

Литвин В.В.<sup>1</sup>, Мельнікова Ю.І.<sup>1</sup>, Лазуткін М.І.<sup>2</sup>  
*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна<sup>1</sup>,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна<sup>2</sup>*

## КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМІНИ СХЕМИ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛ. КАЛИНОВА – ПР. П. КАЛНИШЕВСЬКОГО (М. ДНІПРО)

У роботі розглянуті сучасні проблеми організації та безпеки дорожнього руху у значних містах України. Проаналізовані дослідження, свідчать, що застосування кругового руху на перехрестях сприяє зниженню аварійності та підвищенню пропускної здатності вулично-дорожньої мережі.

В якості об'єкту дослідження було обране нерегульоване Т-подібного перехрестя вул. Калинова – пр. Петра Калнишевського, м. Дніпро. Метою дослідження є кількісна оцінка ефективності його заміни на кільцевий перетин з круговим рухом.

Для досягнення мети дослідження були розроблені дві імітаційні моделі (нерегульованого Т-подібного перехрестя та кільцевого перехрестя з круговим рухом) у середовищі AnyLogic. У якості вихідних даних були використані результати натурних спостережень інтенсивностей транспортних, які були виконані для ранкової години «пік» з 8<sup>00</sup> до 9<sup>00</sup>.

Результати моделювання, свідчать, що зміна схеми руху на об'єкті дослідження дозволила: зменшити кількість зупинок автомобіля при проїзді перехрестя з 0,31 до 0,09, середній час проїзду перехрестя з 18 с до 14 с, збільшити середню швидкість руху транспортних засобів з 43 до 49 км/год. Значення запропонованого авторами узагальненого комплексного критерію ефективності організації дорожнього руху для Т-подібного нерегульованого перехрестя складає 0,67, а для кільцевого – 0,98. Таким чином, загальна ефективність від зміни схеми руху на об'єкті дослідження становила 47,7 %.

**Ключові слова:** перехрестя з круговим рухом, ефективність, організація дорожнього руху, імітаційне моделювання, транспортно-експлуатаційні показники, AnyLogic.

### ВСТУП

Перехрестя, як елемент вулично-транспортної мережі (ВТМ), відіграє важливу роль у забезпеченні ефективності та безпеки дорожнього руху. Вони об'єднують автомобільні, пішохідні, велосипедні та інші потоки, забезпечуючи їх взаємодію та безпечне пересування. На жаль, сьогодні перехрестя переважно є слабкою ланкою транспортної мережі міст. В умовах постійного зростання кількості учасників дорожнього руху і недостатньої пропускної здатності ВТМ збільшується ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП), що в свою чергу призводить до значних людських та матеріальних втрат.

Одним з ефективних заходів підвищення ефективності організації дорожнього руху (ОДР) є застосування кільцевих перетинів з круговим рухом, які сприяють заспокоєнню руху транспортних засобів та зменшенню аварійності.

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Перехрестя вважається одним з найнебезпечніших ділянок дороги, що об'єднує автомобільні, пішохідні, велосипедні та інші потоки. Їх взаємодія та безперешкодне пересування вимагає дотримання учасниками дорожнього руху високої концентрації і дотримання спеціальних правил роз'їзду.

За відомостями патрульної поліції України в Україні у 2023 році відбулось 23 642 ДТП. Однією з вагових причин їх виникнення є порушення правил проїзду перехрестя (рис. 1) [1]. З цієї причини відбулось 2 014 ДТП, при цьому загинуло 73 особи, а травмувалися 2 879 осіб.

Таким чином, дорожня інфраструктура та організація дорожнього руху в Україні потребує комплексного удосконалення. Особливо гостро постає це питання в мегаполісах, де спостерігається стрімкий ріст рівня автомобілізації та кількості населення. Неєфективна ОДР призводить також до проблем, які пов'язані з мобільністю та безпекою громадян. Тому необхідно впроваджувати заходи, що сприяють підвищенню ефективності ОДР для забезпечення безпеки та зручності учасників дорожнього руху. Одним із таких способів є застосування кільцевого руху на перехрестях ВДМ [2-5].

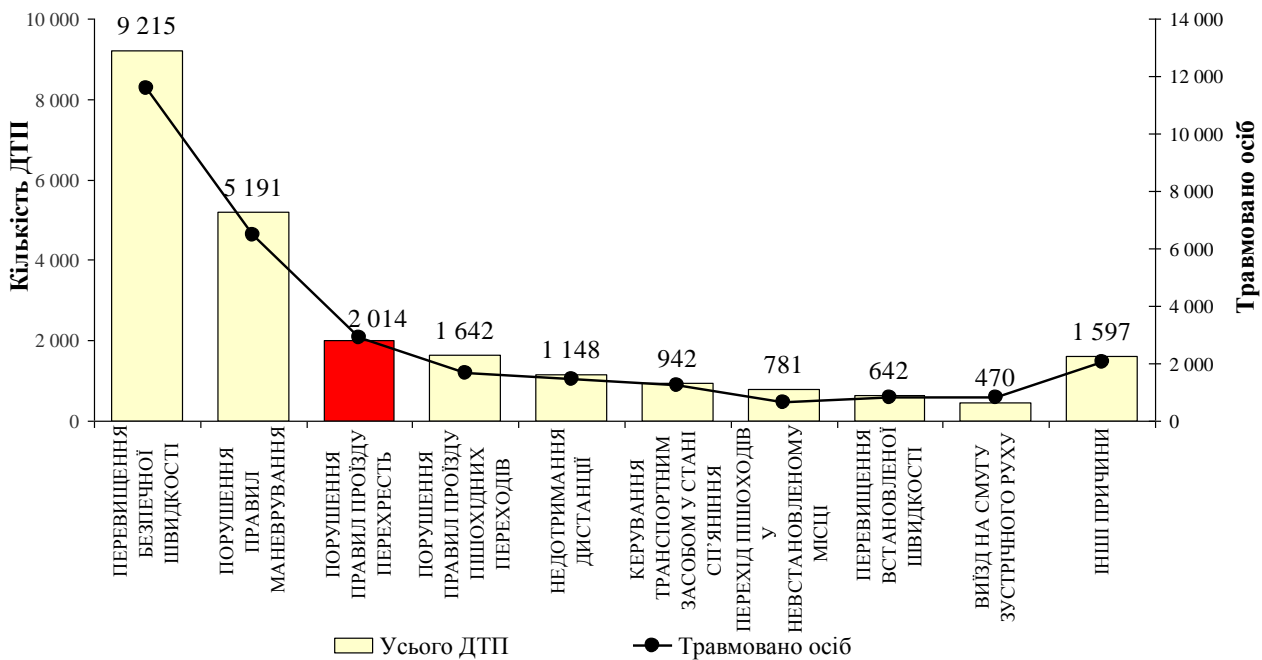


Рисунок 1 – Аналіз причин скоєння ДТП із постраждалими в Україні за 2023 р.

Результати наукових досліджень [6-9], доводять наступні переваги застосування кільцевого перетину у порівнянні з іншими типами перетинів в одному рівні вулично-дорожньої мережі: підвищення безпеки дорожнього руху за рахунок зменшення деяких видів аварій (лобові та під прямим кутом), які призводять до загибелі або травмування учасників дорожнього руху; наявність меншої кількості конфліктних точок (рис.2); підвищення пропускнув здатності шляхом зменшення затримки транспортних засобів і заторів; зменшення викидів парникових газів та споживання палива автомобілями через значне зниження прискорення, уповільнення та холостого ходу; відсутність витрат на світлофорне регулювання.

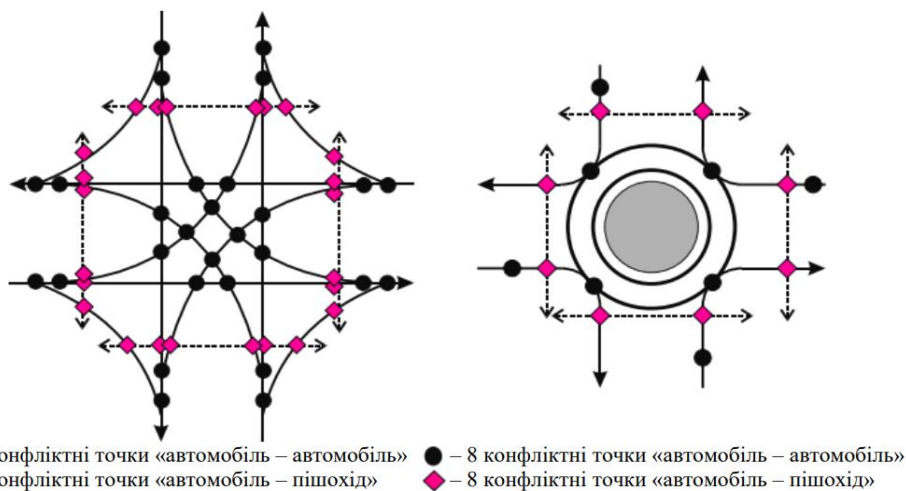


Рисунок 2 – Приклад кількості конфліктних точок на нерегульованому та кільцевому перетинах

Незважаючи на зазначені переваги кругового руху, в Україні відсутня широка практика його застосування на відміну від більшості країн Європейського Союзу. Однією з причин є складність аналізу його ефективності, так як транспортні потоки характеризуються великою розмірністю та неоднорідністю і мають стохастичний характер. У випадку дослідження складних динамічних транспортних систем доцільно використовувати сучасні методи та програмні продукти імітаційного моделювання [10]. Одним з таких продуктів є програмний комплекс AnyLogic (розробник компанія AnyLogic North America), який має вбудовану галузеву *Бібліотеку Дорожнього Руху*. Ця бібліотека є потужним інструментом, який дозволяє детально планувати, проектувати та моделювати транспортні

потоки з урахуванням індивідуальної поведінки кожного водія; виконувати оцінку завантаженості та пропускної спроможності доріг; оптимізувати тривалості фаз світлофорів, тощо.

### ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Департаментом транспорту та транспортної інфраструктури Дніпровської міської ради було прийнято рішення з 14.08.2023 р. [11] запровадити на Т-подібному нерегульованому перехресті вул. Калинова - пр. П. Калнишевського (м. Дніпро) (Рис. 2) нову схему проїзду з круговим рухом (Рис. 3). Дане рішення ґрунтувалося лише на підставі позитивного досвіту реалізації подібних заходів [2-9].

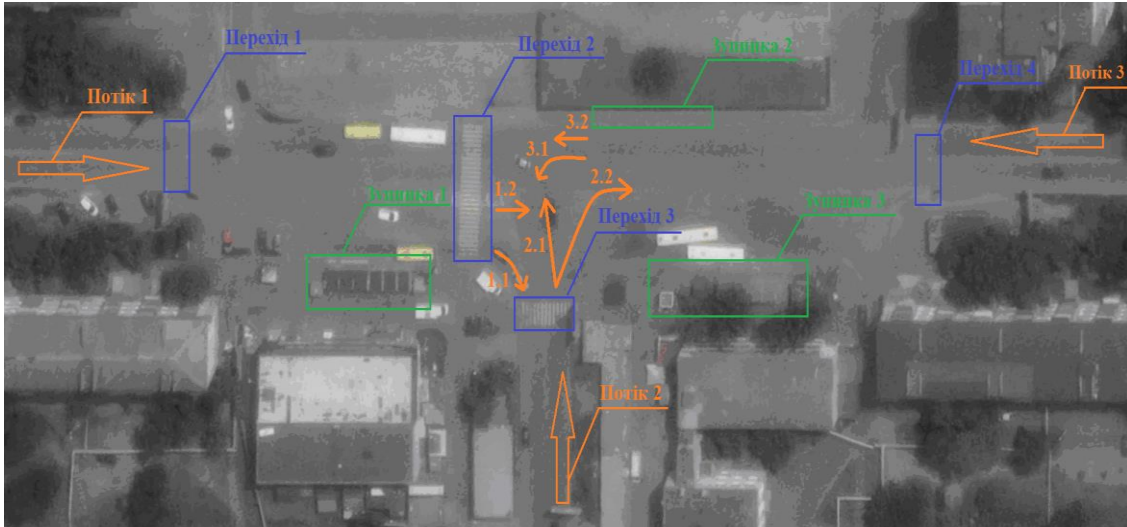


Рисунок 2 – Т-подібне перехрестя вул. Калинова – пр. П. Калнишевського та його основні об'єкти

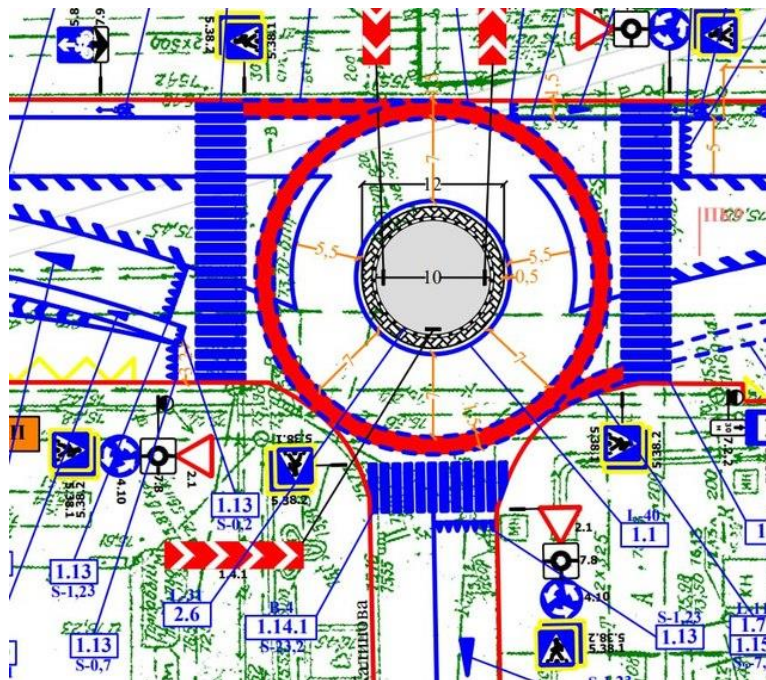


Рисунок 3 – Схема ОДР для перехрестя вул. Калинова – пр. П. Калнишевського після 14.08.2023 [12]

При впровадженні будь-яких проектів, які пов'язані з організацією дорожнього руху та спрямовані на підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі, важливо доводити ефективність їх реалізації ще на стадії проектування. Тому метою даного дослідження є кількісна оцінка ефективності зміни схеми руху на перехресті вул. Калинова – пр. П. Калнишевського за допомогою засобів імітаційного моделювання. У якості програмного продукту було обрано середовище AnyLogic. Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити наступні задачі:

1. Визначити інтенсивності транспортних та пішохідних потоків.
2. Розробити дві імітаційні моделі перехрестя для обох схем руху у середовищі AnyLogic.

3. Здійснити моделювання транспортних потоків на перехресті та визначити основні їх кількісні характеристики.

4. Запропонувати структуру узагальненого критерію для комплексної оцінки ефективності функціонування обох варіантів ОДР.

#### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

T-подібне перехрестя просп. П. Калнишевського – вул. Калинова має по 2 полоси руху в кожному напрямку, чотири пішохідних переходи, на ньому розташовані три зупинки міського громадського транспорту: для автобусних маршрутів №31, №95, №95А, №57А (Рис. 2).

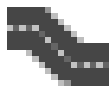

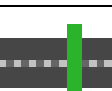
Результати натурних спостережень інтенсивностей транспортних та пішохідних потоків, які були виконані для ранкової години «пік» з 8<sup>00</sup> до 9<sup>00</sup> наведені у табл. 1. Вони були використані у якості вихідних даних для розроблених імітаційних моделей.

Таблиця 1 – Результати натурних спостережень інтенсивностей транспортних потоків з 8<sup>00</sup> до 9<sup>00</sup>

Хвилини	Потік 1	Потік 2	Потік 3	Потік 4	Потік 5	Потік 6
10	26	28	54	19	13	32
20	16	33	32	32	14	39
30	11	37	56	22	11	28
40	20	30	43	15	20	43
50	19	39	36	28	13	36
60	12	19	48	22	16	42
<b>СУМА</b>	<b>104</b>	<b>186</b>	<b>269</b>	<b>138</b>	<b>87</b>	<b>220</b>

Процес створення будь-якої імітаційної моделі у AnyLogic складається з двох етапів: розробка розмітки простору моделі та завдання логіки, що описує процеси, які моделюються. Для побудови розмітки простору перехрестя пр. П. Калнишевського – вул. Калинова для обох моделей були використані наступні елементи: *Road*, *Crossroads*, *Stop Line* та *Bus Stop*. Їх умовні позначення та опис функціоналу наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Елементи AnyLogic, які були використані для побудови розмітки простору перехрестя

Назва елемента	Умовне позначення елемента	Опис функції елемента
Road		Візуально завдає дорогу, яка може містити прямі і вигнуті сегменти. Напрямок руху (правосторонній або лівосторонній) та зовнішній вигляд дороги задаються у властивостях дорожньої мережі
Crossroads		Візуально задає перехрестя. Для завдання регульованого перехрестя необхідно додатково використовувати блок <i>TrafficLight</i> . Дозволяє налаштувати напрямки руху смуг на перехресті.
Stop Line		Візуально завдає стоп-лінію на дорозі. Може задавати один із наступних дорожніх знаків: <i>Обмеження швидкості</i> , <i>Кінець обмеження швидкості</i> або <i>Поступити дорогу</i> , тим самим впливаючи на дорожній рух біля стоп-лінії
Bus Stop		Візуально завдає автобусну зупинку, яка розташовується на узбіччі дороги (у напрямку руху машин). Для моделювати руху автобусів до зупинки, використовується сумісно з блоком <i>CarMoveTo</i> . Тривалість простою на зупинці моделюється блоком <i>Delay</i> Бібліотеки моделювання процесів.

Геометричні параметри перехрестя (довжина доріг, кількість та ширина смуг, розташування розділювальних ліній, тощо) були встановлені за допомогою супутникового знімка у сервісі «Google

Maps». Розроблені розмітки простору для Т-подібного перехрестя та кільцевого перетину пр. П. Калнишевського – вул. Калинова наведені на рис. 4 та рис. 5 відповідно.

Для завдання логіки руху транспортних засобів були використані наступні блоки: *Car Source*, *Car Dispose*, *Car Move To*, *Road Network Description*, *Delay* та *Select Output*. Їх умовне позначення та опис функціоналу наведено у табл. 3, а сама розроблена модель представлена на рис. 6.

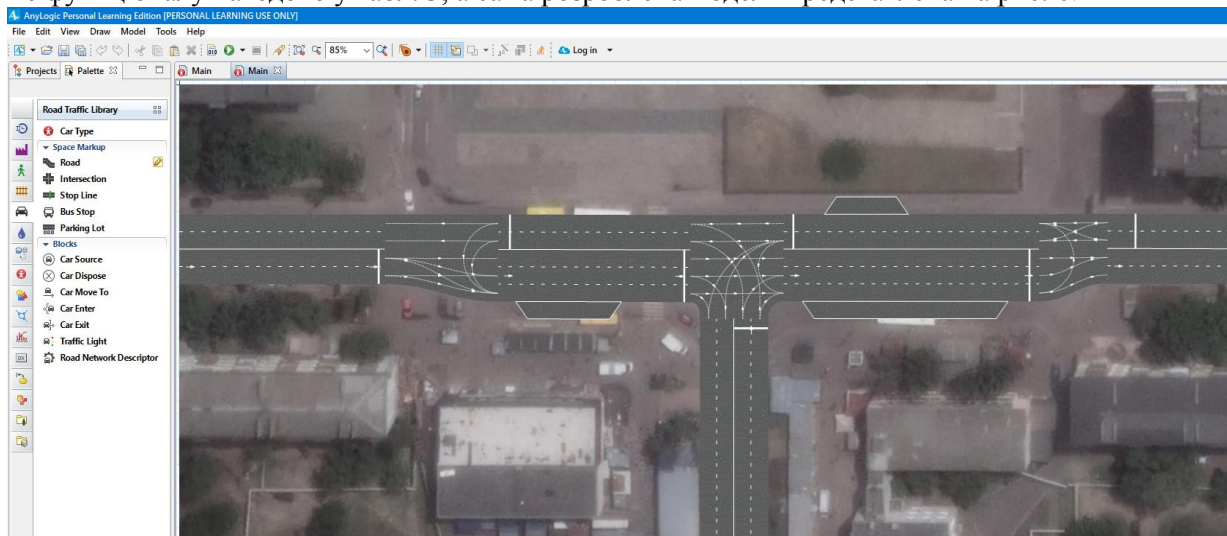


Рисунок 4 – Розмітка простору Т-подібного перехрестя пр. П. Калнишевського – вул. Калинова

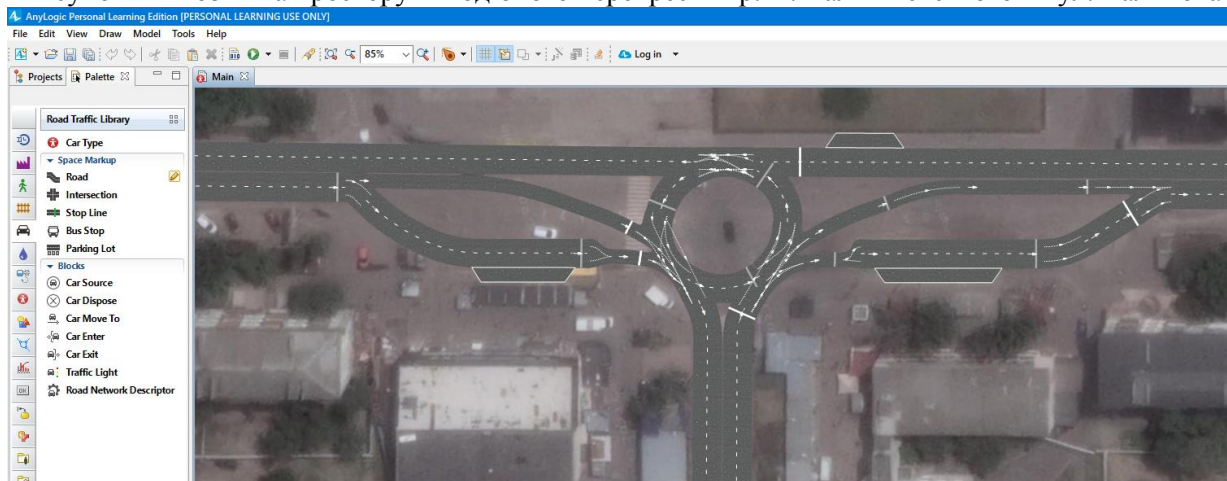




Рисунок 5 – Розмітка простору кільцевого перетину пр. П. Калнишевського – вул. Калинова

Таблиця 3 – Блоки AnyLogic, які були використані для завдання логіки руху транспортних засобів

Назва блоку	Позначення блоку	Опис функціоналу блоку
Car Source		Створює автомобілі та розміщує їх на вказане місце дорожньої мережі (на дорогу або паркувальний майданчик).
Car Dispose		Видаляє автомобілі з моделі.
Car Move To		Керує рухом автомобіля, розраховуючи його шлях від його поточного розташування до вказаного пункту призначення (дороги, паркувального майданчику, автобусної зупинки або стоп-лінії).
Road Network Description		Опціональний блок, який дозволяє задавати дії, що будуть виконуватися при додаванні автомобіля до дорожньої мережі, в'їзді на дорогу, зупинці автомобіля, зміні смуги тощо.

Delay		Моделює простій автобусів на зупинках громадського транспорту.
Select Output		Розподіляє транспортні потоки за напрямками руху.

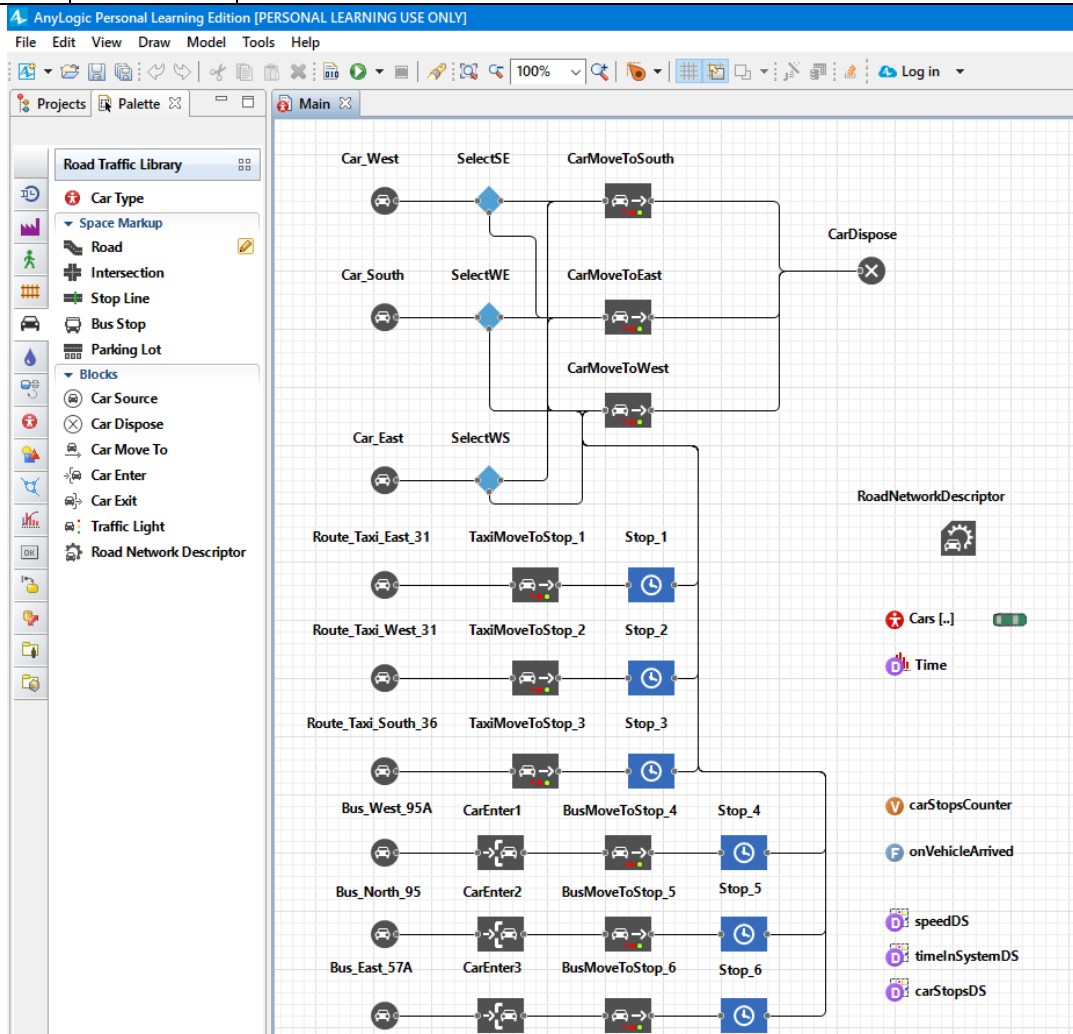


Рисунок 6 – Модель руху транспортних засобів на перехресті пр. П. Калнишевського – вул. Калинова

Якісні та кількісні результати імітаційного моделювання руху транспортних потоків на об’єкті дослідження для обох варіантів ОДР наведені на рис. 7-10.



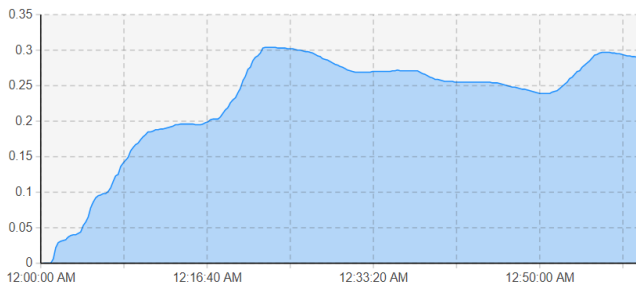
а – Т-подібне нерегульоване перехрестя



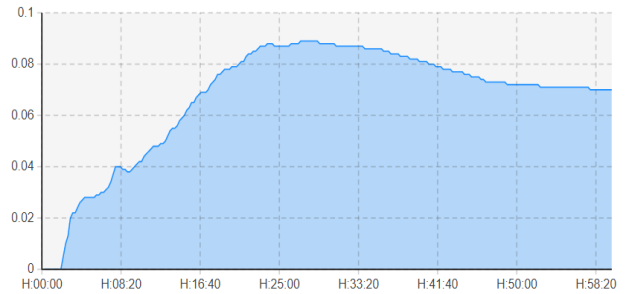
б – кільцевий перетин з круговим рухом

Рисунок 7 – Процес імітації руху транспортних засобів на перехресті

Аналіз інформації, яка наведена на рис. 7-10, свідчить, що впровадження кільцевого руху дозволяє підвищити ефективність організації дорожнього на перехресті пр. П. Калнишевського – вул. Калинова за всіма показниками, які досліджувалися.

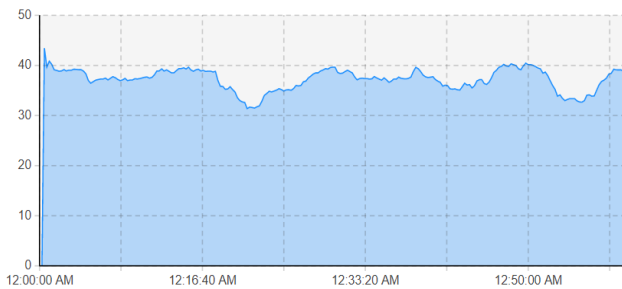


а – Т-подібне нерегульоване перехрестя



б – кільцевий перетин з круговим рухом

Рисунок 8 – Кількість зупинок автомобіля за час проїзду перехрестя, од.

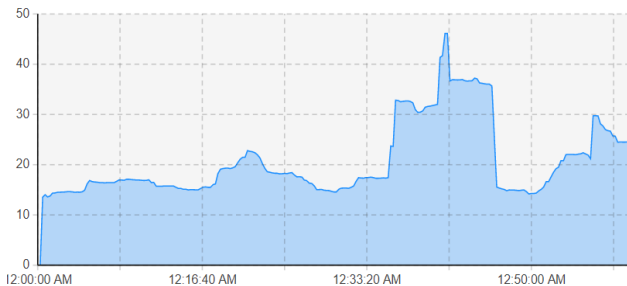


а – Т-подібне нерегульоване перехрестя



б – кільцевий перетин з круговим рухом

Рисунок 9 – Швидкість автомобілів під час проїзду перехрестя, км/год.



а – Т-подібне нерегульоване перехрестя



б – кільцевий перетин з круговим рухом

Рисунок 10 – Тривалість проїзду перехрестя, с

Для запобігання отримання значної похибки під час моделювання (у зв'язку із відтворенням стохастичного характеру руху транспортних засобів) було виконано 20 прогонів моделі. Середні отримані результати наведені у табл. 4.

Таблиця 4 – Середні результати моделювання за 20 прогонів

Показник	Т-подібне перехрестя	Перехрестя з круговим рухом	Відносна різниця, %
Середня кількість зупинок автомобіля на перехресті, од. ( $N_{зуп}$ )	0,31	0,09	-71,0
Середня швидкість руху транспортних засобів, км/год. ( $V$ )	43	49	14,0
Мінімальна тривалість проїзду перехрестя, с ( $T^{мін}$ )	12	13	8,3
Середня тривалість проїзду перехрестя, с ( $T^{сер}$ )	18	14	-22,2
Максимальна тривалість проїзду перехрестя, с ( $T^{макс}$ )	68	45	-33,8

Для комплексної оцінки ефективності зміни схеми руху на перехресті вул. Калинова – пр. П. Калнишевського авторами був запропонований функціонал наступного виду:

$$K_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n k_i^j} \rightarrow \max, (1)$$

де  $k_i^j$  – відносна величина  $j$ -го показника для  $i$ -го варіанту ОДР;  $n$  – кількість показників, що враховуються (табл. 4).

Таким чином, (1) набуває наступного вигляду:

$$K_i = \sqrt[k_i^{N_{зупн}} \cdot k_i^V \cdot k_i^{T_{\min}} \cdot k_i^{T_{\text{сер}}} \cdot k_i^{T_{\max}}] \rightarrow \max (2)$$

Відносні величини  $k_i^j$  були розраховані на наступною залежністю [6]:

$$k_i^j = \begin{cases} \frac{X_i^{j(\text{best})}}{X_i^j}, & \text{якщо } X_i^{j(\text{best})} = \min(X_i^j) \\ \frac{X_i^j}{X_i^{j(\text{best})}}, & \text{якщо } X_i^{j(\text{best})} = \max(X_i^j) \end{cases}, (3)$$

де  $X_i^j$  – абсолютне значення  $j$ -го показника для  $i$ -го варіанту ОДР (табл. 4);  $X_i^{j(\text{best})}$  – найкраще значення  $j$ -го показника для  $i$ -го прогону моделі.

Результати розрахунків  $k_i^j$  за (3) та значень комплексного функціоналу  $K_i$  за (2), наведені у табл. 5 та на рис. 11.

Таблиця 5 – Результати розрахунків відносних показників та узагальненого комплексного критерію

Показник	T-подібне перехрестя	Перехрестя з круговим рухом
Середня кількість зупинок автомобіля на перехресті, од.	0,29	1,00
Середня швидкість руху транспортних засобів, км/год.	0,88	1,00
Мінімальна тривалість проїзду перехрестя, с	1,00	0,92
Середня тривалість проїзду перехрестя, с,	0,78	1,00
Максимальна тривалість проїзду перехрестя, с,	0,66	1,00
Узагальнений комплексний критерій	0,67	0,98

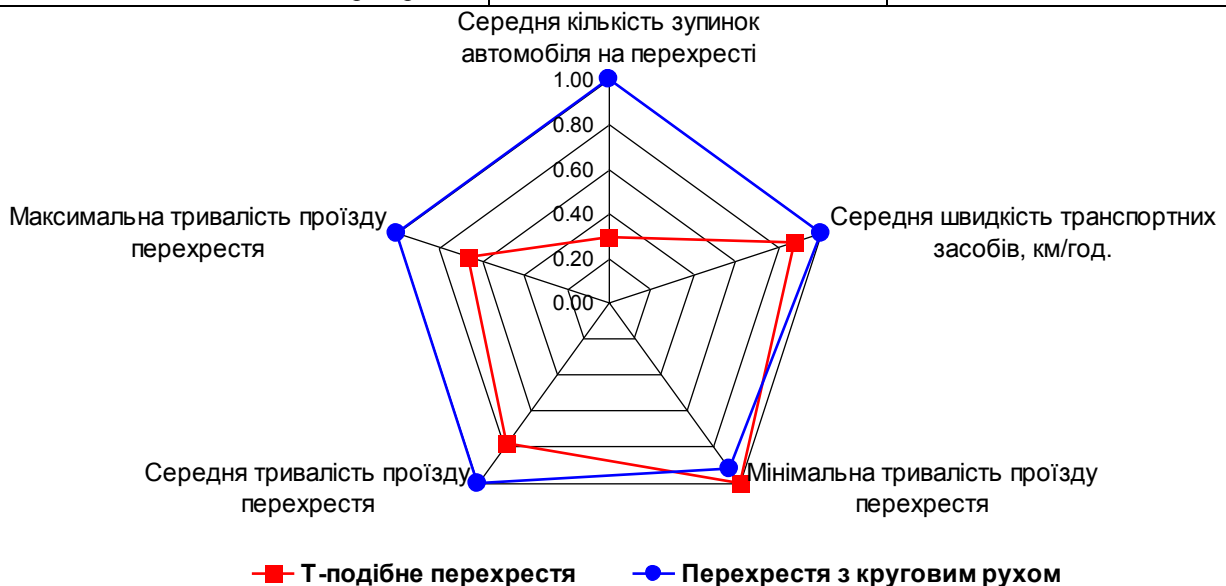


Рисунок 11 – Радарна діаграма відносних показників ефективності ОДР



## ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз отриманих результатів свідчить про наступні переваги та недоліки впровадження кругового руху на перехресті вул. Калинова – пр. П. Калнишевського:

- кількість зупинок автомобілів на перехресті зменшилась на 71%;
- середня швидкість руху автомобілів збільшилась на 14%;
- середня тривалість проїзду перехрестя зменшилась на 22,2%;
- мінімальна тривалість проїзду перехрестя збільшилась на 8,3%;
- максимальна тривалість проїзду перехрестя зменшилась на 33,8%.

Таким чином, спостерігається суттєве покращення за чотирма із п'яти показників, за якими була оцінена ефективність організації дорожнього руху. Слід також відмітити відсутність значних осциляцій значень цих показників протягом періоду моделювання (у порівнянні з Т-подібним перехрестям, рис. 8-10), що свідчить про стабілізацію та рівномірність руху транспортних засобів. Відповідно до значення запропонованого комплексного критерію ефективність організації дорожнього руху підвищилась з 0,67 до 0,98.

## ВИСНОВКИ

За результатами виконаного імітаційного моделювання була доведена доцільність впровадження кільцевого перетину з круговим рухом (замість Т-подібного) на перехресті вул. Калинова – пр. П. Калнишевського, що було реалізовано у м. Дніпро з 14.08.2023 р. Загальна ефективність організації дорожнього руху (за запропонованим комплексним критерієм) на цій ділянці ВДМ склала 47,7%. Такий ефект було досягнуто за рахунок зменшення кількості зупинок автомобілів під час проїзду перехрестя на 71%, середньої тривалості проїзду на 22,2% та збільшенню середньої швидкості руху транспортних засобів на 14%.

В свою чергу, автори вважають, що такі дослідження необхідно здійснювати виключно на стадії проектування, щоб запобігти потенційним негативним наслідкам (соціальним, грошовим, екологічним, технічним) у разі реалізації хибного або неоптимально заходу.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Статистика ДТП в Україні за 2023 рік. Патрульна поліція: веб-сайт. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення: 26.04.2024).
2. Alkaissi, Z. A. Traffic Simulation of Urban Street to Estimate Capacity, *Journal of Engineering*. 2022. Vol. 28(4), pp. 51-63. doi:10.31026/j.eng.2022.04.04
3. Suh, W., Kim, J. I., Kim, H., Ko, J., and Lee, Y. J. Mathematical analysis for roundabout capacity, *Mathematical Problems in Engineering*. 2018. doi:10.1155/2018/4310894
4. Hatami H., Aghayan I. Traffic efficiency evaluation of elliptical roundabout compared with modern and turbo roundabouts considering traffic signal control. *Promet-Traffic & Transportation*. 2017. Vol. 29(1) P. 1–11. URL: <http://dx.doi.org/10.7307/ptt.v29i1.2053>
5. Mohammed Ali, H.K., and Majid, H.M. Comparative evaluation of roundabout capacities methods for single-lane and multi-lane roundabout. *Journal of Engineering*. 2023. Vol. 29(3), pp.76-97. DOI: <https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.03.06>
6. Литвин В. В. Обґрунтування ефективності застосування кільцевого руху на вулично-дорожній мережі м. Дніпро у програмному середовищі PTV VISSIM / В. В. Литвин, І. О. Таран, К. С. Кононенко // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. - 2019. - № 2. - с. 95-107. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt\\_2019\\_2\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2019_2_13).
7. Ляшук О. Л. Підвищення ефективності функціонування нерегульованого перехрестя з круговим рухом / О.Л. Ляшук, М.Я. Сташків, О.П. Цьонь, Н.Я. Рожко, У. М. Плекан, Б.Р. Гевко // *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2023. Вип. 8(39), ч.І. — С. 219-229. - Режим доступу: [https://mapiea.kntu.kr.ua/archive/39\\_I/39\\_I\\_Lyashuk3.html](https://mapiea.kntu.kr.ua/archive/39_I/39_I_Lyashuk3.html)
8. Бугайов І.С. Оцінка ефективності впровадження засобів заспокоєння дорожнього руху на перехресті./ Бугайов І.С., Холодова О.О., Бугайова М.О. // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2023. - №1 (20). - С. 79-86. Режим доступу: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/1036>.
9. Хітров І. О. Оцінка ефективності функціонування перехрестя з круговим рухом./ *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. - 2023. - №2(21). - с. 227-235. - Режим доступу: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/1228>

10. Горбова О. В. Дослідження автомобільних потоків засобами імітаційного моделювання / О. В. Горбова, О. Д. Мерзлий // *Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. - 2021. - № 5. - С. 36-50. - Режим доступу: <http://stp.diit.edu.ua/article/view/252703>.

11. У Дніпрі зміниться схема руху по просп. Петра Калнишевського. Дніпровська міська рада: веб-сайт. URL: <https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/58347/u-> (дата звернення: 26.04.2024).

12. У Дніпрі на проспекті Петра Калнишевського з'явилася кільцева розв'язка. dp.informator.ua: веб-сайт. URL: <https://dp.informator.ua/uk/u-dnipri-na-prospekti-petra-kalnishevskogo-z-yavilasya-kilceva-rozv-yazka> (дата звернення: 26.04.2024).

## REFERENCES

1. Statystyka DTP v Ukraini za 2023. Patrolna politsiia: veb-sait. URL: <https://patrolpolise.gov.ua/statystyka/> (data zvernennia: 26.04.2024).

2. Alkaissi, Z. A. (2022). Traffic Simulation of Urban Street to Estimate Capacity. *Journal of Engineering*, 28(4), 51-63. doi: 10.31026/j.eng.2022.04.04.

3. Suh, W., Kim, J. I., Kim, H., Ko, J., and Lee, Y. J. (2018). Mathematical analysis for roundabout capacity, *Mathematical Problems in Engineering*. doi:10.1155/2018/4310894.

4. Hatami H., Aghayan I. (2017) Traffic efficiency evaluation of elliptical roundabout compared with modern and turbo roundabouts considering traffic signal control. *Promet-Traffic & Transportation*, 29(1), 1–11. URL: <http://dx.doi.org/10.7307/ptt.v29i1.2053>.

5. Mohammed Ali, H.K., and Majid, H.M. (2023) Comparative evaluation of roundabout capacities methods for single-lane and multi-lane roundabout. *Journal of Engineering*, 29(3), 76-97. DOI: <https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.03.06>.

6. V.V. Litvin, I. O. Taran, K. S. Kononenko (2019). Obgruntuvannya efektyvnosti zastosuvannya kiltsevogo ruhu na vulichno-dorozhniy merezhi m. Dnipro u programnomu seredovischi PTV VISSIM. *Suchasni tehnologiyi v mashinobuduvanni ta transports*, 2, 95-107. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt\\_2019\\_2\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2019_2_13).

7. Liashuk O. L. (2023) Pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannya nerehulovanoho perekhrestia z kruhovym rukhom / O.L. Liashuk, M.Ia. Stashkiv, O.P. Tson, N.Ia. Rozhko, U. M. Plekan, B.R. Hevko // *Tsentrálnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*. 8(39), ch. I., 219-229. - URL: [https://mapiea.kntu.kr.ua/archive/39\\_I/39\\_I\\_Lyashuk3.html](https://mapiea.kntu.kr.ua/archive/39_I/39_I_Lyashuk3.html).

8. Buhaiov I.S. (2023) Otsinka efektyvnosti vprovadzhennia zasobiv zaspokoiennia dorozhnogo rukhu na perekhrestii. / Buhaiov I.S., Kholodova O.O., Buhaiova M.O. // *Suchasni tehnolohii v mashynobuduvanni ta transporti*, №1 (20), 79-86. - URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/1036>.

9. Khitrov I. O. (2023) Otsinka efektyvnosti funktsionuvannya perekhrestia z kruhovym rukhom. / *Suchasni tehnolohii v mashynobuduvanni ta transporti*, 2(21), 227-235. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/1228>.

10. Horbova O. V. (2019) Doslidzhennia avtomobilnykh potokiv zasobamy imitatsiinoho modeliuvannya / O. V. Horbova, O. D. Merzlyi // *Nauka ta pphpes transp. Visn. Dnipr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana*, 5, 36-50. URL: <http://stp.diit.edu.ua/article/view/252703>.

11. У Дніпрі зміниться схема руху по просп. Петра Калнышевського. Дніпровська міська рада: веб-сайт. URL: <https://dniprorada.gov.ua/uk/articles/item/58347/u-> (дата звернення: 26.04.2024).

12. У Дніпрі на проспекті Петра Калнышевського з'явилася кільцева розв'язка. dp.informator.ua: веб-сайт. URL: <https://dp.informator.ua/uk/u-dnipri-na-prospekti-petra-kalnishevskogo-z-yavilasya-kilceva-rozv-yazka> (дата звернення: 26.04.2024).

### **V. Litvin, Yu. Melnikova, M. Lazutkin. Quantitative assessment of the effectiveness of traffic pattern changes at the crossroad of Kalynova Street and P. Kalnyshvsky Avenue (Dnipro City)**

Modern problems of traffic organization and its safety in large cities of Ukraine are considered in this study. Having analysed the variety of studies dealing with this problem it can be concluded that the use of roundabouts at the crossroads helps reduce accidents and increases the road network capacity.

The unregulated T-junction of Kalynova Street and P. Kalnyshvsky Avenue (Dnipro city) has been chosen as the study object. The purpose of the study is to provide a quantitative assessment of the technical and operational efficiency in the case of changing the traffic pattern to a roundabout.

To achieve the research objective, two simulation models (an uncontrolled T-junction and a roundabout) have been developed in the AnyLogic environment. The initial data were the results of field

observations of transport and pedestrian flow intensity carried out for the morning rush hours within the period from 8 a.m. till 9 a.m.

Simulation results indicate that changing the traffic pattern at the research site made it possible to: reduce the number of car stops at the crossroad from 0.31 to 0.09, decrease the average time to travel through the crossroad from 18 s to 14 s, and increase the average vehicle speed from 43 km /h up to 49 km/h.

The value of the generalized complex criterion proposed by the authors in terms of the traffic management efficiency for the T-junction is 0.67, and for the roundabout it equals 0.98. Therefore, the overall effectiveness in the case of changing the traffic pattern at the crossroad of Kalynova Street and P. Kalnyshevsky Avenue is 47.7%.

**Keywords:** roundabout, efficiency, traffic management, simulation modeling, transport and operational indicators, AnyLogic.

*ЛИТВИН Вадим Вікторович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Управління на транспорті», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», e-mail: litvin.v.v.79@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0002-1572-9000>.

*МЕЛЬНИКОВА Юлія Ігорівна*, старший викладач кафедри «Управління на транспорті», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», e-mail: yulaskripa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7023-023X>.

*ЛАЗУТКІН Микола Іванович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Охорона праці і навколишнього середовища», Національний університет «Запорізька політехніка», e-mail: ni\_1646lz@ukr.net. <http://orcid.org/0000-0002-2926-7986>.

*Vadim LITVIN*, Candidate of Technical Science, Associate Professor of Transport Management Department, National Technical University “Dnipro Polytechnic”, e-mail: litvin.v.v.79@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0002-1572-9000>.

*Yuliia MELNIKOVA*, Senior Lecturer of Transport Management Department, Dnipro University of Technology, e-mail: yulaskripa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7023-023X>.

*Mykola LAZUTKIN*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Labor and Environmental Protection Department, Nazional University «Zaporizhzhya Politechnic», e-mail: ni\_1646lz@ukr.net. <http://orcid.org/0000-0002-2926-7986>.

DOI 10.36910/automash.v1i22.1364