доріг загального користування.

Перешкоди, що виникають на мережі автомобільних доріг загального користування, навпаки, призводять до збільшення пробігу через об'їзд закритих або перекритих ділянок мережі, а також зменшення транспортно-експлуатаційних показників. Виникнення тієї чи іншої перешкоди можна

вважати «неминучим» явищем – будь то надзвичайні ситуації або заплановані дорожні роботи, що «так чи інакше» потрібно проводити.

Критерії, за якими буде здійснюватися оцінка транспортно-експлуатаційних показників в результаті загального впливу перешкод руху. Практично перешкоди впливають на всі транспортні та експлуатаційні показники: час руху, швидкість руху, збільшення шляху руху в результаті через об'їзд, збільшення транспортних витрат. Тому для оцінки впливу перешкод руху мережею автомобільних доріг загального користування необхідно використовувати критерії, що є вирішальними по відношенню до інших.:

– величина інтенсивності руху на будь-якій з ділянок маршруту, де відбувається об'їзд «перешкоди», не повинна перевищувати величину пропускнуої здатності ділянки:

$$0 \leq N_z \leq N_{max,z} \quad (1)$$

де  $N_{max,z} = P_z$

$N_z$  – інтенсивність руху на  $z$ -му перегоні;

$P_z$  – пропускнуої здатність на  $z$ -му перегоні.

При цьому:

$$0 \leq N_{ij} \leq N_{max\ ij}, \quad (2)$$

Де  $N_{ij}$  – пропускну здатність  $i$ -го перехрестя

$N_{max\ ij}$  – величина пропускнуої здатності  $i$ -го перехрестя в  $j$ -му напрямку;

– збільшення загального часу, витраченого на проїзд мережі автомобільних доріг загального користування за рахунок збільшення пробігу при об'їзді перешкод, що сталися, або за рахунок зменшення пропускнуої здатності ділянок мережі автомобільних доріг, де виникла перешкода, у зв'язку зі збільшенням інтенсивності руху на об'їзних маршрутах. Мінімальним сумарним часом проїзду мережі є критерій оптимального розподілу транспортних потоків при об'їзді місць перешкод руху.

Допустима межа для збільшення загального часу руху транспортних потоків в результаті перешкод у русі  $i$ , як наслідок, перерозподілу транспортних потоків, необхідно оцінити сукупність характеристики системи «Дорожні умови – транспортні потоки» і вплив «критичних ділянок», що знижують ефективність функціонування мережі. Тому, необхідно мати інформацію про обсяги і величини швидкості руху перегонами, величини витрат часу, щільність потоку та інтенсивності руху.

Таку інформацію необхідно отримати в період найбільшої інтенсивності руху протягом дня. У цьому випадку вплив кожного критичного розділу можна кількісно оцінити величиною часу затримки, що виникає внаслідок збільшення інтенсивності руху, щільності потоку.

Для аналізу умов дорожнього руху необхідно розділити мережу на окремі ділянки за певними ознаками однорідності. Така однорідність визначається або величиною інтенсивності руху, або геометричними елементами дороги.

Таким чином, на кожній ділянці розрізняють «вхід» і «вихід» та визначають місця істотної зміни умов руху. Для зручності обробки та аналізу отриманих матеріалів шифруються всі мережеві магістралі, кодуються окремі секції. Дані про щільність потоку, швидкість руху, час у дорозі, а також інтенсивність руху повинні бути об'єднані таким чином, щоб одержати кількісну оцінку затримок, що відбуваються на «критичних ділянках».

Загальні втрати в будь-якій області  $i$  за  $j$ -го період часу визначаються за формулою:

$$B_{ij} = \frac{N_{ij} \cdot L_i}{V_{ij}}, \quad (3)$$

де  $N_{ij}$  – інтенсивність руху на ділянці  $i$  в період часу  $j$ ;

$L_i$  – довжина  $i$ -ої ділянки, км;

$\bar{V}_{ij}$  – середня швидкість руху по всіх смугах ділянки за час  $j$ , км/год.

Загальні втрати на мережі автомобільних доріг загального користування за певний період часу:

$$B = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^m \frac{N_{ij} \cdot L_i}{\bar{V}_{ij}}, \quad (4)$$

де  $n$  – кількість періодів часу;

$m$  – кількість ділянок на мережі автомобільних доріг.

Кількість автомобілів на мережі автомобільних доріг за період  $t$ :

$$N(t)_i = L_i k_i \bar{\lambda}(t)_i, \quad (5)$$

де  $k_i$  – кількість смуг руху на ділянці  $i$

$\bar{\lambda}(t)_i$  – середня щільність на ділянці  $i$  за період часу  $t$ .

Загальна кількість автомобілів на мережі автомобільних доріг в період що розглядається:

$$N(t) = \sum_{i=1}^n L_i k_i \bar{\lambda}(t)_i, \quad (6)$$

Загальні втрати часу на даній мережі автомобільних доріг за час між  $t_0$  і  $t_n$ :

$$B = \int_{t_0}^{t_n} N(t) dt. \quad (7)$$

За результатами попередніх досліджень втрати часу та швидкість руху є нормальною, оскільки вони пов'язані з проходженням мережею автомобільних доріг від початку до кінця і можуть бути різними в залежності від часу доби. Затримки – збільшення втрат часу на проїзд мережею автомобільних доріг вище нормальних втрат. Така ситуація виникає, коли умови руху не дозволяють зберегти величину втрату часу на одному рівні, для визначення критичного значення швидкості руху, нижче якого умови руху слід вважати «нетиповими».

Затримка одного автомобіля на ділянці  $i$ :

$$t_{\text{затр},i} = \frac{L_i}{V_i} - \frac{L_i}{V_{kp}} = L_i \left( \frac{1}{V_i} - \frac{1}{V_{kp}} \right), \quad (8)$$

де  $V_i$  – швидкість руху автомобіля в нормальних умовах, км/год;

$V_{kp}$  – критична швидкість, нижче якої відбуваються затримки руху, км/год.

Загальна затримка всіх автомобілів на ділянці  $i$  протягом часу  $j$ :

$$t_{\text{затр},ij} = \begin{cases} L_i N_{ij} \left( \frac{1}{\bar{V}_{ij}} - \frac{1}{V_{kp}} \right) & \text{при } \bar{V}_{ij} < V_{kp} \\ 0 & \text{при } \bar{V}_{ij} > V_{kp} \end{cases}; \quad (9)$$

Враховуючи, що

$$N_{ij} = \overline{V}_{ij} k_i \overline{\lambda}(t_j)_i,$$

можна визначити затримки на мережі автомобільних доріг:

$$t_{\text{затр}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \left( L_i k_i \overline{\lambda}(t_j)_i - \frac{\overline{V}_{ij} \overline{\lambda}(t_j)_i}{V_{\text{кр}}} \right), \quad (10)$$

де  $\overline{\lambda}(t_j)_i$  – середня щільність потоку для смуги руху на дорожній мережі за час  $t$  ( $t$ -кінець часового інтервалу  $j$ ).

Для вирішення виразу (2.10), де  $\overline{\lambda}(t_j)_i$ ,  $V_{ij}$  а також  $V_{\text{кр}}$ , тобто існує критична щільність потоку  $\lambda_{\text{кр}}$ , що відповідає критичній швидкості руху «критичної ділянки»:

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{\overline{V}_{ij} \overline{\lambda}(t_j)_i}{V_{\text{кр}}}. \quad (11)$$

Затримки на мережі автомобільних доріг  $i$  для часу  $j$  можна визначити за формулою:

$$t_{\text{затр},ij} = \begin{cases} L_i (\overline{\lambda}(t_j)_i - \lambda_{\text{кр}}) & \text{при } \overline{\lambda}(t_j)_i > \lambda_{\text{кр}}; \\ 0 & \text{при } \overline{\lambda}(t_j)_i < \lambda_{\text{кр}}. \end{cases} \quad (12)$$

що дає можливість визначити вплив «критичних ділянок» на іншій мережі автомобільних доріг, в той час як загальні затримки на «критичних ділянках»:

$$t_{\text{затр}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m t_{\text{затр},ij}, \quad (13)$$

де  $m$  – кількість об'єктів, де виникла критична ситуація;

$n$  – кількість часових періодів, протягом яких існує критична ситуація.

Процес утворення «критичної ділянки» відбувається у вигляді накопичення автомобілів у зв'язку зі збільшенням інтенсивності руху за період  $t$ :

$$S(t_j) = \begin{cases} \sum_{i=1}^m (L_i k_i (\overline{\lambda}(t_j)_i - \lambda_{\text{кр}})) & \text{при } \overline{\lambda}(t_j)_i > \lambda_{\text{кр}}; \\ 0 & \text{при } \overline{\lambda}(t_j)_i \leq \lambda_{\text{кр}}. \end{cases} \quad (14)$$

Рівняння (14) може бути модифіковане з урахуванням накопичення, через надходження автомобілів на дану ділянку:

$$S(t_j) = \begin{cases} \sum_{i=1}^m (L_i k_i (\overline{\lambda}(t_j)_i - \lambda_{\text{кр}})) + S_{n\ ij} & \text{при } \overline{\lambda}(t_j)_i > \lambda_{\text{кр}}; \\ 0 & \text{при } \overline{\lambda}(t_j)_i \leq \lambda_{\text{кр}}. \end{cases} \quad (15)$$

За наявності з'їзду в зоні ділянки (а саме на початку) частина скупчення автомобілів може використовувати його для вибору іншого маршруту руху, за умови:

$$d_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{(i-1)j}} < 1,$$

де  $N_{(i-1)j}$  – інтенсивність руху на попередній ділянці автомобільних доріг.

Тоді скупчення автомобілів на «критичній ділянці»:

$$S(t_j) = \begin{cases} \sum_{i=1}^m (d_{ij}(L_i k_i (\bar{\lambda}(t_j)_i - \lambda_{кр})) + S_{п ij}) & \text{при } \bar{\lambda}(t_j)_i > \lambda_{кр}; \\ 0 & \text{при } \bar{\lambda}(t_j)_i \leq \lambda_{кр}. \end{cases} \quad (16)$$

Критеріальна функція може бути описана:

$$T_p \leq Z \cdot T, \quad (17)$$

де  $T$  – сумарний час проїзду транспортних засобів мережею автомобільних доріг без впливу перешкод;

$T_p$  – сумарний час проїзду транспортних засобів мережею автомобільних доріг під впливом перешкод.

$Z$  – коефіцієнт допустимого збільшення сумарного часу проїзду, розрахований для конкретної мережі.

При цьому

$$T = \sum_{i=1}^{N_a} t(a, i), \quad (18)$$

де  $t(a, i)$  – час проїзду  $i$ -им транспортним засобом дорожньою мережею;

$N_a$  – загальна кількість транспортних засобів на мережі автомобільних доріг;

В результаті руху на перегонах та перехрестях мережею автомобільних доріг формуються транспортні потоки певної інтенсивності. Сумарний час руху транспорту мережею автомобільних доріг можна представити в наступному вигляді:

$$T = \sum_{z=1}^{m_n} N_z t_z(N_z) + \sum_{i=1}^{m_y} \sum_{j=1}^{n_i} t_{i,j}(N_{i,j}), \quad (19)$$

де  $N_z$  – інтенсивність руху по  $z$ -му перегону;

$t_z(N_z)$  – час проїзду  $z$ -го перегону;

$m_n$  – кількість перегонів на мережі ;

$N_{i,j}$  – інтенсивність руху в  $j$ -му напрямку руху  $i$ -го перехрестя;

$t_{i,j}(N_{i,j})$  – час проїзду  $i$ -го перехрестя в  $j$ -ому напрямку руху;

$n_i$  – загальна кількість напрямків руху на  $i$ -му перехресті мережі;

$m_y$  – загальна кількість перехресть на мережі.

Оскільки ефективне функціонування мережі автомобільних доріг може здійснюватися за умови, що інтенсивність руху на перегонах та перехрестях не повинна перевищувати їх пропускну здатність, тому умови (1) та (2) є обмеженнями на критеріальну функцію (19).

Загалом, порядок вирішення задачі оптимізації планування виконання робіт на мережі автомобільних доріг загального користування за допомогою критеріальної функції буде наступний:

- задається певна мережа автомобільних доріг;
- обчислюється мінімальний сумарний час руху транспортних потоків мережею автомобільних доріг;
- моделюються оптимальне розподілення транспортних потоків за напрямками руху;
- вводиться перешкода руху на даний перегін;
- моделюється оптимальний розподіл транспортних потоків за напрямками руху з урахуванням впливу даної перешкоди;
- на перехрестях та перегонах маршрутів об'їзду аналізується пропускна здатність.

#### **Висновок:**

Задача оптимізації, полягає в розподілі запланованих перешкод в часі і в просторі таким чином, щоб уникнути різкого падіння транспортно-експлуатаційних показників через комбінованого впливу перешкод на будь-якій ділянці мережі автомобільних доріг загального користування.

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Поліщук В. П. До питання управління безпекою руху на автомобільних дорогах загального користування / В. П. Поліщук, Т. В. Бондар // Вісник Національного транспортного університету. – 2007. № 15. – С. 109–113.
2. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху : навч. посіб. / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання, 2008. – 170с.
3. Нагребельна Л.П. Інноваційні методи організації дорожнього руху при управлінні транспортними потоками. / Нагребельна Л.П., Корчевська А.А., Виговська І.А., Шелест В.В. // Тези доповіді: Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні транспортні системи: екологія, безпека, якість, комфорт». (м. Київ, 29 – 30 листопада 2022 року). – Київ – Національний транспортний університет, 2022 С.185-190. URL: ITS ESQC – Матеріали конференції (google.com)
4. Han, L., Zhang, L., Guo, W. Optimal Differential Variable Speed Limit Control in a Connected and Autonomous Vehicle Environment for Freeway Off-Ramp Bottlenecks [Retrieved from]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/JTEPBS.TEENG-7456>
5. Гаврилов Е.В. Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Линник, В.П. Поліщук // Системологія на транспорті: Підручник; за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005-Кн.1: / -452 с.
6. Нагребельна Л.П. Удосконалення управління дорожнім рухом на магістральній вулично-дорожній мережі: дис. доктора філософії: 275/ Нагребельна Людмила Павлівна. – Київ, НТУ, – 2021. 192с.
7. Вознюк А.Б. Дослідження даних системи зважування в русі з метою актуалізації коефіцієнтів зміни інтенсивності руху/ Вознюк А.Б., Райковський В.Ф., Каськів В.І., Загорняк О.В. // Дороги і мости. Київ, 2022. Вип. 26. С. 228–238. – Режим доступу: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2022.26.228>

### **REFERENCES**

1. Polishchuk, V.P., & Bondar T.V. (2007). Do pytannia upravlinnia bezpekoiu rukhu na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannia [The issue of traffic safety management on highways is overused] Visnik Natsionalnoho transportnoho universitetu – Bulletin of the National Transport University, 15, pp113-121. [in Ukrainian].
2. Polishchuk, V.P., & Dzyuba, O.P.(2008). *Teoriya transportnogo potoku: metodi ta modeli organizacii dorozhn'ogo ruhu* [Theory of traffic flow: methods and models of traffic management]. Kiev: Znannia. [in Ukrainian].
3. Nagrebelska, L.P., Korchevska, A.A., Vygovska, I.A., & Shelest, V.V. (2022). Innovatsiini metody orhanizatsii dorozhnogo rukhu pry upravlinni transportny my potokamy. [Innovative methods of traffic organization in the management of traffic flows.] Proceedings from *Mizhnarodna naukova konferentsiia «Intelektualni transportni systemy: ekolohiia, bezpeka, yakist, komfort»*. – International

scientific conference «*Intelligent transport systems: ecology, safety, quality, comfort*». (pp. 185-190). Kiev:NTU. [in Ukrainian].

4. Han, L., Zhang, L., & Guo, W.(2023). Optimal Differential Variable Speed Limit Control in a Connected and Autonomous Vehicle Environment for Freeway Off-Ramp Bottlenecks. Retrieved from <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/JTEPBS.TEENG-7456> [in China].

5. Gavrilov, E.V., Dmytrychenko, M.F., Fate, V.K., Lanovy, O.T., Linnyk, I.E, & Polishchuk, V.P. (2005) Orhanizatsiia dorozhnoho rukhu [Organization of traffic]. *Systemolohiia na transporti – Systemology in transport* (Vol. 5) Kiev: Znannia. [in Ukrainian].

6. Nagrebelska, L.P. (2021). Udoshkonalennia upravlinnia dorozhnim rukhom na mahistralnii vulychno-dorozhnii merezhi [Improvement of traffic management on the trunk road network].*Doctor Phd*. Kiev:NTU. [in Ukrainian].

7. Vozniuk, A., Raikovskiy, V., Kaskiv, V., & Zahornya, O. (2022). Study of weigh in motion data for traffic volume coefficients updating. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Iss. 26. pp. 228–238 [in Ukrainian].

## РЕФЕРАТ

Поліщук В.П. Формування умов руху на мережі автомобільних доріг з ділянками зменшення величини пропускної здатності / В.П. Поліщук, І.А. Виговська // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2023. – Вип. 1 (55).

Стаття присвячена актуальному напрямку досліджень щодо формування умов руху на мережі автомобільних доріг з ділянками зменшення пропускної здатності, що зазнає руйнувань в наслідок повномасштабного вторгнення РФ, несвоєчасних ремонтів та стихійних лих.

Внаслідок військових дій формується в часі схема організації дорожнього руху яка послідовно змінюється в разі виконання дорожньо-будівельних робіт і зміни мережі автомобільних доріг загального користування як по протяжності так і по якісних показниках дорожнього одягу, штучних споруд, схеми руху і організації дорожнього руху.

Рівень автомобілізації України з кожним роком зростає і призводить до збільшення об'ємів транспортних потоків на мережі автомобільних доріг через зниження пропускної здатності окремих ділянок мережі. З метою підтримання існуючих умов руху на мережі необхідно вирішувати питання проведення такого розподілу транспортних потоків на мережі, який би забезпечував економічні потреби суспільства.

Об'єкт дослідження – рух транспортних потоків.

Мета роботи – розробка критерію безпечних та безперешкодних умов руху.

Основний обсяг перевезень вантажів та пасажирів припадає на автомобільний транспорт, що сильно впливає на завантаження мережі.

У статті запропоновано порядок вирішення задачі оптимізації планування виконання робіт на мережі автомобільних доріг загального користування за допомогою критеріальної функції.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ПРОПАСКНА ЗДАТНІСТЬ.

## ABSTRACT

Polishchuk V.P, Vyhovska I.A. Formation of traffic conditions on the motor road network with sections of reduced capacity. Visnyk National Transport University. Series «Technical Sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2023. – Issue 1 (55).

The article is devoted to the current direction of research on the formation of traffic conditions on the highway network with areas of reduced capacity, which is subject to destruction as a result of the full-scale invasion of the Russian Federation, untimely repairs and natural disasters.

As a result of military operations, a road traffic organization scheme is formed over time, which is constantly changing in the event of road construction works and changes in the network of public roads, both in terms of length and quality indicators of road clothing, artificial structures, traffic patterns and traffic organization.

The level of motorization in Ukraine is increasing every year and leads to an increase in the volume of traffic flows on the highway network due to a decrease in the carrying capacity of certain sections of the network. In order to maintain the existing traffic conditions on the network, it is necessary to resolve the issue of carrying out such a distribution of traffic flows on the network that would ensure the economic needs of society.

The object of research is the movement of traffic flows.

The purpose of the work is to develop a criterion for safe and unhindered traffic conditions.

The main volume of cargo and passenger transportation is accounted for by road transport, which strongly affects network loading.

The article proposes a procedure for solving the task of optimizing the planning of works on the network of public highways using a criterion function.

**KEY WORDS:** MOTOR ROAD, TRAFFIC FLOW, TRAFFIC INTENSITY, PASSING CAPACITY.

**АВТОР:**

Поліщук Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем і безпеки дорожнього руху, e-mail: tsbdr@ukr.net. Тел 0442804885, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к. 432а, orcid.org/0000-0003-3145-7225.

Виговська Інна Анатоліївна, Національний транспортний університет, завідувач лабораторії кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: i.vyhovska2609@gmail.com, тел. +380442804885, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.435. orcid.org/0000-0003-1426-9863.

**AUTHOR:**

Polishchuk Volodymyr, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, the Head of the Department of Transport System and Traffic Safety, e-mail: tsbdr@ukr.net. Tel 0442804885, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovicha-Pavlenko str. 1, of. 432a, orcid.org/0000-0003-3145-7225.

Vyhovska Inna., National Transport University head of laboratory Transport Systems and Traffic Safety, e-mail: i.vyhovska2609@gmail.com, tel. +380442804885, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovicha-Pavlenko str. 1, of. 435 orcid.org /0000-0003-1426-9863.

**РЕЦЕЗЕНТИ:**

Форнальчик Євген Юліанович, доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри транспортних технологій. Львів, Україна.

Прокудін Георгій Семенович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю. Київ, Україна.

**REVIEWERS:**

Fornalchuk Yevhen Yulianovych, Doctor of Engineering, Professor, Lviv Polytechnic National University, head of Department Head «Transport Technologies» Lviv, Ukraine.

Prokudin Geogriy Semenovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University head of Department Head «International Transportation and Customs Control» Kyiv, Ukraine.